

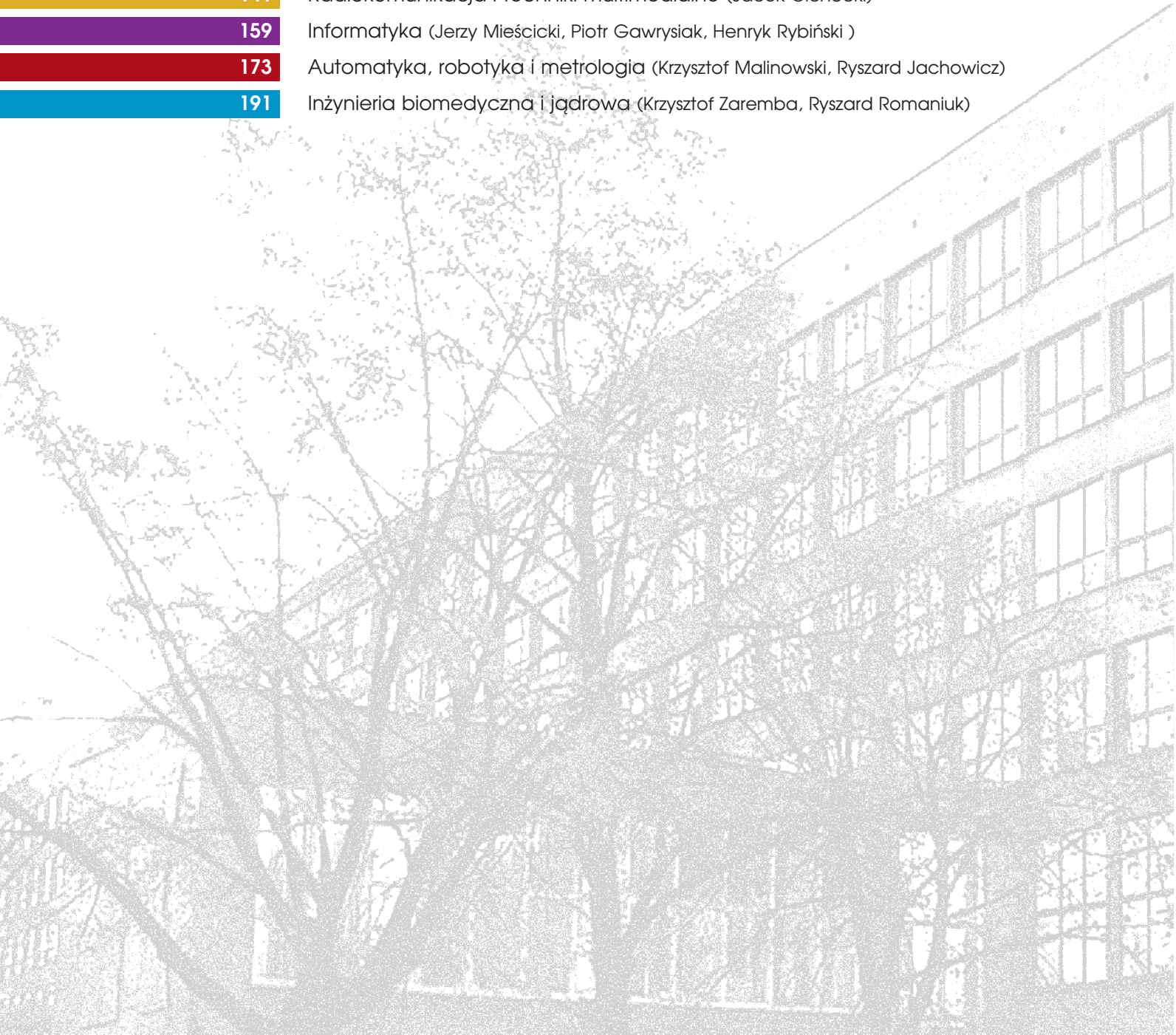
The background of the cover features a grayscale, semi-transparent image of a large, multi-story university building with many windows, and several leafless trees in the foreground. The text is overlaid on this background.


wydział elektroniki
i technik informacyjnych
politechniki warszawskiej
na progu XXI wieku

2001–2011

Zbiór esejów pod redakcją Romana Z. Morawskiego
wydany z okazji Jubileuszu Sześćdziesięciolecia
Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej

3	Słowo wstępne (Jan Szmidt)
5	Wydział w perspektywie historycznej (Roman Z. Morawski)
41	System kształcenia (Andrzej Kraśniewski, Dariusz Turlej)
99	Elektronika (Andrzej Jakubowski, Lidia Łukasiak)
131	Telekomunikacja (Józef Lubacz)
141	Radiokomunikacja i techniki multimedialne (Jacek Cichocki)
159	Informatyka (Jerzy Mieścicki, Piotr Gawrysiak, Henryk Rybiński)
173	Automatyka, robotyka i metrologia (Krzysztof Malinowski, Ryszard Jachowicz)
191	Inżynieria biomedyczna i jądrowa (Krzysztof Zaremba, Ryszard Romaniuk)



The background of the cover features a faded, grayscale image of a large, multi-story building with many windows, likely a university building, with several trees in the foreground. The text is overlaid on this image.

wydział elektroniki
i technik informacyjnych
politechniki warszawskiej
na progu XXI wieku

2001–2011

Zbiór esejów pod redakcją Romana Z. Morawskiego
wydany z okazji Jubileuszu Sześćdziesięciolecia
Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej



słowo wstępne

Drodzy Czytelnicy!

Z jubileuszami w świecie akademickim nierozłącznie wiążą się wydawnictwa okolicznościowe. Nic w tym zaskakującego: operowanie słowem, upowszechnianie myśli za pośrednictwem słowa, to nasze *emploi*. Zawsze jednak sprawą otwartą pozostaje wybór formy literackiej i dobór treści. Dziesięć lat temu, z okazji pięćdziesięciolecia Wydziału, zdecydowaliśmy się na opracowanie zbioru esejów pt. *Wczoraj, dziś i jutro Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej, 1951–2001*. Przesłanki tej decyzji były następujące:

- Z wielu powodów historii nauki — a dzieje Wydziału są w części fragmentem tej historii — nie sposób dobrze napisać za życia jej twórców.
- W ciągu pierwszych 40 lat istnienia Wydziału nie powstało archiwum, w którym byłyby przechowywane dokumenty istotne dla systematycznej realizacji tego zadania. Dopiero w latach dziewięćdziesiątych minionego stulecia rozpoczęliśmy systematyczne publikowanie względnie jednolitych w formie dokumentów informacyjno-sprawozdawczych, prezentujących dorobek Wydziału w kolejnych latach. To wprawdzie ułatwiłoby syntezę informacji sprawozdawczej za ostatnie lata, ale jednocześnie postawiło pod znakiem zapytania celowość tworzenia dokumentów redundantnych.
- Rozwój komputerowych technik edytorskich, niezwykle ułatwiający redagowanie nowych dokumentów, nierzadko bardzo eleganckich pod względem formy, doprowadził do ich zalewu, a zalew dokumentów spowodował wzrost naszego względem tych dokumentów krytycyzmu: staliśmy się bardziej wybredni i mniej odporni na sprawozdawczą nudę...

Nie widząc możliwości sprostania wymogom warsztatu profesjonalnego historyka, zdecydowaliśmy się na niezobowiązującą formę eseju, jako że esej to *szkic literacki, krótka rozprawa, ujmująca określony temat w sposób subiektywny, zespalająca elementy prozy artystycznej, naukowej i publicystycznej* (*Słownik języka polskiego*, PWN, 1978). Taki też charakter mają poszczególne rozdziały niniejszego zbioru, stanowiącego — zarówno pod względem treści, jak i układu — ekstrapolację tomu *Wczoraj, dziś i jutro...* na dekadę 2001–2011. Zbiór otwiera esej przedstawiający, w porządku chronologicznym (kadencyjnym), najważniejsze wydarzenia, które miały miejsce na Wydziale w ciągu ostatniej dekady. Ewolucja systemu kształcenia na Wydziale zarysowana jest w rozdziale drugim. Pozostałe eseje natomiast poświęcone są najważniejszym obszarom badań naukowych prowadzonych na Wydziale. Na płycie CD, oprócz esejów dotyczących ostatniego dziesięciolecia, znajdują się eseje opracowane z okazji pięćdziesięciolecia Wydziału oraz biogramy nauczycieli akademickich związanych z Wydziałem w latach 1951–2011.

Pragnę podkreślić ogromny wkład pracy całego Zespołu Redakcyjnego opracowującego materiały, a w szczególności prof. dr. hab. Romana Z. Morawskiego, który podjął się koordynacji prac związanych z opracowaniem i redakcją całości materiałów. Jego ciągła, ponad roczna praca, stanowcza, ale jednocześnie pełna kultury i zrozumienia wielu trudnych sytuacji postawa, to główne czynniki, które doprowadziły w efekcie do powstania tych materiałów. Sądzę, że wszyscy powinniśmy złożyć mu za to gorące podziękowania, co niniejszym w naszym wspólnym imieniu czynię.

Równie gorąco dziękuję w imieniu całej społeczności akademickiej Wydziału wszystkim, którzy przyczynili się do powstania tych materiałów i podjęcia się tym samym zadania udokumentowania naszych osiągnięć oraz prezentacji sylwetek pracowników Wydziału.

Jan Szmidt
Dziekan Wydziału

Jan Szmidt

prof. dr hab.
Instytut Mikroelektroniki
i Optoelektroniki
Gmach Radiotechniki,
p. 338
ul. Koszykowa 75
00-662 Warszawa
tel. +48-22-234-7599
e-mail: j.szmidt@
imio.pw.edu.pl



wydział w perspektywie historycznej

Wydział powstał w roku 1951, w latach 1951–1966 funkcjonował pod nazwą *Wydział Łączności*, w latach 1966–1994 — pod nazwą *Wydział Elektroniki*, a od 1994 roku nosi nazwę *Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych*. W ciągu 60 lat Wydziałem kierowało 18 dziekanów:

Ignacy Malecki ¹	1950–1951
Adam Smoliński	1951–1952
Stanisław Ryzko	1952–1954
Cezary Pawłowski	1954–1956
Antoni Kiliński	1956–1960
Czesław Rajski	1961–1964
Stanisław Sławiński	1964–1969
Alfred Świt	1969–1970
Jerzy Statkiewicz	1970–1975
Andrzej Wierzbicki	1975–1978
Jerzy Osowski	1978–1984
Jan Ebert	1984–1990
Jerzy Woźnicki	1990–1996
Krzysztof Malinowski	1996–1999
Roman Z. Morawski	1999–2002
Józef Lubacz	2002–2005
Bogdan Galwas	2005–2008
Jan Szmidt	2008–2011

Struktura organizacyjna Wydziału obejmowała początkowo 13 katedr, z których większość działała w obszarze szeroko rozumianej telekomunikacji; wyjątkiem były cztery katedry działające w obszarze fizyki i — jak byśmy dzisiaj powiedzieli — inżynierii biomedycznej. W ciągu prawie 20 lat liczba katedr wzrosła do 18. W 1970 roku — ze względów bardziej politycznych niż merytorycznych — zostały one przeorganizowane w sześć instytutów, przy czym część Katedry Budowy Aparatów Elektromedycznych została włączona do Instytutu Budowy Sprzętu Precyzyjnego i Elektronicznego na Wydziale Mechaniki Precyzyjnej, a część Katedry Elektrotechniki Teoretycznej „A” — do Instytutu Automatyki Przemysłowej na tymże Wydziale. Nazwy pięciu z sześciu instytutów zmieniły się w ciągu ostatnich 40 lat, ale liczba instytutów nie uległa zmianie. Są to obecnie: Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej, Instytut Informatyki, Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki, Instytut Radioelektroniki², Instytut Systemów Elektronicznych oraz Instytut Telekomunikacji. Nazwy instytutów

Roman Z. Morawski

prof. dr hab.
Instytut Radioelektroniki
Gmach Elektroniki, p. 445
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. +48-22-234-7721
e-mail: r.morawski@
ire.pw.edu.pl

¹ Dziekan Wydziału Łączności w stadium jego organizacji.

² Jedyny instytut, który nie zmienił nazwy od chwili swego powstania.

w pierwszym przybliżeniu dość dobrze charakteryzują obszar działalności edukacyjnej i badawczej Wydziału. Jest to obszar niezwykle rozległy, nawet jak na największy Wydział Politechniki Warszawskiej. Obejmuje on — z jednej strony — zagadnienia bliskie matematyce, takie jak teoria układów dynamicznych, z drugiej zaś — zagadnienia bliskie chemii i fizyce, takie jak nanotechnologie. Elementem logicznie integrującym ogół teorii i technik charakterystycznych dla Wydziału jest ich zorientowanie na pozyskiwanie, przesyłanie i przetwarzanie informacji, przy czym jedne z nich bardziej dotyczą fizycznego nośnika tej informacji, inne — metod i algorytmów jej obróbki.

Historia Wydziału w latach 1951–2001 opisana została w materiałach wydanych z okazji obchodów jego pięćdziesięciolecia (znajdujących się na załączonej płycie CD); tutaj podjęta zostanie próba syntezy najistotniejszych wydarzeń, które miały miejsce w latach 2001–2011.

Wszystko ma swój czas...

(*Biblia*, Koh 3.1)

ŚWIĘTA, ŚWIĘTA I PO ŚWIĘTACH (2001–2002)

Uroczystości z okazji pięćdziesięciolecia Wydziału odbyły się w dniach 5 i 6 października 2001 roku: było elegancko i oficjalnie, ale też barwnie i serdecznie; dopisali goście i pogoda. Pierwszego dnia, w Małej Auli Gmachu Głównego PW, miała miejsce Akademia Jubileuszowa, podczas której — po powitaniach i przemówieniach okolicznościowych — został zaprezentowany przez autorów materiałów jubileuszowych dorobek Wydziału³. Szczególnie ciepło przyjęte zostały przez zgromadzonych wspomnieniowo-refleksyjne wypowiedzi byłych Dziekanów Wydziału, a zwłaszcza najstarszego z nich — Ignacego Maleckiego. Następnego dnia, po mszy w kościele Najświętszego Zbawiciela, uczestnicy obchodów spotkali się w gmachu Wydziału, gdzie kolejno odbyły się trzy sesje: promocyjna, plakatuowa i artystyczna. Podczas pierwszej dokonano się, między innymi, prezentacja nowego znaku (logo) Wydziału; symbolicznie ważnym elementem drugiej było otwarcie sali nr 122, której wyposażenie sfinansowane zostało ze środków zgromadzonych przez grupę absolwentów Wydziału pracujących na kontynencie amerykańskim; w programie sesji artystycznej znalazł się natomiast koncert Chóru PW, występ Zespołu Pieśni i Tańca PW, koncert gitarowy w wykonaniu studentów i doktorantów Wydziału, koncert poezji śpiewanej przez doktorantów i przyjaciół Wydziału oraz występ kabaretu studenckiego. A potem był piknik przed gmachem Wydziału. Istotnym elementem obchodów jubileuszu był zjazd absolwentów. Dopisali zarówno ci, którzy otrzymali dyplomy Wydziału Łączności, jak i młodszy — posiadacze dyplomów Wydziału Elektroniki lub Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych. Po latach niewidzenia spotkali się koledzy z grupy, współlokatorzy pokoju w akademiku, współautorzy przedsięwzięć rozrywkowych w klubie Stodoła. Było bardzo serdecznie, a nierzadko rzewnie...

Jakby w uzupełnieniu cyklu uroczystości jubileuszowych, podczas październikowego posiedzenia Rady Wydziału, pierwszy w historii Wydziału dyplom honorowego profesora otrzymał Franco Giannini z rzymskiego uniwersytetu Tor Vergata — wieloletni i zasłużony współpracownik Wydziału w zakresie techniki mikrofalowej. Laureat tego wyróżnienia wygłosił referat pt. *New Trends in the Electronic Engineering in Italy*, w którym omówił włoski system kształcenia inżynierów, wprowadzane zmiany i tendencje rozwojowe.

Ostatni rok kadencji 1999–2002 zdominowany był debatami dotyczącymi przyszłości Wydziału, zarówno w aspekcie personalnym, jak i merytorycznym. Podczas posiedzenia Rady Wydziału w dniu 18 grudnia 2001 roku odbyła się dyskusja na temat kierunków rozwoju

³ R.Z. Morawski (red.), *Wczoraj, dziś i jutro Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej, 1951–2001. Zbiór esejów wydany z okazji Jubileuszu Pięćdziesięciolecia Wydziału*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.

Wydziału w latach 2002–2005. Poruszane były takie kwestie, jak: perspektywa restrukturyzacji Uczelni, nowe interdyscyplinarne obszary badań naukowych (nanotechnologia, bioinformatyka), perspektywa niżu demograficznego, potrzeba internacjonalizacji i humanizacji kształcenia. Powracała też idea utworzenia Wydziału Informatyki PW, przy czym — tak jak rok wcześniej, podczas dyskusji, która doprowadziła do wyodrębnienia kształcenia na kierunku **Informatyka** — artykułowane były obawy o ewentualny podział Wydziału.

Kilka miesięcy później, na posiedzeniu Rady Wydziału w dniu 26 marca 2002 roku, odbyła się dyskusja na temat uwarunkowań działalności naukowo-badawczej prowadzonej na Wydziale. Wśród wniosków, z tej dyskusji wynikających, dominowały postulaty dotyczące działań na rzecz pobudzenia aktywności naukowej pracowników Wydziału, takich jak rzetelne przeprowadzanie oceny efektów ich pracy naukowej, uzależnienie ich wynagrodzeń od owych efektów czy okresowego zmniejszania pensum dydaktycznego pracowników intensywniej zaangażowanych w prace naukowo-badawcze. Potrzeba rozszerzenia udziału w projektach międzynarodowych uzasadniana była nie tylko możliwością pozyskania środków finansowych na badania, ale także korzyściami w sferze kształcenia, zwłaszcza na studiach doktoranckich, oraz integracją zespołów badawczych, która w przyszłości mogłaby stanowić poważny atut w ubieganiu się o duże projekty badawcze realizowane we współpracy z przemysłem.

Kolejna dyskusja merytoryczna miała miejsce na posiedzeniu Rady Wydziału w dniu 28 maja 2002 roku. Dotyczyła ona inflacji ocen na dyplomach wydawanych przez Wydział. Na tle obrazu tego zjawiska w skali międzynarodowej, krytycznej analizie poddane zostały rozwiązania formalno-organizacyjne sprzyjające inflacji, w tym postanowienia regulaminu studiów dotyczące kryteriów wystawiania ocen na dyplomach, uzależnienie „bytu” nauczyciela akademickiego od liczby studentów wybierających jego przedmiot czy opiniowanie przedmiotów przez studentów. Podczas gdy w 1988 roku na dyplomach było 32% ocen bardzo dobrych, to w roku 2002 było ich już 61%, a ponadto — 21% ocen celujących, które nie istniały w 1988 roku. W dyskusji pojawiał się też wątek etyczny: wskazywano na rozluźnienie zasad moralnych w życiu publicznym, negatywnie wpływające na całe społeczeństwo, lecz w sposób szczególnie szkodliwy na młodzieży akademicką. Okazało się, że frustracja wokół zjawiska inflacji ocen dotyczy zarówno nauczycieli akademickich, którzy chcieliby oferować studentom przedmioty prawdziwie zaawansowane, jak i studentów, którzy wybrali studia na Wydziale z nadzieją na możliwość uzyskania elitarnego wykształcenia...

Na posiedzeniu Rady Wydziału w dniu 21 czerwca 2002 roku ustępujący dziekan, Roman Z. Morawski, przedstawił dwa dokumenty: *Realizacja programu rozwoju Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w latach 2000–2002* oraz *Podsumowanie kadencji 1999–2002*. W tym drugim zarysował swój osobisty pogląd na najważniejsze problemy, przed którymi stanął Wydział. Stwierdził, między innymi, że:

- Bogactwo merytoryczne uprawianej na Wydziale problematyki badawczej może być jego siłą, a w związku z tym celowe jest pielęgnowanie unikatowych specjalności i unikatowych kwalifikacji nawet wtedy, gdy nie należą do najbardziej rynkowych.
- Wydział byłby w stanie znacznie efektywniej wykorzystać istniejący potencjał kadrowy do realizacji swych zadań w strukturze organizacyjnej obejmującej cztery instytuty oraz profesjonalne centrum administracyjne. Instytuty te powinny być związane z historycznie ukształtowanymi obszarami aktywności naukowej i edukacyjnej Wydziału: elektroniką, telekomunikacją, informatyką oraz obszarem jednoczącym automatykę i robotykę z metrologią i inżynierią biomedyczną.
- W warunkach załamania się systemów tradycyjnych wartości moralnych w życiu publicznym i gospodarczym, w szkolnictwie i kulturze szczególnie ważnym zadaniem Wydziału staje się pielęgnowanie tych wartości w codziennym życiu akademickim.

Już był w ogródku, już witał się z gąską...

(A. Mickiewicz, *Lis i kozioł*)

W DRODZE DO SZKOŁY (2002–2005)

DOBRY POCZĄTEK

W dniu 1 września 2002 roku obowiązki dziekana przejął Józef Lubacz. Nawiązując do dokonania w kadencji 1999–2002, na wrześniowym posiedzeniu Rady Wydziału stwierdził, iż chciałby, aby kadencja 2002–2005 była skoncentrowana na **remontie sfery funkcjonalnej Wydziału**. Na kolejnych posiedzeniach Rady Wydziału przedstawił analizę sytuacji finansowej Wydziału w obszarze działalności dydaktycznej oraz dokument *O potrzebie usprawnienia funkcjonowania Wydziału* oraz o zainicjowaniu działań temu służących. Za aprobatą Rady Wydziału, w grudniu 2002 roku powołał Dziekańską Komisję ds. Rozwoju Wydziału, której zadaniem było dokonanie wszechstronnej analizy stanu Wydziału oraz przedstawienie koncepcji zmian organizacyjno-funkcjonalnych. Komisja pod jego przewodnictwem działała w następującym składzie: Jacek Wojciechowski (Przewodniczący Komisji RW ds. Badań Naukowych), Michał Malinowski (Przewodniczący Komisji RW ds. Kształcenia), Jerzy Szabatini (Przewodniczący Komisji RW ds. Organizacji Wydziału), Krzysztof Malinowski (Przewodniczący Komisji RW ds. Rozwoju Kadry) i Krzysztof Zaremba (Przewodniczący Dziekańskiej Komisji ds. Finansów). Komisja opracowała trzy raporty, które były przedmiotem ożywionej debaty społeczności akademickiej Wydziału w ciągu całej kadencji. Raport nr 1 (z czerwca 2003 roku) zawierał wieloaspektową analizę sytuacji Wydziału oraz propozycję nadania mu struktury szkoły działającej w ramach Politechniki Warszawskiej. Raport nr 2 (z października 2003 roku) stanowił podsumowanie pierwszej fazy dyskusji środowiskowej nad tą propozycją. Natomiast Raport nr 3 (z czerwca 2004 roku) odpowiadał na zasadnicze pytania i wątpliwości, jakie pojawiły się w drugiej fazie dyskusji; zawierał on:

- analizę pięciu wariantów przyszłej struktury organizacyjnej Wydziału, prowadzącą do podtrzymania wniosku o przekształcenie Wydziału w trzywydziałową szkołę;
- projekt regulaminu organizacyjnego takiej szkoły;
- analizę systemu i programu kształcenia na Wydziale, zakończoną wnioskiem o potrzebie głębokich zmian w tym obszarze;
- analizę potencjału edukacyjnego, naukowego i kadrowego Wydziału, ukazującą znaczne jego rozproszenie i realną możliwość jego skonsolidowania w trzech podstawowych obszarach działalności naukowo-dydaktycznej, które byłyby obszarami działalności wydziałów szkoły;
- analizę możliwości racjonalizowania procesów organizacyjnych w strukturze szkoły, a w szczególności zmniejszenia obciążenia kadry naukowo-dydaktycznej pracami niemającymi bezpośredniego związku z kształceniem i pracą naukową.

ARGUMENTY

Przedstawiona w raportach i dyskusji środowiskowej argumentacja, przemawiająca za nadaniem Wydziałowi struktury szkoły, była — w najogólniejszym zarysie — następująca. Wprowadzona w 1970 roku trzypoziomowa struktura (wydział–instytut–zakład) stała się anachroniczna już na początku lat dziewięćdziesiątych poprzedniego stulecia. W wyniku przemian gospodarczych instytuty utraciły bowiem możliwość współpracy badawczo-rozwojowej z przemysłem w skali, w jakiej było to możliwe w latach 1970–1989, a w wyniku zmian legislacyjnych — status podstawowych jednostek organizacyjnych Uczelni, jako że rolę tę przejęły wydziały. Redefinicja roli instytutów wydaje się mieć w tej sytuacji fundamentalne znaczenie dla dalszego pomyślnego rozwoju Wydziału:

- Obszarem działalności każdego z instytutów powinna stać się spójna dziedzina edukacyjna i dyscyplina naukowa.
- Instytut powinien mieć radę naukową, kształtującą jego politykę w zakresie badań naukowych, rozwoju kadry i kształcenia, mającą uprawnienia do nadawania stopni doktora i doktora habilitowanego.
- Istotnej modyfikacji powinny ulec regulacje statutowe określające kompetencje dyrektora instytutu i kierownika zakładu, aby nastąpiło ujednoznaczenie zarówno zakresów odpowiedzialności, jak i instrumentów zarządzania, którymi dysponują.

Ponieważ jednak po takiej reformie każdy instytut wypełniałby praktycznie te same funkcje, które obecnie wypełnia Wydział, niezbędne stałoby się nadanie Wydziałowi struktury szkoły, w celu racjonalizacji podziału kompetencji między trzy poziomy organizacyjne. Przekształcanie sześciu instytutów w trzy wydziały zmniejszałoby liczbę podmiotów organizacyjnych o połowę, a w konsekwencji „koszty zarządu” mniej więcej w tej samej proporcji. Ponadto, w wyniku przekształcenia Wydziału w szkołę, zostałaby istotnie wzmocniona reprezentacja społeczności Wydziału w Senacie Politechniki Warszawskiej (zamiast obecnych dwóch, środowisko to byłoby reprezentowane przez sześciu senatorów z grona profesorów i doktorów habilitowanych) i we władzach rektorskich (o prorektora kierującego szkołą). Istotnym wątkiem argumentacji, przemawiającym za nadaniem Wydziałowi struktury szkoły, była perspektywa efektywniejszego wykorzystania potencjału kadrowego Wydziału do realizacji jego zadań w strukturze organizacyjnej obejmującej trzy silne jednostki merytoryczne oraz profesjonalne centrum administracyjne. Jako ważną przesłankę techniczną tego przedsięwzięcia wskazywano nowoczesne techniki zarządzania i administrowania, oparte na technologiach informacyjnych, umożliwiające skuteczne kierowanie dużymi strukturami organizacyjnymi oraz dużymi przedsięwzięciami badawczymi i edukacyjnymi. Postulowano, aby profesjonalne centrum administracyjne obejmowało — obok działu finansowo-ekonomicznego i remontowo-inwestycyjnego czy eksploatacyjnego — także dział infrastruktury informatycznej, dział aparatury, dział zaopatrzenia oraz dział zabezpieczenia mienia. Wskazywano na to, że jego utworzenie umożliwiłoby profesjonalizację wielu funkcji, które tradycyjnie realizowane są w sposób rozproszony przez prodziekanów, pełnomocników dziekana i pełnomocników dyrektorów, a także zmniejszenie pracochłonności wielu działań związanych z koordynacją procedur administracyjno-technicznych, a zwłaszcza uzgodnień finansowych.

DYSKUSJA

Uczestnicy ogólnowydziałowej dyskusji na temat celowości i kierunków reorganizacji Wydziału byli niemal zgodni co do diagnozy stanu Wydziału — mniej zgodni, co do zidentyfikowanych przyczyn tego stanu i ich hierarchii. Istota problemów Wydziału — twierdzili sceptycy — wynika z niedostatecznego poziomu finansowania szkolnictwa wyższego i badań naukowych, braku dalekowzrocznej polityki państwa w tym zakresie, upadku krajowego przemysłu, a zwłaszcza jego sfery badawczo-rozwojowej, spadku popularności wykształcenia technicznego i niedostatku kandydatów do zawodu nauczyciela akademickiego. Wewnętrzne przemiany nie pomogą, jeśli nie dojdzie do zasadniczej poprawy w tym zakresie: *Od samej restrukturyzacji nie przybędzie środków, a to przecież ich deficyt stał się jednym z zasadniczych powodów podjęcia dyskusji nad restrukturyzacją. Co gorsza, restrukturyzacja pochłonie środki, które można by przeznaczyć na inne cele⁴. Skoro nie radzimy sobie z problemami w obecnej strukturze Wydziału, to skąd pewność, że poradzimy sobie w nowej?*⁵ Przedstawiciele Wydziałowej Rady Samorządu Studenckiego wskazywali na priorytetowe problemy do rozwiązania w sferze kształcenia, nie wypowiadając się na temat sposobu ich rozwiązania. Wskazywali na potrzebę gruntownej przebudowy programów przedmiotów podstawowych, oferowanych na pierwszych semestrach, które „przeładowane” są informacją i nie dają studentowi szans na zrozumienie istoty twierdzeń matematyki czy praw fizyki.

⁴ Raport nr 2 Dziekańskiej Komisji ds. Rozwoju Wydziału, Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych PW, Warszawa, październik 2003.

⁵ *Ibid.*

Z drugiej strony wyrażali zainteresowanie eliminacją przestarzałych treści z przedmiotów technicznych, zwiększeniem zakresu obieralności przedmiotów, usprawnianiem mechanizmów oceny jakości kształcenia oraz procedur uruchamiania przedmiotów i zapisów na nie.⁶

W dyskusji przeważała opinia, że restrukturyzacja Wydziału jest potrzebna, gdyż obecna jego struktura organizacyjno-funkcjonalna w sposób istotny utrudnia rozwiązanie problemów przedstawionych w diagnozie jego stanu. Znaczna jednak była też liczba niebłahych wątpliwości:

- *Postulowana restrukturyzacja zakłada, co prawda, utworzenie szkoły, może jednak doprowadzić do rozpadu obecnego Wydziału na trzy oddzielne wydziały.⁷*
- *Wydział kojarzy się z tym, że prowadzi co najmniej jeden kierunek studiów. Proponuje się, by trzy wydziały prowadziły jeden kierunek studiów. Więc coś tu nie pasuje.⁸*
- *Obszary edukacyjne i badawcze uprawiane na naszym Wydziale są ze sobą powiązane, wobec czego należy dążyć do ich integrowania, sprzyjającego interdyscyplinarnym kierunkom kształcenia i projektom badawczym. Proponowany podział Wydziału na trzy mniejsze jednostki „monotematyczne” nie będzie temu sprzyjać.⁹*
- *Restrukturyzacja grozi rozpadem dobrze działających struktur i zespołów, spadkiem stopnia utożsamiania się pracowników z naszą społecznością, pojawieniem się nowych, rozbudowanych struktur biurokratycznych utrudniających inicjatywy oddolne itp.¹⁰*
- *Reorganizacja badań jest najdelikatniejszą sprawą. Łączenie ludzi według klucza merytorycznego jest niebezpieczne, może prowadzić do konfliktów. Projekty zewnętrzne są załatwiane indywidualnie przez badaczy — ta działalność nie może być scentralizowana.¹¹*
- *Jeśli jest wola współpracy, to w obecnej strukturze nie ma żadnych przeszkód, aby współpracować. (...) Źródła kłopotów są na szczeblu centralnym Uczelni i wynikają z braku merytorycznego przygotowania administracji centralnej. Żadna restrukturyzacja Wydziału nic tu nie pomoże.¹²*
- *Koncepcja łączenia zakładów jest słuszna w przypadku bardzo małych (kilkuosobowych) zakładów. Rozszerzenie tej idei na wszystkie zakłady jest rewolucyjne (...) Połączenie słabego i dobrego zakładu niesie również ryzyko większej szkody niż korzyści, istotne są tu sprawy wieloletniego dogrywania się zespołów, zgromadzonych zasobów aparatury i oprogramowania.¹³*
- *Dyskusja na temat restrukturyzacji powoduje, że rozwiązywanie problemów, które tego pilnie wymagają niezależnie od przyszłej struktury Wydziału, jest odkładane na przyszłość, do czasu restrukturyzacji.¹⁴*
- *Nie widzę, aby w nowej strukturze powstały mechanizmy ułatwiające pozyskiwanie środków zewnętrznych. (...) uwikłanie kierownictwa Wydziału i jego czołowej kadry przez najbliższe 3 lata w ciągłe dyskusje organizacyjne i spory kompetencyjne dotyczące nowej struktury niewątpliwie osłabi pozycję Wydziału w działaniach na rzecz zajęcia właściwej*

⁶ Protokół z nadzwyczajnego posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w dniu 21 grudnia 2004 roku.

⁷ *Raport nr 2 Dziekańskiej Komisji ds. Rozwoju Wydziału*, Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych PW, Warszawa, październik 2003.

⁸ Protokół z nadzwyczajnego posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w dniu 21 grudnia 2004 roku.

⁹ *Raport nr 2 Dziekańskiej Komisji ds. Rozwoju Wydziału*, Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych PW, Warszawa, październik 2003.

¹⁰ *Ibid.*

¹¹ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w dniu 27 maja 2003 roku.

¹² *Ibid.*

¹³ *Ibid.*

¹⁴ *Raport nr 2 Dziekańskiej Komisji ds. Rozwoju Wydziału*, Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych PW, Warszawa, październik 2003.

pozycji w kluczowym okresie gwałtownych zmian sytuacji gospodarczej i społecznej Polski, związanych z przystąpieniem do Unii Europejskiej.¹⁵

- Radykalna zmiana organizacji Wydziału z jednoczesnym opracowaniem programu studiów, byłaby rozwiązaniem bardzo ryzykownym, prowadzącym przez chaos do zmniejszenia.¹⁶
- A przecież szkołę z podziałem na trzy wydziały można utworzyć zupełnie inaczej. W ramach istniejących przepisów można powoli przekształcać Wydział, a po dwóch latach dojść do struktury bliskiej strukturze szkoły.¹⁷
- W perspektywie następnych 10 lat liczba maturzystów spadnie do 60% obecnej i w latach 2010–2015 także nasz Wydział może stanąć przed problemem braku studentów, a w każdym razie braku dobrych studentów. Na ten problem restrukturyzacja Wydziału — jaka by ona nie była — nie stanowi żadnej odpowiedzi.¹⁸

Jak się wydaje, kolejne etapy dyskusji nie dawały wystarczających podstaw do podjęcia decyzji o rozpoczęciu restrukturyzacji Wydziału; Rada Wydziału podejmowała więc kolejne uchwały przedłużające prace nad projektem zmian, a perspektywa ich wprowadzenia przesuwiała się na następną kadencję. I tak, po dyskusji nad Raportem nr 2 — mającej miejsce na posiedzeniu w dniu 25 listopada 2003 roku, w którym wziął udział Rektor Politechniki Warszawskiej, Stanisław Mańkowski — Rada Wydziału podjęła następującą uchwałę:

Rada Wydziału, po przeprowadzonej na Wydziale dyskusji, uważa, że wyniki tej dyskusji, jak również analizy i propozycje przedstawione w Raportach nr 1 i nr 2 Dziekańskiej Komisji ds. Rozwoju Wydziału stanowią właściwą podstawę do podjęcia dalszych prac nad rozwojem i ewentualną reorganizacją Wydziału. W związku z tym Rada Wydziału upoważnia Dziekana i Komisję do opracowania odpowiednich projektów, w tym projektu szkoły składającej się z wydziałów.¹⁹

Po dyskusji nad Raportem nr 3, która miała miejsce na posiedzeniu w dniu 21 grudnia 2004 roku, Rada Wydziału podjęła następującą uchwałę:

Rada Wydziału uważa, że należy podjąć działania zmierzające do wykorzystania potencjału i zasobów Wydziału w celu utworzenia jednej ze szkół w Politechnice Warszawskiej. Należy w związku z tym przystąpić do opracowania dokumentów konkretyzujących strukturę i zasady funkcjonowania Szkoły.²⁰

Opracowaniem owych dokumentów konkretyzujących strukturę i zasady funkcjonowania Szkoły zająć się miała siedmioosobowa Nadzwyczajna Komisja Rady Wydziału, powołana na posiedzeniu w dniu 26 kwietnia 2005 roku. Za sprawą wyborów nowych władz akademickich na kadencję 2005–2008 nigdy jednak nie doszło ani do jej ukonstytuowania, ani do jej rozwiązania...

Dzieląc się refleksją na temat doświadczeń kończącej się kadencji władz akademickich, Dziekan Józef Lubacz powiedział:

Sądzę, że znaczna część naszej społeczności wciąż jeszcze nie w pełni utożsamia się z zasadniczymi przesłankami i celami wprowadzenia studiów dwustopniowych (...) Nie sposób bowiem zrozumieć sens wprowadzenia studiów dwustopniowych bez zrozumienia istoty przemian cywilizacyjnych z ostatnich kilkudziesięciu lat, a w szczególności tego, jak zmienił się sens pojęcia zawodu i tytułu inżynierskiego (...). Bez zrozumienia tego szerokiego kontekstu studia dwustopniowe mogą się jawić jako twór sztuczny, a nawet szkodliwy, (...) A jeśli ma się taki pogląd, to oczywiście trudno (...) być przekonanym o konieczności dalszego konsekwentnego reformowania programów i charakteru kształcenia, szczególnie na studiach

¹⁵ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w dniu 25 listopada 2003 roku.

¹⁶ Protokół z nadzwyczajnego posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w dniu 21 grudnia 2004 roku.

¹⁷ *Ibid.*

¹⁸ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w dniu 27 maja 2003 roku.

¹⁹ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w dniu 25 listopada 2003 roku.

²⁰ Protokół z nadzwyczajnego posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w dniu 21 grudnia 2004 roku.

pierwszego stopnia. W konsekwencji trudno być przekonanym o potrzebie zmian organizacyjnych Wydziału, które miałyby na celu — między innymi — wsparcie reformy procesu dydaktycznego.²¹

CODZIENNOŚĆ

Choć dyskusja na temat celowości reorganizacji niewątpliwie zdominowała życie społeczności Wydziału w latach 2003–2005, to jednak nie zatrzymała na ten czas procesów rozwojowych. Pilne usprawnienia organizacyjne wprowadzone zostały jeszcze w roku 2002, zanim Dziekańska Komisja ds. Rozwoju Wydziału przedstawiła pierwsze wyniki swojego działania: powstał Dział Obsługi Informacyjnej, odpowiedzialny za realizację wszystkich zadań związanych z rozwojem i eksploatacją infrastruktury informacyjnej oraz procesów informacyjnych, oraz Dział Współpracy Międzynarodowej, którego zadaniem było wspomaganie przygotowywania i realizacji międzynarodowych projektów badawczych, szczególnie w ramach 6. Programu Ramowego Unii Europejskiej; z początkiem 2005 roku rozpoczął działalność Dział Zamówień Publicznych. Bezprecedensowy rozwój administracji ogólnowydziałowej wiązał się z jednej strony z nowymi możliwościami i wymogami formalnymi, wynikającymi ze wstąpienia Polski do Unii Europejskiej, z drugiej zaś — z nowymi inicjatywami dotyczącymi tzw. trzeciej misji wyższych Uczelni w zakresie współpracy z akademickimi i nieakademickimi instytucjami krajowymi i międzynarodowymi. Już w 2003 roku:

- Uruchomione zostało Centrum Szkoleniowe Technik Internetowych pod auspicjami Międzynarodowej Unii Telekomunikacyjnej, w ramach którego powstała Akademia CISCO prowadząca odpłatnie certyfikowane kursy specjalistyczne.
- Z inicjatywy Instytutu Radioelektroniki zorganizowane zostało Centrum Produkcji Oprogramowania Mobilnego firmy Oracle.
- Podpisana została umowa z korporacją Polska Telefonii Cyfrowa, która stała się swoistym wzorcem współpracy z wielkim przemysłem. Pod koniec 2005 roku rozpoczął działalność, utworzony we współpracy z tą korporacją, ośrodek badawczo-rozwojowy BRAMA, którego przedmiotem zainteresowania stały się systemy telefonii komórkowej następnych generacji.
- Z inicjatywy Wydziału, Politechnika Warszawska przystąpiła do konsorcjum powołanego w celu utworzenia Parku Naukowo-Technologicznego Polska-Wschód w Suwałkach.

Pełniejsze zestawienie inicjatyw dotyczących współpracy Wydziału z instytucjami zewnętrznymi zawiera *Aneks* do niniejszego eseju (tablica A.6).

W latach 2003–2005 kontynuowane były działania remontowo-modernizacyjne: wymieniona została instalacja grzewcza i wodno-kanalizacyjna w gmachu Wydziału; wymieniony został sprzęt komputerowy w ogólnowydziałowych laboratoriach informatycznych, modernizacji i rozbudowie uległa ogólnowydziałowa infrastruktura teleinformatyczna i audiowizualna; zmodernizowano największe sale wykładowe; wyremontowane zostały też pomieszczenia w piwnicy i na parterze skrzydła B, przeznaczone na siedzibę Laboratorium Badań i Rozwoju Systemów i Aplikacji Mobilnych Polskiej Telefonii Cyfrowej i Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych; uruchomiona została baza danych o publikacjach pracowników Wydziału, umożliwiającą bieżące aktualizowanie tych danych przez sieć internetową. Celem tego ostatniego przedsięwzięcia było usprawnienie prac sprawozdawczych, w szczególności związanych z tzw. oceną parametryczną Wydziału, realizowaną okresowo przez ministerstwo nadzorujące sferę nauki i szkolnictwa wyższego, oraz z działalnością promocyjną Wydziału. Pełniejsze zestawienie przedsięwzięć remontowo-modernizacyjnych zawiera *Aneks* (tablica A.9).

Najważniejszym wydarzeniem w obszarze działalności dydaktycznej było wdrożenie nowych programów studiów w układzie trzech potoków i siedmiu specjalności na polskojęzycznych studiach dziennych (rok 2004). Z punktu widzenia absolwentów Wydziału niewątpliwym osiągnięciem było sprawne wdrożenie (rok 2005) procedur przygotowywania i wydawania każdemu absolwentowi tzw. suplementu do dyplomu. Jest to kilkustronicowy

²¹ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych w dniu 21 czerwca 2005 roku.

dokument, zawierający obszerny opis systemu studiów, programu studiów i przebiegu studiów, sporządzany na podstawie danych przechowywanych w elektronicznym systemie rejestracji studentów ERES.

Koniec kadencji przyniósł ważne wydarzenie zewnętrzne, które mogło stać się asumptem do modernizacji funkcjonowania Wydziału w następnych latach: 27 lipca 2005 roku Sejm uchwalił ustawę *Prawo o szkolnictwie wyższym*. Projekt tej ustawy przygotował, powołany przez Prezydenta RP, zespół pod przewodnictwem Jerzego Woźnickiego — Dziekana Wydziału w latach 1990–1996 i Rektora Politechniki Warszawskiej w latach 1996–2002. Ustawa otworzyła, między innymi, nowe możliwości w sferze organizacji uczelni jako instytucji i w sferze organizacji procesu kształcenia.

Gościu, siądź pod mym liściem, a odpoczni sobie!

(J. Kochanowski, *Na lipę*)

W DRODZE ZE SZKOŁY (2005–2008)

W 2005 roku nastąpiła zmiana zespołu dziekańskiego. Kampania wyborcza przebiegała w atmosferze sporu o kształt organizacyjny Wydziału. Większość wyborców opowiedziała się za zaniechaniem reorganizacji Wydziału, polegającej na jego przekształceniu w szkołę składającą się z trzech wydziałów. Wybory wygrał kandydat, który obiecał zachowanie *status quo* — Bogdan Galwas. Otwierając inauguracyjne posiedzenie Rady Wydziału, powiedział: *chcemy stworzyć studentom na naszym Wydziale przyjazną przestrzeń kształcenia, a nam pracownikom stworzyć przyjazną przestrzeń pracy. Obie, przenikające się wzajemnie przestrzenie, musimy tworzyć wszyscy razem, wspólnym wysiłkiem, stałą troską*²².

Choć restrukturyzacja Wydziału została odłożona *ad kalendas graecas*, pozostała konieczność dostosowania się do szybko zmieniających się warunków zewnętrznych: do nowej ustawy o szkolnictwie wyższym i związanej z tym zmiany statutu Uczelni; do nowego systemu rekrutacji na studia, opartego na świadectwach maturalnych, i zmniejszania się liczebności kolejnych roczników maturzystów; do konieczności uzyskania akredytacji prowadzonych kierunków studiów; nie mówiąc o niestabnej presji budżetowej, wymuszającej kolejne kroki oszczędnościowe. Taka też była geneza prac nad zmianą formatu, a w konsekwencji i programu, studiów dwustopniowych — prac, które trwały przez całą kadencję.

Wprowadzone w 1994 roku studia dwustopniowe obejmowały ośmiosemestralne studia I stopnia i czterosemestralne studia II stopnia. Dyskusję na temat tego ich formatu (zwanego dalej formatem „8+4”) wyzwoliły — już na początku kadencji — okoliczności zewnętrzne:

- upowszechnienie studiów dwustopniowych w następstwie wejścia w życie ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym*, a w konsekwencji zwiększenie możliwości rekrutacji na studia II stopnia absolwentów innych wydziałów Politechniki Warszawskiej i innych uczelni;
- preferencja dla formatu „7+3”, ujawniająca się na większości wydziałów Politechniki Warszawskiej oraz na wielu innych uczelniach publicznych i niepublicznych.

Pojawiły się też obawy natury formalnej związane z tym, że w przypadku maksymalnego transferu osiągnięć ze studiów I stopnia rzeczywisty czas trwania studiów II stopnia na WEiTI ulegał *de facto* skróceniu do dwóch semestrów, podczas gdy nowa ustawa wymagała, aby studia te trwały co najmniej trzy semestry. Przeprowadzenie ogólnowydziałowej dyskusji na temat formatu studiów dwustopniowych oraz opracowanie projektu niezbędnych zmian stało się całokadencyjnym zadaniem Komisji Rady Wydziału pod przewodnictwem Andrzeja Pfitznera. Kształcenie na studiach dwustopniowych w formacie „7+4” rozpoczęło się w roku akademickim 2008/2009.

²² Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w dniu 27 września 2005 roku.

Argumentacja, przemawiająca za skróceniem studiów I stopnia do 7 semestrów, odwoływała się — w najogólniejszym zarysie — do konieczności poprawy jakości i elastyczności programowej studiów II stopnia. W wyniku skrócenia studiów I stopnia i skali transferu osiągnięć absolwentów studiów I stopnia do maksymalnie jednego semestru miało nastąpić wydłużenie realnego czasu trwania studiów II stopnia do minimum trzech semestrów, a tym samym indywidualnego programu studiów II stopnia do dwóch semestrów (przy założeniu, że trzeci semestr będzie poświęcony w całości na realizację pracy dyplomowej). Przeciwnicy zmiany wskazywali na możliwe jej negatywne konsekwencje:

- obniżenie kwalifikacji absolwentów studiów I stopnia, spowodowane ograniczeniem programu tych studiów i nieuchronnego zmniejszenia ich elastyczności;
- zmniejszenie „zatrudnialności” absolwentów studiów I stopnia i zwiększenie presji na powszechne kontynuowanie kształcenia na studiach II stopnia;
- zmniejszenie zainteresowania studentów studiów I stopnia uczestnictwem w programach mobilności studentów, spowodowane zmniejszeniem „luzów” czasowych na tych studiach;
- obawa przed nieuznawaniem dyplomów ukończenia studiów I stopnia jako odpowiedników dyplomów *Bachelor of Science* nadawanych na uczelniach amerykańskich²³.

Do zastanowienia skłaniać musiał także fakt, że na uczelniach niemieckich i austriackich (a także — w mniejszej skali — włoskich) około 2005 roku zaczęła narastać fala krytyki powszechnie wprowadzonych tam sześciusemestralnych studiów I stopnia. W następnych latach fala ta osiągnęła swoje apogeum, przybierając formę strajków studenckich i listów protestacyjnych grup prominentnych profesorów, i doprowadziła do rozpoczęcia prac nad nowym modelem studiów pierwszego stopnia, wydłużonych do ośmiu semestrów w przypadku studiów technicznych. Nic dziwnego, że długotrwała debata ogólnowydziałowa w tej sprawie nie przekonała nieprzekonanych. Nowy format studiów dwustopniowych „7+4” został wprowadzony uchwałą Rady Wydziału z dnia 27 lutego 2007 roku minimalną większością 33 głosów; przeciw uchwale głosowało 30 osób, a 9 wstrzymało się od głosu²⁴.

Choć dyskusja na temat skrócenia studiów I stopnia, z mniejszym lub większym natężeniem trwała przez całą kadencję, to — ani swoją intensywnością, ani swoim znaczeniem dla przyszłości Wydziału — nie dorównywała tej dotyczącej projektu reorganizacji Wydziału, która zdominowała życie społeczności Wydziału w latach 2003–2005. Inne inicjatywy ekipy dziekańskiej, podejmowane w ciągu całej kadencji nie wzbudzały kontrowersji:

- Pomyślnie rozwijała się współpraca Wydziału z uczelniami europejskimi i pozaeuropejskim — liczba studentów uczestniczących w programach wymiany edukacyjnej: w roku akademickim 2005/2006 wyjechało 35 studentów, a przyjechało 15 studentów zagranicznych; w kolejnych latach były to liczby: 78 i 26 oraz 98 i 44.
- Bardzo dobre wyniki dało przystąpienie Wydziału do programu ATHENS²⁵, co miało miejsce w roku 2006. Specyficzną dla tego programu formą wymiany jest jednotygodniowy pobyt studenta na zagranicznej uczelni w celu zaliczenia jednego (trzydziestogodzinnego) przedmiotu; w programie uczestniczy 15 uczelni z Austrii, Belgii, Czech, Francji, Grecji, Hiszpanii, Holandii, Niemiec, Norwegii, Polski, Portugalii, Turcji, Węgier i Włoch.
- W ramach internacjonalizacji działalności dydaktycznej na Wydziale opracowany został projekt zasad prowadzenia prac magisterskich i doktorskich we współpracy z partnerami zagranicznymi, który stał się podstawą uchwały Senatu Politechniki Warszawskiej w tej sprawie (2008); zgodnie z tymi zasadami przygotowane zostały pierwsze porozumienia o współpracy z Technische Universität Berlin i École Polytechnique de l'Université de Nantes²⁶. Warto przy tym wspomnieć, że wydawanie podwójnych dyplomów Wydział

²³ Ze względu na czas trwania studiów większość uczelni amerykańskich przez lata nie uznawała tytułu magistra-inżyniera (nadawanego przez polskie uczelnie techniczne absolwentom jednolitych studiów magisterskich), za równoważny stopniowi *Master of Science*. Posiadacze tego tytułu musieli, w związku z tym, przed wstąpieniem na studia doktoranckie odbyć jedno- lub dwusemestralne studia uzupełniające.

²⁴ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych w dniu 27 lutego 2007 roku.

²⁵ Skrót od *Advanced Technology Higher Education Network Socrates*.

²⁶ *Sprawozdanie Dziekana Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych za 2008 r.*

wprowadził eksperymentalnie jeszcze w latach dziewięćdziesiątych w ramach współpracy z rzymskim uniwersytem Tor Vergata.

- W 2007 roku Wydział uruchomił — wspólnie z Wydziałem Mechatroniki — studia I stopnia na kierunku **Inżynieria biomedyczna**. Jediną uczelnią w Polsce, która wcześniej uruchomiła takie studia, była Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie.

Spółeczność studencka Wydziału, oprócz rozszerzenia oferty edukacyjnej, uzyskała nowe możliwości kulturalnego spędzania czasu: po długotrwałym, ale gruntownym, remoncie oddany został do ponownego użytku klub „Amplitron”.

Kalendarz świętowania w kadencji 2005–2008 był bogatszy niż w latach minionych. Co roku w październiku odbywał się na placu przed budynkiem Wydziału piknik integrujący całą społeczność studencko-pracowniczą, organizowany od 2005 roku jako główny punkt obchodów Święta Wydziału. Od 2006 roku, w ostatnią sobotę stycznia i czerwca, odbywały się uroczystości wręczania dyplomów absolwentom Wydziału, w których uczestniczyli członkowie ich rodzin i przyjaciele. Celebrowanie sukcesów było też istotnym celem ukazującego się od stycznia 2006 roku *Biuletynu Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych*, bo jak napisał Dziekan w pierwszym jego numerze: *Nie ukrywam, że chcemy zamieszczać dobre wiadomości: o osiągnięciach, o napisanych książkach, o awansach i nagrodach, zorganizowanych konferencjach, pełnionych funkcjach itp.*²⁷. W czerwcu 2008 roku była jeszcze jedna, zupełnie nadzwyczajna, sposobność do radości: doktorat *Honoris Causa* Politechniki Warszawskiej otrzymał, na wniosek Wydziału, Franco Giannini z Uniwersytetu Tor Vergata w Rzymie, który siedem lat wcześniej został honorowym profesorem Wydziału.

Budujemy nowy dom, jeszcze jeden nowy dom...

(Z. Gozdawa i W. Stępień, *Budujemy nowy dom*)

NA PLACU BUDOWY (2008–2011)

INWESTYCJE I ROZWÓJ INFRASTRUKTURY WYDZIAŁU

Nowy Dziekan, Jan Szmidt, rozpoczął realizację swoich obietnic wyborczych, inicjując wiele działań o charakterze inwestycyjno-modernizacyjnym. Pojawiły się nowe możliwości w tym względzie. Wraz z wejściem Polski do Unii Europejskiej, co nastąpiło formalnie 1 maja 2004 roku, istotnym źródłem środków na realizację nowych inwestycji i rozwój kształcenia w dziedzinach związanych z nowoczesnymi technologiami stały się tzw. fundusze strukturalne, będące instrumentami wspierania przez Unię Europejską procesów restrukturyzacji i modernizacji gospodarek krajów członkowskich. Jeszcze w 2008 roku do Ośrodka Przetwarzania Informacji — pełniącego rolę instytucji wdrażającej działanie Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko — skierowany został, opiewający na kwotę około 40 mln zł, wniosek o dofinansowanie rozbudowy Wydziału i utworzenie sieci laboratoriów dydaktycznych; rok później — seria wniosków na łączną kwotę 100 mln zł. Pozyskane w ten sposób środki finansowe umożliwiły podjęcie zdecydowanych działań prorozwojowych: zintensyfikowanie wymiany międzynarodowej pracowników i studentów, rozwój studiów anglojęzycznych, rozwój dydaktycznej i badawczej bazy laboratoryjnej oraz modernizację infrastruktury technicznej i rozbudowę gmachu Wydziału. W 2008 roku utworzone zostało, w związku z tym, Biuro Rozwoju i Inwestycji, mające za zadanie obsługę owych przedsięwzięć²⁸. Systematyczne zestawienie projektów rozwojowych zrealizowanych w latach 2008–2010 znajduje się *Aneksie*; tu zostaną tylko wspomniane najważniejsze z nich.

²⁷ *Biuletyn Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych*, nr 1, styczeń 2006.

²⁸ *Sprawozdanie Dziekana Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych za 2008 r.*

W 2009 roku na Wydziale rozpoczęła się realizacja projektów finansowanych ze środków Unii Europejskiej na łączną kwotę około 125 mln zł²⁹. Nie wszystkie zostały już ukończone, ale wszystkie przyniosły Wydziałowi wymierne korzyści:

- W wyniku realizacji projektu *Rozwój infrastruktury informatycznej WEiTI* została opracowana i wdrożona nowa koncepcja struktury systemów informatycznych obsługujących Wydział, zwłaszcza w zakresie działalności naukowo-badawczej, kształcenia i rozwoju kadry oraz informacji o Wydziale i promocji Wydziału. Powstała nowa strona intranetowa oraz nowa platforma obsługi studiów i studentów³⁰.
- Wynikiem realizacji zadania badawczego *Utworzenie uniwersalnej, otwartej, repozytaryjnej platformy hostingowej i komunikacyjnej dla sieciowych zasobów wiedzy dla nauki, edukacji i otwartego społeczeństwa wiedzy* — finansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych pt. *Interdyscyplinarny system interaktywnej informacji naukowej i naukowo-technicznej* — jest jeden z podstawowych elementów bibliotek cyfrowych dla nauki. Wydział występuje w imieniu Politechniki Warszawskiej jako lider jednej z dwóch części powołanego w celu realizacji tego projektu konsorcjum, w którego skład wchodzi ponadto następujące instytucje: Uniwersytet Jagielloński, Uniwersytet Warszawski, Wojskowa Akademia Techniczna, Naukowa i Akademicka Sieć Komputerowa, Biblioteka Narodowa oraz Akademia Łazarskiego.
- Wynikiem projektu *Fotonika i Technologie Terahercowe — Rozwój Wydziałowego Centrum Badawczego*, dofinansowywanego ze środków Programu Operacyjnego „Innowacyjna Gospodarka”, jest istotne zwiększenie potencjału badawczego wydziałowych laboratoriów w następstwie realizacji inwestycji w aparaturę pomiarową i wyposażenie.
- Wynikiem realizacji projektu badawczego *Inżynieria Internetu Przyszłości*, dofinansowywanego ze środków Programu Operacyjnego „Innowacyjna Gospodarka”, a koordynowanego przez Politechnikę Warszawską, jest opracowanie oraz przetestowanie infrastruktury internetu nowej generacji. Od stycznia 2010 roku w skład konsorcjum realizującego projekt wchodzi: Instytut Łączności PIB, Politechnika Wrocławska, Politechnika Poznańska, Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe, Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN, Politechnika Śląska, Politechnika Gdańska i Akademia Górniczo-Hutnicza. Obsługę projektu zapewnia wydziałowe Biuro Inwestycji i Rozwoju.
- Projekt *Rozbudowa Wydziału EiTI Politechniki Warszawskiej oraz utworzenie sieci laboratoriów badawczych*, dofinansowany ze środków Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko, a prowadzony przez wydziałowe Biuro Inwestycji i Rozwoju, przyniósł zauważalne wyniki już w styczniu 2010 roku, kiedy to oddano do użytku Centralne Auditorium Wydziału oraz nowe pomieszczenia Biblioteki Wydziału EiTI.
- Wynikiem realizacji projektu *Kreator Innowacyjności*, dofinansowywanego ze środków Programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego *Kreator Innowacyjności*, jest program promocji przedsiębiorczości akademickiej.
- Wynikiem realizacji projektu *Patchwork*, dofinansowywanego ze środków Programu Operacyjnego „Innowacyjna Gospodarka”, będzie model finansowo-techniczny i prototyp środowiska do obsługi operatorów wirtualnych w sieciach telefonii komórkowej nowej generacji. W celu realizacji tego projektu na początku 2010 roku powołana została spółka prawa handlowego Invendo Spółka z o.o. z udziałem Politechniki Warszawskiej oraz firm Suntech Spółka z o.o. i mLife Spółka z o.o.

NOWE FORMY KOMUNIKACJI SPOŁECZNEJ I REALIZACJA TRZECIEJ MISJI

Znamienną cechą ewolucji wyższych uczelni na przełomie XX i XXI wieku stało się dowartościowanie ich tzw. trzeciej misji, czyli współpracy z bliższym i dalszym otoczeniem. Nic więc dziwnego, że w latach 2008–2011 zmaterializowały się na Wydziale, dojrzewające od

²⁹ *Sprawozdanie Dziekana Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych za 2009 r.*

³⁰ *Ibid.*

końca lat dziewięćdziesiątych, inicjatywy dotyczące owej współpracy oraz form społecznej komunikacji, wewnętrznej i zewnętrznej, dostosowanej do jej potrzeb. Oto najważniejsze dokonania w tym zakresie:

- W 2008 roku zainicjowana została nowa forma spotkań dyskusyjnych, poświęconych problematyce funkcjonowania i rozwoju Wydziału, tzw. Forum Dyskusyjne Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych. Już w 2008 roku odbyły się dwa spotkania: 27 października i 2 grudnia. Pierwsze poświęcone było przygotowanym przez MNiSW projektom pięciu ustaw dotyczących sfery nauki; drugie — problemom rozwoju kadry naukowej³¹. W 2009 roku, w ramach Forum Dyskusyjnego odbył się wykład B. Szymańskiego (Rensselaer Polytechnic Institute, USA) pt. *Management Models of US Universities* oraz wykład F. Leprevosta (University of Luxembourg, Luxembourg) pt. *The Governance of the University of Luxembourg*³².
- Od lutego 2009 roku inauguracja semestru odbywa się w nowej formule, w semestrze letnim — w powiązaniu z uroczystym rozdaniem dyplomów.
- W dniach 23–24 października 2009 roku, w hotelu „Baron” pod Nadarzynem, odbyło się wydziałowe seminarium poświęcone najważniejszym kwestiom związanym z funkcjonowaniem i rozwojem Wydziału³³. Drugie takie spotkanie miało miejsce w dniach 27–28 maja 2011 roku i dotyczyło strategii rozwoju Wydziału.
- W 2009 roku rozpoczęła działalność Wszechnica Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych, a w jej ramach odbyły się pierwsze spotkania profesorów Wydziału z młodzieżą licealną, mające na celu zachęcenie jej do podejmowania studiów na tym Wydziale³⁴.
- Jesienią 2010 roku zostało zarejestrowane Stowarzyszenie Absolwentów i Przyjaciół Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej — ELKA. W dniu 19 października odbyło się zebranie założycielskie Stowarzyszenia, w którym wzięło udział 75 założycieli, a wśród nich — byli Dziekani Wydziału: Stanisław Sławiński, Jan Ebert, Krzysztof Malinowski i Józef Lubacz. W trakcie zebrania przyjęto statut wskazujący jako główne cele działalności Stowarzyszenia integrację środowiska, ochronę interesów, rozwój zainteresowań i pomoc w karierze zawodowej absolwentów oraz wspieranie Wydziału przez absolwentów. W drodze wyborów powołano statutowe organy Stowarzyszenia — Komitet Założycielski, Zarząd i Komisję Rewizyjną — na kadencję 2010–2014.
- W 2008 roku utworzono Zespół ds. Promocji Badań i Innowacji, działający na rzecz rozwoju współpracy z przedsiębiorcami i obsługi realizowanych przez instytuty Wydziału projektów badawczych z tej współpracy wynikających³⁵.
- Podpisane zostały liczne umowy o współpracy z wieloma instytucjami akademickimi i badawczymi oraz z przedsiębiorstwami; ich zestawienie znaleźć można w *Aneksie* do niniejszego eseju.

Wyjazdowe seminarium wydziałowe, które odbyło się w hotelu „Baron” w dniach 27–28 maja 2011 roku, poświęcone było dyskusji nad strategią rozwoju Wydziału w kontekście strategii rozwoju polskiego szkolnictwa wyższego oraz strategii rozwoju Politechniki Warszawskiej w latach 2011–2020. Środowiskowy projekt strategii ogólnokrajowej powstał w końcu 2009 roku w Fundacji Rektorów Polskich (FRP) w następstwie inicjatywy Konferencji Rektorów Akademickich Szkół Polskich (KRASP)³⁶. Pracami nad projektem kierował Prezes FRP, Jerzy Woźnicki — profesor WEiT; on też szefował 16-osobowemu zespołowi wykonawców, wśród których znalazło się jeszcze dwóch profesorów WEiT: Andrzej Kraśniewski i Roman Z. Morawski. Projekt środowiskowy został zaaprobowany nie tylko przez KRASP, ale także przez Konferencję Rektorów Zawodowych Szkół Polskich (KRZaSP) i Konferencję Rektorów

³¹ *Sprawozdanie Dziekana Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych za 2008 r.*

³² *Sprawozdanie Dziekana Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych za 2009 r.*

³³ *Ibid.*

³⁴ *Ibid.*

³⁵ *Sprawozdanie Dziekana Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych za 2008 r.*

³⁶ *Strategia rozwoju szkolnictwa wyższego 2010–2020 — projekt środowiskowy*, Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2009.

Państwowych Szkół Zawodowych (KRePSZ); spotkał się też z aprobatą szerokich kręgów środowisk akademickich. Wobec braku równie wyraźnego poparcia dla alternatywnego projektu, opracowanego na zamówienie Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, uzyskał on duże szanse na choć częściową implementację w rządowej strategii rozwoju polskiego szkolnictwa wyższego. Projekt środowiskowy stał się swego rodzaju prototypem dla strategii rozwoju Politechniki Warszawskiej, przyjętej przez Senat w lutym 2011 roku³⁷. Projekt tej strategii przygotował 11-osobowy zespół autorski pod przewodnictwem Prorektora ds. Ogólnych, Romana Gawrońskiego. Członkami tego zespołu było dwóch profesorów WEiTI: Andrzej Kraśniewski i Roman Z. Morawski.

SYSTEM KSZTAŁCENIA

Choć sprawy inwestycji, rozwoju infrastruktury i realizacji trzeciej misji niewątpliwie zdominowały życie Wydziału w latach 2008–2011, to przecież wiele istotnych zmian zaszło w tym okresie także w systemie kształcenia:

- W celu zwiększenia czytelności oferty edukacyjnej Wydziału, adresowanej do kandydatów na studia I stopnia, zmieniona została nazwa makrokierunku z **Elektronika i Techniki Informacyjne** na **Elektronika, Informatyka i Telekomunikacja** (2009)³⁸.
- Opracowany został nowy układ specjalności na studiach stacjonarnych II stopnia oraz wymagania programowe i plany modelowe dla tych studiów (2009).
- Został opracowany i wdrożony program obowiązkowych praktyk studenckich (2009).
- Wspólnie ze Szkołą Biznesu Politechniki Warszawskiej zainicjowane zostały prace nad projektem studiów II stopnia prowadzących do dyplomu MBA ICT (*Master of Business Administration in Information and Communication Technology*).

W lutym 2011 roku Sejm RP przyjął projekt zmiany ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym*. Jak napisano w uzasadnieniu nowelizacji, głównym jej celem jest harmonizacja polskiego systemu szkolnictwa wyższego z rozwiązaniami wdrażanymi w Europejskim Obszarze Szkolnictwa Wyższego, w szczególności w kontekście wdrażania krajowych ram kwalifikacji (KRK). W istocie pojawiły się nowe możliwości uelastyczniania systemu kształcenia. O ile wcześniej kierunek studiów definiowany był jako wyodrębniony obszar kształcenia, to po nowelizacji może to być część jednego lub kilku obszarów kształcenia. Konsekwencją tej zmiany jest wprowadzenie nowych terminów: „obszar kształcenia” i „program kształcenia” (w miejsce dotychczasowego terminu „program nauczania”). Pierwszy z nich określa *zasób wiedzy i umiejętności z zakresu jednego z obszarów wiedzy określonych w przepisach odpowiednich ustaw*, drugi natomiast — *opis określonych przez uczelnię spójnych efektów kształcenia, zgodny z KRK dla szkolnictwa wyższego, oraz opis procesu kształcenia, prowadzącego do osiągnięcia tych efektów, wraz z przypisanymi do poszczególnych modułów tego procesu punktami ECTS*. Wejście w życie znowelizowanej ustawy z początkiem roku akademickiego 2011/2012 zdaje się zapowiadać nie tylko zmianę Statutu Politechniki Warszawskiej, ale także inicjację prac nad kolejną reformą programów i kształcenia. Dyskusja na ten temat zaczęła się na WEiTI już w styczniu 2011 roku. O jej wyniku napiszą zapewne autorzy materiałów jubileuszowych, które zostaną wydane z okazji siedemdziesięciolecia Wydziału...

³⁷ Uchwała nr 289/XLVII/2011 Senatu Politechniki Warszawskiej z dnia 23 lutego 2011 roku w sprawie przyjęcia dokumentu *Strategia rozwoju Politechniki Warszawskiej do roku 2020*.

³⁸ *Sprawozdanie Dziekana Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych za 2009 r.*

...ogólnie nie jest źle i statystycznie żyje się fest...

(Tadeusz Chyła, *Panie Kowalski, panie Kwiatkowski*)

SUMMA SUMMARUM

LICZBY MÓWIĄ O WYDZIALE

Czy chcemy tego, czy nie chcemy (a na ogół nie chcemy), żyjemy w epoce wskaźników, mierników i kryteriów ilościowych. Czymże byłby świat polskiej nauki na progu XXI wieku bez systemu parametrycznej oceny jednostek badawczych? Na szczęście liczby zdają się dobrze świadczyć o rozwoju Wydziału w ciągu ostatniego dziesięciolecia.

Jak wynika z danych przedstawionych w tabelicy A.2, zamieszczonej w *Aneksie* do tego eseju, liczebność kadry akademickiej Wydziału wzrosła w latach 2001–2010 o blisko 10%, przy czym wzrost miał miejsce w grupach wiekowych 20–40 lat i 56–70 lat, a spadek — w grupie wiekowej 41–55 lat. Oznacza to, jeśli utrzyma się tendencja wzrostowa w grupie wiekowej 20–40 lat, perspektywę szybkiego obniżania się średniej wieku kadry akademickiej Wydziału w miarę przechodzenia na emeryturę przedstawicieli grupy wiekowej 56–70 lat. W związku ze zmianami ustawowymi, które miały miejsce w 2005 roku, pojawiła się, obok wykładowców i starszych wykładowców, nowa grupa pracowników dydaktycznych, zatrudnionych na stanowisku docenta (blisko 13 etatów); łączny udział pracowników dydaktycznych w gronie nauczycieli akademickich wzrósł jednak tylko o 2% (z 12,2 do 14,1%). Istotniejsze zmiany nastąpiły w grupie profesorów zwyczajnych: wymiar ich zatrudnienia wzrósł z 16 do 23 etatów.

Jak widać w tabelicy A.4, w ciągu minionej dekady istotnie (o blisko 50%) zwiększyła się liczba stopni doktora nauk technicznych, nadawanych w ciągu roku przez Radę Wydziału, ale nieznacznie spadła liczba nadawanych stopni doktora habilitowanego; liczba tytułów naukowych, nadawanych na wniosek Rady Wydziału, utrzymała się na niezmiennym poziomie. Pod wpływem systemu parametrycznej oceny jednostek badawczych zmieniła się istotnie struktura dorobku naukowego: podwoiła się liczba wysoko punktowanych artykułów w czasopiśmie, a o ponad 30% zmalała liczba nisko punktowanych referatów w materiałach konferencyjnych; na niezmiennie niskim poziomie pozostała liczba przyznanych patentów (por. tabela A.5). W ciągu minionej dekady podwoiła się liczba umów (w tym: porozumień i listów intencyjnych) dotyczących współpracy Wydziału z podmiotami zewnętrznymi: niemal potroiła się liczba umów zawieranych w ciągu roku z przedsiębiorstwami przemysłowymi; z wielokrotnością uległa liczba umów zawieranych z instytucjami gospodarczymi, społecznymi i administracyjnymi; nieznacznie spadła liczba umów zawieranych z instytucjami akademickimi. Wykaz nowych umów, zawartych w latach 2001–2010, jest zamieszczony w tabelicy A.6.

Jak widać w tabelicy A.7, w ciągu minionej dekady dość drastycznie spadła liczba kandydatów na jedno miejsce na studiach stacjonarnych I stopnia. Główną przyczyną tego zjawiska jest niż demograficzny w powiązaniu z utrzymywaniem mechanizmów finansowania szkolnictwa wyższego, wprowadzonych przed dwudziestoma laty w celu radykalnego wskaźnika skolaryzacji. W drugiej połowie dekady wyraźnie spadło także zainteresowanie odpłatnymi formami studiów: studiami anglojęzycznymi i niestacjonarnymi I stopnia. Następstwem tych zjawisk jest zmniejszenie się ogólnej liczby studentów z około 4000 do około 3500.

W ciągu minionej dekady środowisko studentów Wydziału, głównie przez swoich przedstawicieli w Wydziałowej Radzie Samorządu Studenckiego, podjęło wiele inicjatyw integracyjnych. Przykładem mogą być próby wskrzeszenia tradycji masowych rajdów i egzotycznych wypraw (Alpy, Grecja, Rumunia, Chiny). Innym przykładem może być uruchomiona w 2004 roku internetowa lista dyskusyjna *elka-info*, która dzisiaj skupia ponad 1000 studentów. Zapewne wyróżniająca się na tle Uczelni aktywność samorządu studenckiego WEiTI umożliwiła dwóm jego przedstawicielom, Przemysławowi Pisarkowi i Maciejowi Różackiemu, objęcie funkcji Przewodniczącego Parlamentu Studentów Politechniki Warszawskiej — w roku 2004 i 2005, odpowiednio.

Dekada 2001–2010 była okresem intensywnej modernizacji infrastruktury Wydziału (por. tablica A.9). Było to możliwe dzięki zwiększeniu przychodów Wydziału o około 114% przy wzroście kosztów o około 75% (por. tablica A.10). Głównym źródłem wzrostu przychodów Wydziału po 2004 roku stały się fundusze unijne.

PRASA PISZE O WYDZIALE

W latach 2001–2008 prasa pisała o Wydziale niewiele, ale na ogół pozytywnie. Kilka wzmianek prasowych zasługuje na przypomnienie w tym miejscu.

W 2005 roku dziennik *Rzeczpospolita* doniósł buńczucznie, że *Polska Telefonii Cyfrowa Era oraz Politechnika Warszawska będą decydowały o tym, jak wydawane są pieniądze Brukseli na innowacje*³⁹. Była to zapowiedź tworzenia konsorcjów przemysłowo-badawczych, które miałyby wskazywać przyszłościowe technologie i określać sposoby wykorzystania unijnych pieniędzy na badania ich dotyczące. Zgromadzenie ogólne konsorcjum eMobility, zajmującego się technologiami w dziedzinie telekomunikacji, zdecydowało, że w skład jego komitetu sterującego wejdzie Instytut Telekomunikacji z WEiTI PW oraz operator sieci komórkowej Era — Polska Telefonii Cyfrowa.

Na początku 2007 roku dziennik *Gazeta Wyborcza* zajął się przeglądem studiów internetowych w Polsce⁴⁰. Wśród najstarszych inicjatyw w tym zakresie opisane tam zostały prowadzone przez Ośrodek Kształcenia na Odległość (OKNO) na Politechnice Warszawskiej czteroletnie studia inżynierskie na kierunku Informatyka (Wydział Elektryczny), na kierunku Elektronika i Telekomunikacja (Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych) oraz na kierunku Mechatronika (Wydział Mechatroniki), a także dwuletnie studia magisterskie na kierunku Informatyka (Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych).

W 2008 roku dziennik *Rzeczpospolita* poświęcił obszerny artykuł⁴¹ podsumowaniu wyników badań, przeprowadzonych wśród pracodawców przez Polskie Stowarzyszenie Zarządzania Kadrami, mających na celu identyfikację uczelni i ich jednostek dających największe szanse na „wymarzoną pracę”. W badaniach tych wzięło udział ponad 340 dyrektorów personalnych i specjalistów zajmujących się rekrutacją w największych polskich firmach. Najwyżej w rankingu wśród uczelni publicznych znalazł się Uniwersytet Warszawski, a ściślej cztery jego wydziały: Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki, Wydział Pedagogiczny, Wydział Psychologii oraz Wydział Filozofii i Socjologii. W czołówce znalazł się też Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej.

W „Poradniku Maturzysty 2009”, opublikowanym przez tygodnik *Polityka*⁴², znalazły się fragmenty rozmowy z Dziekanem WEiTI, Bogdanem Galwasem. Komentując wymagania stawiane chętnym do studiowania informatyki, powiedział on między innymi: *Nauka informatyki nie kończy się na magisterium, ale trwa przez całe życie. Statystycznie wiedza z tej dziedziny podwaja się co pięć lat. (...) W tej chwili informatycy są potrzebni w każdym biurze i zakładzie pracy, a według badań połowa Polaków ma własny komputer — zajęcia dla informatyków więc na razie nie zabraknie.*

W 2009 roku dziennik *Rzeczpospolita* doniósł, że firma Plum wprowadziła na rynek ciepłowniczy nowy regulator EkoMax PID, który steruje pracą kotłów retortowych⁴³. Dzięki temu urządzeniu paliwo (np. węgiel) jest efektywniej wykorzystywane w procesie spalania, co daje do 30% oszczędności w jego zużyciu. Ponadto regulator, utrzymując odpowiednie parametry pracy kotła, sprawia, że proces erozji kotłów jest powolniejszy, a tym samym mogą być one dłużej eksploatowane. W wyniku realizacji projektu w przedsiębiorstwie powstało Laboratorium Techniki Grzewczej, które współpracuje z Instytutem Automatyki i Informatyki Stosowanej z WEiTI PW w zakresie projektowania nowoczesnych algorytmów automatyki grzewczej, przeznaczonych do regulatorów następnej generacji.

³⁹ „Większe nakłady na badania i rozwój europejskich przedsiębiorstw”, *Rzeczpospolita*, 20 grudnia 2005 roku.

⁴⁰ „Studia internetowe: popularne i bez przepisów”, *Gazeta Wyborcza*, 7 stycznia 2007 roku, <http://gospodarka.gazeta.pl/gospodarka/1,33181,3833933.html> [2011.03.21].

⁴¹ P. Głaczowska, „Nasz uniwersytet — klucz do kariery”, *Rzeczpospolita*, 28 kwietnia 2008 roku.

⁴² „Poradnik Maturzysty”, *Polityka*, nr 36 z dnia 6 września 2008 roku, <http://archiwum.polityka.pl/art/przeczytaj-pomysl-wyberz,355514.html> [2011.01.12].

⁴³ „Plum miał taki pomysł”, *Rzeczpospolita*, 31 czerwca 2009 roku.

WYDZIAŁ NA TLE UCZELNI⁴⁴

Potencjał kadrowy WEiTI, mierzony liczbą obsadzonych etatów nauczycieli akademickich (306 według stanu na dzień 31 grudnia 2009 roku), stanowił około 13,1% potencjału kadrowego Politechniki Warszawskiej⁴⁵. Do tego wskaźnika należy odnosić charakterystyki udziału WEiTI w różnych rodzajach działalności Uczelni.

W roku akademickim 2009/2010 na WEiTI studiowało 3436 studentów (około 10,8% ogółu studentów PW) oraz 195 doktorantów (około 20,6% ogółu doktorantów PW), z czego na stacjonarnych studiach I i II stopnia na WEiTI zarejestrowanych było 2971 studentów (około 12,5% stacjonarnych studentów PW), a na stacjonarnych studiach doktoranckich 194 (około 21,5% stacjonarnych doktorantów PW)⁴⁶.

W roku akademickim 2009/2010 dyplomy ukończenia studiów I lub II stopnia na WEiTI uzyskało 645 absolwentów (około 14,1% ogółu absolwentów PW)⁴⁷; stopień doktora nauk technicznych — 36 osób (około 25,2% wszystkich stopni doktora nadanych na PW)⁴⁸.

W roku akademickim 2009/2010 na studia doktoranckie, prowadzone przez Politechnikę Warszawską, przyjęto 280 osób, czyli o blisko 50% więcej niż w roku poprzednim; tym samym odwrócona została tendencja spadkowa, jaka się zarysowała dwa i trzy lata wcześniej⁴⁹. Na WEiTI w roku akademickim 2009/2010 studia doktoranckie rozpoczęło 35 osób, czyli tylko o 9,4% więcej niż w roku poprzednim.

W roku akademickim 2009/2010 rozszerzeniu uległa oferta kształcenia w języku angielskim. W ramach realizacji Programu Rozwojowego Politechniki Warszawskiej zostały wówczas uruchomione studia I stopnia na siedmiu nowych kierunkach i studia II stopnia na trzech⁵⁰. W konsekwencji studia w języku angielskim były prowadzone przez dziewięć wydziałów Politechniki Warszawskiej na 11 kierunkach i na jednym makrokierunku⁵¹. Na studiach I stopnia studiowało 583 studentów (w tym 134 obcokrajowców), na studiach II stopnia 254 studentów (w tym 119 obcokrajowców) — łącznie 837 studentów (w tym 253 obcokrajowców)⁵². Odpowiednie liczby dla WEiTI (makrokierunek **Electrical and Computer Engineering**) były następujące: 168 (41) i 35 (4) — łącznie 203 (45)⁵³.

W roku akademickim 2009/2010 stypendium socjalne otrzymywało nieco ponad 10% studentów WEiTI, podczas gdy średnio na Politechnice Warszawskiej — 15%; wskaźnik ten był niższy tylko na Wydziale Architektury (około 5%), a najwyższy (około 42%) w Kolegium Nauk Ekonomicznych i Społecznych. Stypendium za wyniki w nauce otrzymywało natomiast około 11% studentów WEiTI, podczas gdy wartość średnia tego wskaźnika dla Politechniki Warszawskiej wynosiła 9%⁵⁴.

W 2009 roku Politechnika Warszawska otrzymała dotacje z budżetu państwa w następujących wysokościach: na działalność dydaktyczną — 301,3 mln zł, na działalność statutową — 62,1 mln zł, na badania własne — 3,3 mln zł⁵⁵. Odpowiednie liczby dla WEiTI były następujące: 39,7 mln zł (39,7% dotacji uczelnianej na działalność dydaktyczną), 13,4 mln zł (21,7% dotacji uczelnianej na działalność statutową) oraz 0,37 mln zł (12,5% dotacji uczelnianej na badania własne).

⁴⁴ Ze względu na brak sprawozdania z działalności Politechniki Warszawskiej w roku akademickim 2010/2011 w chwili zakończenia redakcji tego eseju wykorzystane zostały w tym punkcie dane ze sprawozdania za rok 2009/2010.

⁴⁵ *Sprawozdanie Rektora z działalności Politechniki Warszawskiej w okresie: 1.09.2009–31.08.2010* (dokument przedstawiony na posiedzeniu Senatu w dniu 29 września 2010 roku), s. 43.

⁴⁶ *Ibid.*, ss. 98–99, 104.

⁴⁷ *Ibid.*, s. 106.

⁴⁸ *Ibid.*, s. 131.

⁴⁹ *Ibid.*, s. 6.

⁵⁰ *Ibid.*, s. 7.

⁵¹ *Ibid.*, s. 94.

⁵² *Ibid.*, s. 94.

⁵³ *Ibid.*, s. 95.

⁵⁴ *Ibid.*, s. 59.

⁵⁵ *Ibid.*, s. 35.

W 2009 roku średnie wynagrodzenie nauczyciela akademickiego Politechniki Warszawskiej stanowiło 220% średniej krajowej⁵⁶, a średnie wynagrodzenie nauczyciela akademickiego WEiTI — 224%.

Na 10 Uczelnianych Programów Badawczych, realizowanych w 2010 roku, WEiTI koordynował cztery, a uczestniczył w sześciu⁵⁷. W ramach 7. Programu Ramowego UE WEiTI uzyskał dofinansowanie w wysokości 2,42 mln Euro (około 34,6% kwoty dofinansowania PW)⁵⁸. Udział WEiTI w publikacjach naukowych PW wyniósł około 20,9%.

W roku akademickim 2009/2010: 303 pracowników, doktorantów i studentów WEiTI zrealizowało 520 wyjazdów zagranicznych, co stanowiło 18,0% i 19,6% odpowiednich wskaźników dla całej Uczelni⁵⁹.

Poniesione przez WEiTI w 2009 roku nakłady na inwestycje aparaturowe wyniosły 724 054 zł, co stanowiło zaledwie 5,85% kwoty wydatkowanej na ten cel przez całą Uczelnię⁶⁰. Podobnie wydatki WEiTI na utrzymanie bibliotek wyniosły zaledwie 14,7% wydatków poniesionych na ten cel przez wszystkie wydziały Politechniki Warszawskiej (bez Biblioteki Głównej) i 0,73% wydatków Uczelni na utrzymanie Biblioteki Głównej⁶¹.

WCZORAJ, DZIŚ I JUTRO WYDZIAŁU

Jubileusz sześćdziesięciolecia Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych jest okazją do refleksji na temat historycznego i przyszłego rozwoju elektroniki i technik informatycznych oraz ewolucji roli tych dziedzin inżynierii w życiu społecznym i gospodarczym. Refleksję taką w odniesieniu do działalności edukacyjnej i naukowej Wydziału znajdzie Czytelnik w następujących esejach. Tu ograniczymy się do kilku uwag ogólnych.

Wszechobecność elektroniki i technik informatycznych w produktach wszelkiej inżynierii i kultury sprawia, że nauczyciele akademicki, studenci i absolwenci WEiTI muszą być otwarci na dialog ze specjalistami od nauk oraz technologii i sztuk wszelakich, w tym także — na dialog z biznesmenami, menedżerami i administratorami. Zdawali sobie z tego sprawę twórcy Wydziału, a ich następcy przez ponad pół wieku niezmiernym staraniem i codzienną pracą przyczyniali się do tworzenia warunków dla owego dialogu: przesłanek edukacyjnych, naukowych i organizacyjnych. Składamy im dzisiaj hołd, doceniamy ich mądrość i dalekowzroczność, dziękujemy za ich wkład w rozwój Wydziału. Ale też zwracamy się z pełną nadzieją zachętą do przedstawicieli młodszego pokolenia nauczycieli akademickich Wydziału, aby — mimo przeciwności losu — pracowali na rzecz jego rozkwitu — swym codziennym trudem nadawali wciąż nowy sens racji jego istnienia. To dzięki nim nasz Wydział może być wiecznie młody i zorientowany ku przyszłości. To zadanie nigdy nie było i nigdy nie będzie łatwe, bo — jak to ujął Bertrand Russel — *Naukowcy usiłują przekształcać to co niemożliwe — w możliwe; politycy zaś często chcą przekształcać to co możliwe — w niemożliwe*. Niestety, spostrzeżenie to pozostaje aktualne także dzisiaj, po 22 latach transformacji ustrojowej Polski...

⁵⁶ *Ibid.*, s. 44.

⁵⁶ *Ibid.*, s. 44.

⁵⁷ *Ibid.*, s. 118.

⁵⁸ *Ibid.*, s. 151.

⁵⁹ *Ibid.*, s. 164.

⁶⁰ *Ibid.*, s. 168.

⁶¹ *Ibid.*, s. 172.

Aneks

LICZBY I FAKTY

Tablica A.1

Kierownictwo Wydziału i instytutów wydziałowych w latach 2001–2011

Funkcja	2001–2002	2002–2005	2005–2008	2008–2011
Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych				
Dziekan	Roman Z. Morawski	Józef Lubacz	Bogdan Galwas	Jan Szmidt
Prodziekani	Sławomir Kula Bogdan Majkusiak Zdzisław Mączyński Dariusz Turlej	Zbigniew Gajo Jan Szmidt Dariusz Turlej Cezary Zieliński	Marzena Kryszkiewicz Roman Szabatin Wiesław Winięcki	Mieczysław Muraszkiewicz Roman Szabatin Dariusz Turlej
Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej				
Dyrektor	Piotr Tatjewski	Piotr Tatjewski	Piotr Tatjewski	Piotr Tatjewski
Zastępcy Dyrektora	Andrzej Pacut Jerzy Paczyński	Andrzej Pacut Jerzy Paczyński	Tomasz Traczyk Cezary Zieliński	Włodzimierz Ogryczak Tomasz Traczyk
Instytut Informatyki				
Dyrektor	Janusz Sosnowski	Janusz Sosnowski	Janusz Sosnowski	Henryk Rybiński
Zastępcy Dyrektora	Henryk Dobrowolski Piotr Parewicz	Henryk Dobrowolski Piotr Parewicz	Henryk Dobrowolski Janusz Rzeszut	Piotr Gawrysiak Rajmund Kożuszek
Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki				
Dyrektor	Andrzej Pfizner	Andrzej Pfizner (do 31.08.2004)	Andrzej Jakubowski	Paweł Szczepański
Zastępcy Dyrektora	Elżbieta Piwowarska Andrzej Śmiech Piotr Szwemin	Andrzej Jakubowski (od 1.09.2004) Elżbieta Piwowarska Andrzej Śmiech Piotr Szwemin	Lidia Łukasiak Paweł Szczepański	Lidia Łukasiak Ryszard Piramidowicz
Instytut Radioelektroniki				
Dyrektor	Józef Modelski	Józef Modelski	Józef Modelski	Józef Modelski
Zastępcy Dyrektora	Piotr Brzeski Maciej Konwicky Krzysztof Zaremba	Piotr Brzeski Maciej Konwicky Krzysztof Zaremba	Piotr Brzeski Janusz Marzec	Piotr Brzeski Wiesław Winięcki
Instytut Systemów Elektronicznych				
Dyrektor	Janusz Dobrowolski	Janusz Dobrowolski	Jerzy Szabatin	Jerzy Szabatin
Zastępcy Dyrektora	Jan Bober Barbara Krawczyńska Grzegorz Pankanin	Jan Bober Barbara Krawczyńska Grzegorz Pankanin	Barbara Krawczyńska Ryszard Romaniuk Tomasz Starecki	Zbigniew Gajo (od 15.02.2010) Barbara Krawczyńska Ryszard Romaniuk Tomasz Starecki (do 14.02.2010)
Instytut Telekomunikacji				
Dyrektor	Władysław Majewski	Andrzej Dąbrowski	Andrzej Dąbrowski	Józef Lubacz
Zastępcy Dyrektora	Cezary Dreger Wojciech Palatyński Jerzy Siuzdak	Wojciech Burakowski Cezary Dreger Wojciech Palatyński	Wojciech Burakowski Wojciech Palatyński Miroslaw Słomiński	Wojciech Burakowski Sławomir Kula Miroslaw Słomiński

Tablica A.2

Struktura wiekowa nauczycieli akademickich w 2001 i 2010 roku (w etatach)

	Rok	Wiek										Łącznie
		20–25	26–30	31–35	36–40	41–45	46–50	51–55	56–60	61–65	65–	
Profesorowie zwyczajni	2001	0	0	0	0	0	0	1,00	3,00	5,50	6,50	16,00
	2010	0	0	0	0	0	0	1,00	4,00	12,00	6,00	23,00
Profesorowie nadzwyczajni	2001	0	0	0	1,00	2,00	11,00	19,75	19,75	3,00	1,00	42,75
	2010	0	0	0	0	2,00	3,00	7,00	17,00	7,00	5,25	41,25
Adiunkci ze stopniem dr. hab.	2001	0	0	0	0	1,00	2,00	1,00	0	0	0	4,00
	2010	0	0	0	1,00	1,00	3,00	1,00	2,50	1,00	1,00	10,50
Adiunkci ze stopniem dr.	2001	0	5,00	25,50	25,50	26,75	22,00	25,25	20,50	21,00	0	171,50
	2010	0	7,65	35,85	37,00	25,00	22,00	15,90	14,50	13,35	4,50	175,75
Docenci	2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2010	0	0	0	0	0	1,00	2,00	2,00	6,00	1,83	12,83
Starsi wykładowcy	2001	0	0	0,90	3,00	4,90	4,00	6,83	5,50	5,50	0	30,63
	2010	0	0	0	1,00	6,50	5,00	6,00	4,00	6,00	3,50	32,00
Wykładowcy	2001	0	0	2,38	0,50	1,00	0	0	1,00	0	0	4,88
	2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asystenci	2001	0	10,00	11,50	0	0	0	0	0	0	0	21,50
	2010	1,4	12,15	9,30	0	0	0	0	0	0	0	22,85
Łącznie	2001	0	15,00	40,28	30,00	35,65	39,00	53,83	35,00	35,00	7,50	291,26
	2010	1,4	19,80	45,15	39,00	34,50	34,00	32,90	44,00	45,35	22,08	318,18

Tablica A.3

Zakłady i samodzielne pracownie w latach 2001–2010

Stan w 2001 roku	Zmiany w latach 2002–2009	Stan w 2010 roku
Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej		
Zakład Badań Operacyjnych i Systemów Zarządzania	Zakład Badań Operacyjnych i Systemowych od 27.02.2008	Zakład Badań Operacyjnych i Systemowych
Zakład Optymalizacji i Wspomagania Decyzji	Zakład Optymalizacji i Wspomagania Decyzji do 26.02.2008	
Zakład Sterowania i Systemów	Zakład Sterowania i Systemów od 29.03.2006	Zakład Sterowania i Systemów
	Zakład Automatyki i Inżynierii Oprogramowania od 29.03.2006	Zakład Automatyki i Inżynierii Oprogramowania
Instytut Informatyki		
Zakład Grafiki Komputerowej		Zakład Grafiki Komputerowej
Zakład Oprogramowania i Architektury Komputerów		Zakład Oprogramowania i Architektury Komputerów
Zakład Systemów Informacyjnych		Zakład Systemów Informacyjnych

Zakłady i samodzielne pracownie w latach 2001–2010

Stan w 2001 roku	Zmiany w latach 2002–2009	Stan w 2010 roku
Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki		
Zakład Elektroniki i Fotoniki Mikrofalowej		Zakład Elektroniki i Fotoniki Mikrofalowej
Zakład Metod Projektowania w Mikroelektronice		Zakład Metod Projektowania w Mikroelektronice
Zakład Optoelektroniki		Zakład Optoelektroniki
Zakład Przetwarzania Obrazu	Zakład Przetwarzania Obrazu do 26.02.2008	
Zakład Przyrządów Mikroelektroniki i Nanoelektroniki		Zakład Przyrządów Mikroelektroniki i Nanoelektroniki
Zakład Układów Optoelektronicznych i Hybrydowych	Zakład Układów Optoelektronicznych i Hybrydowych do 28.03.2006	
Pracownia Charakteryzacji Materiałów Elektronicznych	Pracownia Charakteryzacji Materiałów Elektronicznych do 24.11.2005	
Pracownia Techniki Próżni	Pracownia Techniki Próżni do 24.11.2005	
	Zakład Technologii Mikrosystemów i Materiałów Elektronicznych od 05.06.2006	Zakład Technologii Mikrosystemów i Materiałów Elektronicznych
Instytut Radioelektroniki		
Zakład Elektroakustyki		Zakład Elektroakustyki
Zakład Elektroniki Jądrowej i Medycznej		Zakład Elektroniki Jądrowej i Medycznej
Zakład Radiokomunikacji		Zakład Radiokomunikacji
Zakład Techniki Mikrofalowej i Radiolokacyjnej		Zakład Techniki Mikrofalowej i Radiolokacyjnej
Zakład Telewizji		Zakład Telewizji
Zakład Urządzeń Radiotechnicznych	Zakład Urządzeń Radiotechnicznych do 30.09.2004	
	Pracownia Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów Pomiarowych od 01.10.2004 do 28.12.2006	
Instytut Systemów Elektronicznych		
Zakład Miernictwa i Optoelektroniki	Zakład Systemów Pomiarowych i Optoelektroniki od 29.04.2003	
	Zakład Mikrosystemów i Systemów Pomiarowych od 23.03.2006	Zakład Mikrosystemów i Systemów Pomiarowych
Zakład Teorii Obwodów i Sygnałów	Zakład Teorii Obwodów i Sygnałów	Zakład Teorii Obwodów i Sygnałów
Zakład Układów i Aparatury Mikrofalowej	Zakład Układów i Aparatury Mikrofalowej	Zakład Układów i Aparatury Mikrofalowej
Zakład Układów i Systemów Elektronicznych	Zakład Układów i Systemów Elektronicznych	Zakład Układów i Systemów Elektronicznych
Samodzielna Pracownia Sztucznej Inteligencji	Zakład Sztucznej Inteligencji od 28.03.2006	Zakład Sztucznej Inteligencji
Instytut Telekomunikacji		
Zakład Podstaw Telekomunikacji		Zakład Podstaw Telekomunikacji
Zakład Systemów Mikrofalowych i Optoelektrycznych		Zakład Systemów Mikrofalowych i Optoelektrycznych
Zakład Systemów Teletransmisyjnych		Zakład Systemów Teletransmisyjnych
Zakład Teleinformatyki i Telekomutacji		Zakład Teleinformatyki i Telekomutacji

Tablica A.4

**Liczba stopni naukowych, nadanych przez Radę Wydziału,
i tytułów naukowych, nadanych na wniosek Rady Wydziału,
uśredniona za lata 1999–2001 (kolumna „2001”) i lata 2008–2010 (kolumna „2010”)**

Stopień naukowy lub tytuł	2001	2010
doktor	19,33	28,67
doktor habilitowany	4,67	2,67
profesor	1,67	1,33

Tablica A.5

**Dorobek naukowy, uśredniony za lata 1999–2001
(kolumna „2001”) i lata 2008–2010 (kolumna „2010”)**

Dorobek naukowy		2001	2010
Książki (w tym rozprawy habilitacyjne)		27	18
Rozdziały w książkach		28	85
Artykuły w czasopismach	ogółem	187	416
	Referaty w materiałach konferencyjnych		
	ogółem	381	256
	krajowych	174	60
	międzynarodowych	206	197
	Przyznane patenty		
	ogółem	3	4
	krajowe	2	2
	międzynarodowe	1	1
Przyznane granty KBN, MEiN, MNiSW, NCBiR		29	28
Nowe prace umowne i projekty		34	40



Tablica A.6

**Współpraca Wydziału z podmiotami zewnętrznymi, nawiązana w latach 2001–2011
na podstawie umów, porozumień, protokołów i listów intencyjnych**

(znaczenie akronimów: WN = współpraca naukowa, WE = współpraca edukacyjna; WT = współpraca techniczna;
PW = Politechnika Warszawska; WEiTI = Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych)

Partner	Formalna podstawa współpracy	Obszary współpracy
2001		
École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne-Brest, Francja Institut National des Télécommunications, Evry, Francja	umowa zawarta przez PW	WN & WE: staże studentów polskich w uczelniach francuskich, służące realizacji części ich prac dyplomowych
Katholieke Universiteit Leuven (Departement Elektrotechniek), Belgia	umowa zawarta przez PW	WE: wymiana studentów w ramach programu Erasmus
Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego	porozumienie zawarte przez WEiTI	WN: specjalizowane układy i systemy w eksperymencie CMS
Przemysłowy Instytut Telekomunikacji, Warszawa	umowa zawarta przez WEiTI	WN: analiza symulacyjna algorytmów przetwarzania sygnałów w bloku BPZ-800
Deutsches Elektronen Synchrotron (DESY), Niemcy	umowa zawarta przez WEiTI	WN & WE: wymiana studentów i doktorantów w ramach programu TESLA
University of Ferrara (Departament of Audiology), Włochy	umowa zawarta przez WEiTI	WN: analiza sygnału emisji otoakustycznej wywołanej trzaskiem
ZWUT Siemens S.A., Warszawa	porozumienie zawarte przez Instytut Telekomunikacji	WK: kształcenie i doskonalenie zawodowe, realizowane w ramach działalności Centrum Informatyzacji i Szkolenia ZWUT S.A.
Politechnika Lwowska, Ukraina	porozumienie zawarte przez PW w ramach umowy międzyrządowej	WN: metody projektowania inteligentnych anten radiolokacyjnych
Szwedzki Instytut Żywności, Szwecja Personal Chemistry AB, Szwecja	porozumienie zawarte przez konsorcjum z udziałem PW w ramach projektu EUREKA No 2602	WN: mikrofalowe rozmrażanie i grzanie żywności
Technical University of Graz (Institute of Biomedical Engineering), Austria Katholieke Universiteit (Laboratory for Medical Imaging Research), Leuven, Belgia Universita Degli Studi Di Roma „La Sapienza” (Istituto di Radiologia), Włochy	porozumienie zawarte przez konsorcjum z udziałem PW w ramach projektu EUREKA No 2427	WN: monitorowanie perfuzji podczas zabiegów chirurgicznych i farmakologicznych
Ohio University (School of Electrical Engineering and Computer Science), USA	umowa zawarta przez PW	WN: diagnostyka układów analogowych i mieszanych
Zjednoczony Instytut Badań Jądrowych w Dubnej, Rosja	protokół podpisany przez PW w ramach umowy międzyrządowej	WN: bezfilmowy odczyt danych o torach cząstek z komory strimerowej
Ukraińska Akademia Nauk (Instytut Stosowanych Metod Matematyki i Mechaniki), Ukraina	umowa zawarta przez PW	WN: metody projektowania anten
University of West Bohemia, Czechy	porozumienie zawarte przez PW w ramach umowy międzyrządowej	WN: metody projektowania anten rezonatorowych bardzo wielkiej częstotliwości
Technical University of Graz (Institute of Biomedical Engineering), Austria	porozumienie zawarte przez konsorcjum z udziałem PW w ramach programu TEMPUS	WN: metody przetwarzania danych medycznych
Uniwersytet Lwowski (im. I. Franko), Ukraina	umowa zawarta przez PW	WN: diagnostyka <i>on-line</i> systemów multidyscyplinarnych
Arris Interactive LLC, USA	umowa zawarta przez PW	WN: moduł wideo w domowej platformie multimedialnej i zintegrowana kontrola sieci urządzeń domowych

Tablica A.6 — cd.

**Współpraca Wydziału z podmiotami zewnętrznymi, nawiązana w latach 2001–2011
na podstawie umów, porozumień, protokołów i listów intencyjnych**

(znaczenie akronimów: WN = współpraca naukowa, WE = współpraca edukacyjna; WT = współpraca techniczna;
PW = Politechnika Warszawska; WEiTI = Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych)

Partner	Formalna podstawa współpracy	Obszary współpracy
2002		
Slovak University of Technology in Bratislava, Słowacja	umowa zawarta przez PW	WN: metody projektowania układów scalonych
Politechnika Łódzka (Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych)	umowa zawarta przez WEiTI	WT: opracowanie strony internetowej dla potrzeb projektu SEWING
Universidad Politecnica De Valencia (Esti Telecomunicacion), Hiszpania	umowa zawarta przez WEiTI	WE: wymiana nauczycieli akademickich i studentów w ramach programu <i>Socrates/Erasmus</i>
Manchester Institute of Technology, Wielka Brytania	umowa zawarta przez PW w ramach <i>British-Polish Research Partnership Programme</i>	WN: tomografia elektryczna oraz zastosowanie tomografii procesowej w medycynie i przemyśle
Uniwersytet w Graz, Austria Akademia Medyczna, Warszawa Centrum Medyczne Kształcenia Podyplomowego, Warszawa Instytut Techniki i Aparatury Medycznej, Zabrze	porozumienie zawarte przez konsorcjum z udziałem PW w ramach projektu EUREKA 2427-PERMON	WN: monitorowanie perfuzji podczas zabiegów chirurgicznych i farmakologicznych
2003		
Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa	umowa zawarta przez Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej	WN: ocena jakości oprogramowania IACS
Energopject Consulting S.A. (EPC S.A.)	umowa zawarta przez Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej	WT: oceny funkcjonowania rynku energii elektrycznej
NASK, Warszawa	porozumienie zawarte przez Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej	WN: utworzenie wspólnego laboratorium biometrii
Przemysłowy Instytut Telekomunikacji, Warszawa	umowa zawarta przez WEiTI	WN: rozróżnialność azymutalna obrazów radarowych typu SAR
University of Surrey, Wielka Brytania	umowa zawarta przez PW w ramach PR6	WN: stworzenie sieci doskonałości VISNET, badania multimedialnych systemów hybrydowych
ITAM, Gliwice Kaunas Medical University (Cardiovascular Clinic/Vascular Surgery Department), Litwania	porozumienie zawarte przez konsorcjum z udziałem PW w ramach projektu EUREKA-CAVASCREEN	WN: badania przesiewowe układu sercowo-naczyniowego, oparte na wieloparametrowej analizie hemodynamiki serca i perfuzji naczyniowej w wybranych obszarach ciała
Centre de Recherche et d'Applications en Traitement de l'Image et du Signal CREATIS, Francja	umowa zawarta przez PW w ramach programu POLONIUM 2003	WN: obrazowanie przepływu krwi na podstawie trójwymiarowego obrazu naczyń krwionośnych
2004		
North China University of Technology, Chiny	umowa zawarta przez PW	WE: wymiana studentów i kadry akademickiej
Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa	list intencyjny	WN & WE: zastosowanie techniki rezonansu magnetycznego (MRI) do identyfikacji i wczesnej diagnostyki procesów chorobowych
Uniwersytet Medyczny (Zakład Diagnostyki Audiologicznej i Elektrofizjologicznej katedry Chirurgii Głowy i Szyi), Łódź	porozumienie zawarte przez WEiTI	WN: ekspresja mowy u osób po laryngektomii

**Współpraca Wydziału z podmiotami zewnętrznymi, nawiązana w latach 2001–2011
na podstawie umów, porozumień, protokołów i listów intencyjnych**

(znaczenie akronimów: WN = współpraca naukowa, WE = współpraca edukacyjna; WT = współpraca techniczna;
PW = Politechnika Warszawska; WEiTI = Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych)

Partner	Formalna podstawa współpracy	Obszary współpracy
2004 — cd.		
Polska Akademia Nauk (Centrum Fizyki Teoretycznej) Uniwersytet Warszawski (Instytut Fizyki Doświadczalnej) Instytut Problemów Jądrowych, Świerk	porozumienie zawarte przez WEiTI	WN: budowa wspólnego systemu wykrywania i obserwacji szybkozmiennych zjawisk kosmicznych
Szkoła Główna Handlowa (Katedra Informatyki Gospodarczej), Warszawa	porozumienie zawarte przez WEiTI	WN: opracowanie koncepcji i narzędzi technik informatycznych dla potrzeb gospodarczych
Akademia Medyczna (Zakład Chirurgii Stomatologicznej Instytutu Stomatologicznego), Warszawa	porozumienie zawarte przez WEiTI	WN: opracowanie systemu wspomagania diagnoz opartych na obrazie radiologicznym
Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej, Warszawa	umowa zawarta przez WEiTI	WT: dofinansowanie programu MILAB
Deutsches Elektronen Synchrotron (DESY), Niemcy	umowa zawarta przez WEiTI	WT: techniczna infrastruktura przedsięwzięć badawczych
Forschungszentrum Telekommunikation Wien, Austria	umowa zawarta przez IR w ramach PR6	WT: techniczna infrastruktura przedsięwzięć badawczych
2005		
University of Crete, Grecja University of New Brunswick, Kanada Dalhousie University, Kanada York University, Kanada Bonn–Rhein–Sieg University of Applied Sciences, Niemcy	umowa zawarta przez PW	WE: wymiana studentów i kadry akademickiej
Mitsubishi Electric Information Technology, Wielka Brytania	umowa zawarta przez PW	WN: zaawansowane metody przetwarzania i wizualizacji obrazów
Politechnika w Tallinie, Estonia	umowa zawarta przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki PW za pośrednictwem Polskiej Akademii Nauk	WN: metody projektowania testowych układów scalonych
Politechnika Słowacka w Bratysławie, Słowacja	umowa zawarta przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki PW za pośrednictwem Polskiej Akademii Nauk	WN: metody projektowania testowych układów scalonych
France Telecom, Francja	umowa zawarta przez PW	WN: pasywne sieci optyczne ze światłowodami wielomodowymi dla zastosowań domowych i biznesowych
France Telecom, Francja	umowa zawarta przez PW	WN: sieci telekomunikacyjne z mechanizmami samoorganizacji
Dassault Aviation, Francja	porozumienie zawarte przez konsorcjum z udziałem PW w ramach PR6	WN: metody i techniki bezprzewodowego zbierania danych
2006		
TESLA Technology Collaboration, Niemcy	umowa zawarta przez PW	WN: rozwój akceleratorów nadprzewodzących wykonanych w technologii TESLA 1,3 GHz
Universita degli Studi di Catania DIEES, Włochy	umowa zawarta przez WEiTI	WN: optymalne systemy uczące się (efektywne oprogramowanie narzędziowe i zastosowania)

Tablica A.6 — cd.

**Współpraca Wydziału z podmiotami zewnętrznymi, nawiązana w latach 2001–2011
na podstawie umów, porozumień, protokołów i listów intencyjnych**

(znaczenie akronimów: WN = współpraca naukowa, WE = współpraca edukacyjna; WT = współpraca techniczna;
PW = Politechnika Warszawska; WEiTI = Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych)

Partner	Formalna podstawa współpracy	Obszary współpracy
2006 — cd.		
Przemysłowy Instytut Telekomunikacji, Warszawa	umowa zawarta przez PW	WN: metody minimalizacji błędów określenia położenia obiektów, wykrywanych przez radar ARS-800
Agency for Science, Technology and Research A*STAR, Singapore	porozumienie zawarte przez MNiSW	WN: metody projektowania systemów DSP w strukturach FPLD
Arris Communications Ireland Ltd, Irlandia	porozumienie zawarte przez konsorcjum z udziałem PW w ramach PR6	WN: techniki transmisji danych w sieciach HFC o przepływności z przedziału od 40 Mbit/s do pojedynczych Gbit/s
Centro Ricerche Fiat Societa Consortile Per Azioni, Włochy	porozumienie zawarte przez konsorcjum z udziałem PW w ramach PR6	WN: metody projektowania pojazdów inteligentnych
IDS Ingegneria dei Sistemi Spa, Włochy, Katholieke Universiteit Leuven, Belgia (oraz ponad 20 innych jednostek naukowych z Francji, Niemiec, Szwajcarii, Szwecji, Węgier i Czech)	porozumienie zawarte przez konsorcjum z udziałem PW w ramach PR6	WN: utworzenie antenowego centrum doskonałości
France Telecom, Francja	umowa zawarta przez PW	WN: Zarządzanie wewnątrzdomenowym kierowaniem ruchu w sieci Internet
University of Surrey, Wielka Brytania	porozumienie zawarte przez PW w ramach PR6	WN: utworzenie sieci doskonałości dedykowanej rozproszonym hybrydowym systemom audiowizualnym
2007		
Berlin University of Technology, Niemcy	umowa zawarta przez PW	WN & WE: wymiana pracowników i studentów
United Nations Environment Programme UNEP in Nairobi, Kenia	umowa zawarta przez Instytut Informatyki	WN: realizacja oprogramowania do wizualizacji danych statystycznych w systemie PEARL
Inside Contactless Headquarters Francja (siedziba w Polsce: INSIDE Contactless Poland Sp. z o.o., Warszawa)	umowa zawarta przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WE: kształceniu dyplomantów w tematyce wynikającej z planów rozwojowych firmy
Twinlinx, Francja (siedziba w Polsce: Twin-teq, Warszawa)	umowa zawarta przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WE: kształceniu dyplomantów w tematyce wynikającej z planów rozwojowych firmy WN: realizacja prac badawczych o tematyce wynikającej z potrzeb firmy
Evatronix S.A., Bielska-Biała	umowa zawarta przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WE: kształceniu dyplomantów o tematyce wynikającej z planów rozwojowych firmy WN: wspólne wystąpienie o grant rozwojowy
BonMart Medical Sp. z o.o., Łomża	umowa zawarta przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WE: kształceniu dyplomantów o tematyce wynikającej z planów rozwojowych firmy
ANDRA Systemy Teleinformatyczne Sp. z o.o., Warszawa	umowa zawarta przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WE: kształceniu dyplomantów o tematyce wynikającej z planów rozwojowych firmy
Institute of International Education, Węgry	porozumienie zawarte z PW	WE: przyjęcie doktoranta na staż naukowy dotyczącego bezprzewodowych sieci telekomunikacyjnych
University of Messina, Włochy	umowa zawarta przez WEiTI	WN: metody projektowania zaawansowanych układów mikrofalowych CMOGAN

**Współpraca Wydziału z podmiotami zewnętrznymi, nawiązana w latach 2001–2011
na podstawie umów, porozumień, protokołów i listów intencyjnych**

(znaczenie akronimów: WN = współpraca naukowa, WE = współpraca edukacyjna; WT = współpraca techniczna;
PW = Politechnika Warszawska; WEiTI = Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych)

Partner	Formalna podstawa współpracy	Obszary współpracy
2008		
Xi-an Jiaotong University, Chiny	umowa zawarta przez PW	WN: metody badania materiałów elektronicznych
Kyungpook National University, Korea Płd.	umowa zawarta przez PW	WE: wymiana studentów
University of Western Australia (Faculty of Engineering, Computing and Mathematics and Faculty of Life and Physical Sciences), Australia	umowa zawarta przez WEiTI	WN: fizyka, elektronika i elektrotechnika
Berlin Institute of Technology (School of Electrical Engineering and Computer Science), Niemcy	umowa zawarta przez PW	WE: podwójne dyplomowanie na studiach II stopnia na kierunku Informatyka
PSE-Operator S.A.	umowa zawarta przez Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej	WN: wspomaganie zarządzania w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym
Wojskowy Instytut Łączności, Zegrze Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa	umowa zawarta przez konsorcjum z udziałem PW	WN: bezpieczna stacja do zastosowań specjalnych
Octagonet S.A.	umowa zawarta przez konsorcjum z udziałem PW	WN & WT: realizacja i wdrożenie systemu wspomagania decyzji handlowych na rynkach energii 8@decision
NASK Uniwersytet Warszawski	umowa zawarta przez konsorcjum z udziałem PW	WN: platforma bezpiecznej implementacji biometrii przy realizacji działań związanych z weryfikacją i identyfikacją tożsamości
Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa	umowa zawarta przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WN: nowe materiały
Instytut Mechaniki Precyzyjnej, Warszawa	umowa zawarta przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WN: nowe materiały
Liceum Ogólnokształcące nr 33 z Oddziałami Dwujęzycznymi (im. Mikołaja Kopernika), Warszawa	porozumienie zawarte przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WE: zachęcanie młodzieży do wyboru studiów inżynierskich jako drogi rozwoju kariery zawodowej
Zespół Szkół nr 37 (im. Agnieszki Osieckiej), Warszawa	porozumienie zawarte przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WE: zachęcanie młodzieży do wyboru studiów inżynierskich jako drogi rozwoju kariery zawodowej
Krajowa Izba Gospodarcza Elektroniki i Telekomunikacji	umowa zawarta przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WT: przygotowanie wniosku o dofinansowanie rozbudowy laboratoriów badawczych IMiO ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego
Instytut Technologii Elektronowej Polska Akademia Nauk (Instytut Fizyki) Politechnika Warszawska Politechnika Łódzka VIGO System S.A., Ożarów Mazowiecki	umowa zawarta przez konsorcjum z udziałem PW	WN & WT: realizacja projektu Centrum Nanofotoniki
Technikum nr 7 w Zespole Szkół (im. Inż. Stanisława Wysokiego), Warszawa	porozumienie zawarte przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WE: zachęcanie młodzieży do wyboru studiów inżynierskich jako drogi rozwoju kariery zawodowej
Liceum Ogólnokształcące nr 19 (im. Powstańców Warszawy), Warszawa	porozumienie zawarte przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WE: zachęcanie młodzieży do wyboru studiów inżynierskich jako drogi rozwoju kariery zawodowej
Przemysłowy Instytut Telekomunikacji, Warszawa	list intencyjny podpisany przez Instytut Systemów Elektronicznych	WN: przetwarzanie sygnałów w nowo opracowywanych radarach szumowych oraz w zakresie transmisji

Tablica A.6 — cd.

**Współpraca Wydziału z podmiotami zewnętrznymi, nawiązana w latach 2001–2011
na podstawie umów, porozumień, protokołów i listów intencyjnych**

(znaczenie akronimów: WN = współpraca naukowa, WE = współpraca edukacyjna; WT = współpraca techniczna;
PW = Politechnika Warszawska; WEiTI = Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych)

Partner	Formalna podstawa współpracy	Obszary współpracy
2008 — cd.		
Radwar S.A., Warszawa	list intencyjny podpisany przez Instytut Systemów Elektronicznych	WN: nowe technologie przetwarzania sygnałów radiolokacyjnych
Evatronix, Bielsko-Biała	list intencyjny podpisany przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WN: metody projektowania analogowych układów scalonych
Twinteq Sp. z o.o., Warszawa	list intencyjny podpisany przez Twinteq	WN: metody projektowania systemów i układów scalonych
Inside Contactless Poland Sp. z o.o., Warszawa	list intencyjny podpisany przez Inside Contactless Poland	WN: metody projektowania systemów i układów scalonych
MIPS Technologies Chipidea Mikroelektronika Sp. z o.o., Gdańsk	list intencyjny podpisany przez MIPS Technologies	WN: nowe technologie systemów i układów scalonych
Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych, Warszawa	list intencyjny podpisany przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WN: nowe optyczne ośrodki wzmacniające
Telekomunikacja Polska S.A.	list intencyjny podpisany przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WN: nowe rodzaje światłowodów, źródeł nadawczych i układów wzmacniających przeznaczonych do zastosowania w systemach rdzeniowych i dostępowych
Eurotek International Sp. z o.o., Warszawa	list intencyjny podpisany przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WN: mikroelektronika, nanoelektronika, optoelektronika
Galwes — Wiesław Gallewicz, Wesola	list intencyjny podpisany przez Galwes — Wiesław Gallewicz	WN: technologia mikrosystemów grubowarstwowych
Instytut Łączności, Miedzeszyn	list intencyjny podpisany przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WN & WT: nowe elementy fizyczne wchodzące w skład sieci teleinformatycznych następnych generacji
2009		
Bauman Moscow State Technical University, Rosja	umowa zawarta przez PW	WN & WE: przetwarzanie sygnałów pomiarowych
The University of Newcastle, Australia	list intencyjny podpisany przez PW	WN & WE: wymiana pracowników i studentów
Zespół Szkół Elektronicznych i Licealnych, Warszawa (ul. gen. Józefa Zajęczka)	porozumienie zawarte przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WE: zachęcanie młodzieży do wyboru studiów inżynierskich jako drogi rozwoju kariery zawodowej
Liceum Ogólnokształcące nr 26 (im. Gen. H. Jankowskiego „Kuby”), Warszawa	porozumienie zawarte przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WE: zachęcanie młodzieży wyboru studiów inżynierskich jako drogi rozwoju kariery zawodowej
Neologic Sp. z o.o., Warszawa	umowa zawarta przez konsorcjum z udziałem PW	WT: opracowanie prototypu systemu informatycznego do badania satysfakcji klienta policji i satysfakcji obywateli z pracy policji
Przemysłowy Instytut Telekomunikacji, Warszawa	umowa zawarta przez konsorcjum z udziałem PW	WT: opracowanie modułu nadawczo-odbiorczego do zastosowania w antenach aktywnych radarów wielofunkcyjnych na pasmo S
Instytut Lotnictwa, Warszawa Microtech International S.A., Wrocław	umowa zawarta przez konsorcjum z udziałem PW	WT: opracowanie autonomicznego układu antykolidyjnego, przeznaczonego do bezzałogowych środków latających

**Współpraca Wydziału z podmiotami zewnętrznymi, nawiązana w latach 2001–2011
na podstawie umów, porozumień, protokołów i listów intencyjnych**

(znaczenie akronimów: WN = współpraca naukowa, WE = współpraca edukacyjna; WT = współpraca techniczna;
PW = Politechnika Warszawska; WEiTI = Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych)

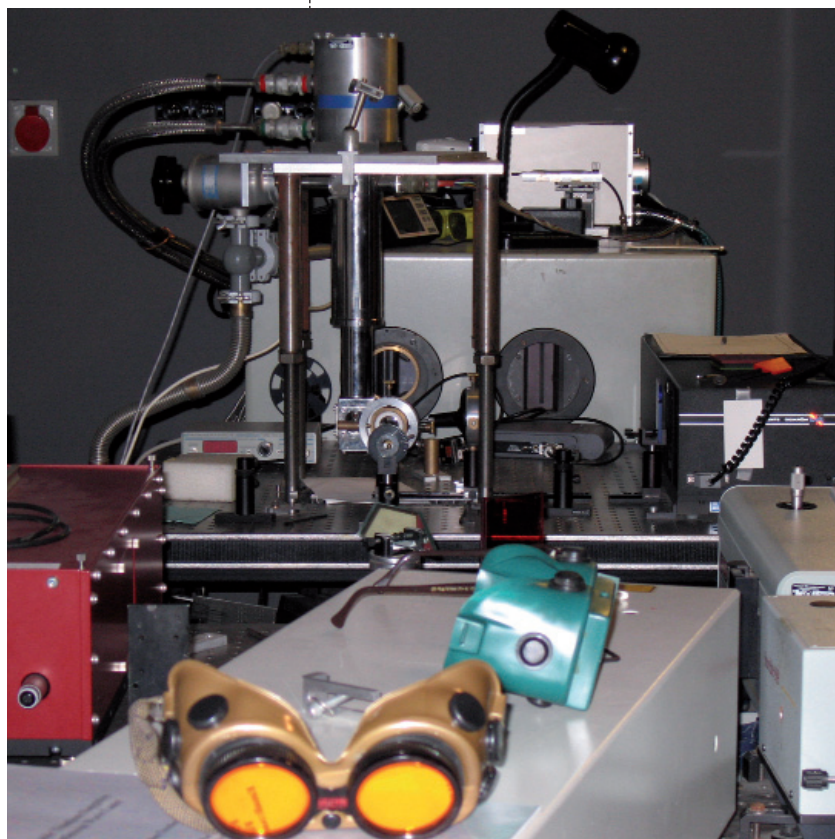
Partner	Formalna podstawa współpracy	Obszary współpracy
2009 — cd.		
Radwar S.A., Warszawa	umowa zawarta przez konsorcjum z udziałem PW	WT: opracowanie demonstratora technologii systemu antenowego z elektronicznie sterowaną wiązką wraz z systemem przetwarzania sygnałów do radaru przeciwlotniczego zestawu raketowego nowej generacji
Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa	umowa zawarta przez WEiTI	WN: inżynieria biomedyczna WE: praktyki studenckie oraz realizacja prac dyplomowych i doktorskich
Ministerstwo Gospodarki	umowa zawarta przez Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej	WT: budowa wirtualnego środowiska inkubacji przedsiębiorstw do współpracy z e-Administracją
2010		
National Aviation University, Ukraina	umowa zawarta przez PW	WN: przetwarzanie sygnałów w radarach polarymetrycznych
Universidade Nova de Lisboa (Department of Electrical Engineering, Department of Mechanical and Industrial Engineering), Portugalia	umowa zawarta przez Wydział Elektryczny PW, Wydziałem Samochodów i Maszyn Roboczych PW i WEiTI	WE: wymiana studentów i nauczycieli akademickich; realizacja prac magisterskich i doktorskich
Vilniaus kolegija (Faculty of Electronics and Informatics of), Litwa	porozumienie zawarte przez WEiTI	WN & WE: wymiana pracowników i studentów
Uniwersytet Luksemburski, Luksemburg	umowa zawarta przez PW	WE: podwójne dyplomowanie
The University of Nottingham, Wielka Brytania	porozumienie zawarte przez PW	WN & WE: wymiana pracowników i studentów
Huawei Polska Sp. z o.o., Warszawa	porozumienie zawarte przez WEiTI	WN: techniczne i społeczne zagadnienia sieci ruchomych WT: utworzenie laboratorium Huawei w pomieszczeniach WEiTI, testowanie rozwiązań telekomunikacyjnych
Samsung Poland R & D Center, Warszawa	porozumienie zawarte przez WEiTI	WN: technologie mobilne i technologie systemów wbudowanych
Telcordia Technologies, Inc., USA	porozumienie zawarte przez WEiTI za pośrednictwem: Applied Research Laboratories Sp. z o.o.	WN & WE: wspólne projekty badawcze w dziedzinie ICT oraz wymiana pracowników
Główny Urząd Miar, Warszawa	umowa zawarta przez WEiTI	WN & WE: metrologia elektryczna
Warszawski Uniwersytet Medyczny	umowa zawarta przez PW	WN & WE: wspólne kształcenie na kierunkach związanych z naukami ścisłymi, technicznymi i medycznymi WT: transfer technologii i wiedzy do przemysłu i sektora medycznego
Polska Telefonia Cyfrowa Sp. z o.o., Warszawa ZTE Poland Sp. z o.o., Warszawa	list intencyjny podpisany przez WEiTI	WN: testowanie konwergentnych multimedialnych technologii szerokopasmowych
Telekomunikacja Polska S.A.	porozumienie zawarte przez PW	WT: realizacja projektu <i>Miasteczko testowe TP S.A. w PW</i>
IBM Polska Sp. z o.o., Warszawa	umowa zawarta przez WEiTI	WT: utworzenie Uniwersyteckiego Centrum Kompetencyjnego Technologii Oprogramowania IBM na WEiTI

Tablica A.6 — cd.

**Współpraca Wydziału z podmiotami zewnętrznymi, nawiązana w latach 2001–2011
na podstawie umów, porozumień, protokołów i listów intencyjnych**

(znaczenie akronimów: WN = współpraca naukowa, WE = współpraca edukacyjna; WT = współpraca techniczna;
PW = Politechnika Warszawska; WEITI = Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych)

Partner	Formalna podstawa współpracy	Obszary współpracy
2010 — cd.		
Plum Sp. z o.o., Kleosin	umowa zawarta przez Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej	WN: systemy sterowania dla robotów edukacyjnych
InteliWISE S.A., Gdynia	umowa zawarta przez Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej	WN: metody komputerowego klasyfikowania mowy
Biuro Informatyki i Przetwarzania Informacji m. st. Warszawy	umowa zawarta przez Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej	WT: wstępna analiza portfela projektów skorelowanych z Jednolitym Systemem Podatkowym
Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Wrocław	umowa zawarta przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki	WN: metody badania materiałów luminescencyjnych
Instytut Fizyki Jądrowej, Kraków Instytut Problemów Jądrowych, Świerk Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków Politechnika Krakowska Politechnika Łódzka Politechnika Wrocławska	porozumienie zawarte przez konsorcjum z udziałem PW	WN: zastosowania akceleratorów



Tablica A.7

Wyniki rekrutacji kandydatów na studia w 2001 i 2010 roku

Liczba kandydatów	2001	2010
Studia stacjonarne I stopnia w języku polskim		
Liczba kandydatów	2780	1294
Liczba kandydatów na jedno miejsce	4,41	1,96
Liczba przyjętych,	603	631
w tym — cudzoziemców,	7	14
w tym — cudzoziemców z UE	2	1
Studia stacjonarne I stopnia w języku angielskim		
Liczba przyjętych,	47	91
w tym — cudzoziemców,	0	50
w tym — cudzoziemców z UE	0	1
Studia niestacjonarne I stopnia		
Liczba przyjętych,	328	117
w tym — cudzoziemców,	0	0
w tym — cudzoziemców z UE	0	0
Studia stacjonarne II stopnia w języku polskim		
Liczba kandydatów,	458*	402
w tym — absolwentów studiów I stopnia na WEiTI	438	371
Liczba przyjętych,	458	402
w tym — cudzoziemców,	4	4
w tym — cudzoziemców z UE	0	2
Studia stacjonarne II stopnia w języku angielskim		
Liczba kandydatów,	23	28
w tym — absolwentów studiów I stopnia na WEiTI	15	22
Liczba przyjętych,	23	28
w tym — cudzoziemców,	0	2
w tym — cudzoziemców z UE	0	0
Studia niestacjonarne II stopnia		
Liczba kandydatów,	47	48
w tym — absolwentów studiów I stopnia na WEiTI	7	17
Liczba przyjętych,	47	48
w tym — cudzoziemców,	0	0
w tym — cudzoziemców z UE	0	0
Studia stacjonarne III stopnia (doktoranckie)		
Liczba kandydatów,	70	65
w tym — absolwentów studiów II stopnia na WEiTI	60	54
Liczba przyjętych,	65	63
w tym — cudzoziemców,	0	1
w tym — cudzoziemców z UE	0	0

* Łącznie ze studentami rozpoczynającymi ostatni etap jednolitych studiów magisterskich.

Tablica A.8

Liczba absolwentów Wydziału w 2001 i 2010 roku

Rodzaj studiów	2001	2010
Studia I stopnia		
Studia stacjonarne I stopnia w języku polskim	232	364
Studia stacjonarne I stopnia w języku angielskim	16	32
Studia niestacjonarne I stopnia	105	32
Razem	353	428
Studia II stopnia		
Studia stacjonarne II stopnia w języku polskim	339*	278
Studia stacjonarne II stopnia w języku angielskim	0	6
Studia niestacjonarne II stopnia	24	28
Razem	363	312
Studia III stopnia		
Studia stacjonarne III stopnia (doktoranckie)**	28	36

* Łącznie z absolwentami rozpoczynającymi ostatni etap jednolitych studiów magisterskich.

** Za absolwenta studiów III stopnia uważa się osobę, która zrealizowała program studiów i złożyła rozprawę doktorską pozytywnie ocenioną.

Tablica A.9

Ogólnowydziałowe prace modernizacyjno-budowlane przeprowadzone w latach 2001–2010*

Specyfikacja prac	Koszt [zł]
2001	
Remont kapitalny Gmachu Elektroniki, obejmujący: ocieplenie budynku i położenie nowych tynków, remont dachu, wymianę okien, wymianę barierok wokół budynku, remont dwóch wejść do budynku i wymiana drzwi wejściowych, wykonanie dodatkowego wyjścia na teren podwórka (przy szatni); doprowadzenie kanałów dla ciepła technologicznego z aparaturą nawiewno-grzewczą do sal wykładowych nr 105, 118, 133 i 161 oraz pomieszczeń Biblioteki Wydziałowej; montaż szyb antywłamaniowych w piwnicach, na parterze oraz w pokojach na I piętrze nad dachami dużych sal	7 278 627,77
Remonty i modernizacje i pomieszczeń dydaktycznych i administracyjnych	448 433,20
2002	
Kontynuacja remontu kapitalnego Gmachu Elektroniki	314 000,00
Adaptacja na cele naukowo-badawcze pomieszczeń na 4. piętrze Gmachu Elektroniki	755 000,00
Prace remontowo-budowlane w pomieszczeniach ogólnowydziałowych	99 000,00
2003	
Zakup wyposażenia na potrzeby laboratoriów ogólnowydziałowych i infrastruktury informatycznej Wydziału	813 000,00
Modernizacja instalacji centralnego ogrzewania i instalacji wodno-kanalizacyjnej w Gmachu Elektroniki	1 315 300,00
Modernizacja węzłów cieplnych w Gmachu Elektroniki; docieplenie stropodachu i wymiana stolarki okiennej w Gmachu Radiotechniki	1 144 500,00

* Zestawienie to nie uwzględnia prac modernizacyjno-budowlanych przeprowadzonych w instytutach.

Tablica A.9 — cd.

Ogólnowydziałowe prace modernizacyjno-budowlane przeprowadzone w latach 2001–2010*

Specyfikacja prac	Koszt [zł]
2004	
Modernizacja pomieszczeń dydaktycznych i laboratoryjnych wraz z pomieszczeniami pomocniczymi i komunikacyjnymi w budynkach Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych, remont sal wykładowych w Gmachu Elektroniki oraz kompleksowe wyposażenie tych sal w systemy audiowizualne	642 000,00
Instalacja systemów fotowoltaicznych na fasadzie i dachu gmachu Wydziału Inżynierii Środowiska i Gmachu Radiotechniki	15 700,00
Adaptacja i wyposażenie pomieszczeń na potrzeby Laboratorium Technologii Mobilnych BRAMA	63 600,00
2005	
Kontynuacja instalacji systemów fotowoltaicznych na fasadzie i dachu gmachu Wydziału Inżynierii Środowiska i Gmachu Radiotechniki	281 100,00
Kontynuacja adaptacji i wyposażania pomieszczeń na potrzeby Laboratorium Technologii Mobilnych BRAMA	481 000,00
Opracowanie projektu remontu, remont i wyposażenie auli nr 133 i 161	529 000,00
2006	
Remont i modernizacja trzech dźwigów osobowych (wind) w Gmachu Elektroniki; przygotowanie projektu modernizacji Klubu Studenckiego „Amplitron” oraz projektu gruntownej modernizacji nowych pomieszczeń Biblioteki Wydziałowej; rozpoczęcie prac modernizacyjnych w Klubie Studenckim „Amplitron”; remont i modernizacja sal wykładowych oraz kilku pomieszczeń laboratoryjnych	778 900,00
Kontynuacja adaptacji i wyposażania pomieszczeń na potrzeby Laboratorium Technologii Mobilnych BRAMA	67 800,00
Adaptacja pomieszczeń i wyposażania w sprzęt Laboratorium Fotowoltaiki	767 700,00
2007	
Remont i modernizacja Klubu Studenckiego „Amplitron”; remont sal wykładowych i kilku pomieszczeń laboratoryjnych w Gmachu Elektroniki i w Gmachu Radiotechniki; kontynuacja remontu dźwigów osobowych	581 000,00
Finalizacja adaptacji i wyposażania pomieszczeń na potrzeby Laboratorium Technologii Mobilnych BRAMA	31 700,00
Kontynuacja adaptacji pomieszczeń i wyposażania w sprzęt Laboratorium Fotowoltaiki	5 212 000,00
2008	
Modernizacja sal wykładowych i kilku pomieszczeń laboratoryjnych w Gmachu Elektroniki; finalizacja remontu dźwigów: osobowo-towarowego w klatce D Gmachu Elektroniki i osobowego w Gmachu Radiotechniki	346 800,00
Finalizacja pomieszczeń i wyposażania w sprzęt Laboratorium Fotowoltaiki	333 000,00
2009	
Budowa Centralnego Audytorium oraz adaptacja i wyposażenie nowych pomieszczeń Biblioteki Wydziałowej	1 530 188,81
Instalacja systemów multimedialnych w Centralnym Audytorium i wykonanie dodatkowych prac budowlanych niezbędnych do zapewnienia jego pełnej funkcjonalności	533 008,36
Modernizacja trzech tarasów dachowych na 6. piętrze skrzydeł A, B i C (obejmująca wymianę podłogi i izolacji oraz ułożenie nowych podłóg); remont pomieszczeń pod tarasami, obejmujący usunięcie szkód wywołanych przeciekaniem tarasów przed modernizacją	211 643,00
Adaptacja pomieszczeń na potrzeby Biura Inwestycji i Rozwoju	46 360,00
Adaptacja pomieszczeń przekazanych Instytutowi Informatyki w zamian za sale tego Instytutu przeznaczone na nową siedzibę Biblioteki Wydziałowej	65 505,00
Remont sal wykładowych	23 311,00
Remont pomieszczeń Dziekanatu	64 017,00
Modernizacja części sieci energetycznej obsługującej wydziałową serwerownię	45 704,00

* Zestawienie to nie uwzględnia prac modernizacyjno-budowlanych przeprowadzonych w instytutach.

Tablica A.9 — cd.

Ogólnowydziałowe prace modernizacyjno-budowlane przeprowadzone w latach 2001–2010*

Specyfikacja prac	Koszt [zł]
2009 — cd.	
Instalacja okablowania, rzutników komputerowych i ekranów w salach wykładowych	32 351,00
Adaptacja i wyposażenie pomieszczenia na potrzeby multimedialnej sali seminaryjnej Instytutu Systemów Elektronicznych (i Wydziału)	29 550,00
2010	
Remont i modernizacja hallu wejściowego Gmachu Elektroniki i kontynuacja remontu pomieszczeń Dziekanatu	1 666 753,11
Finalizacja adaptacji i wyposażenie nowych pomieszczeń Biblioteki Wydziałowej	423 776,01
Modernizacja i wyposażenie pomieszczeń Rady Wydziału	764 733,82
Remont dachu Gmachu Elektroniki	49 302,27
Remont toalet na 1. piętrze	95 130,99
Remont sali wykładowej	35 378,62

* Zestawienie to nie uwzględnia prac modernizacyjno-budowlanych przeprowadzonych w instytutach.

Tablica A.10

Przychody i koszty w 2001 i 2010 roku (wartości nominalne w złotych*)

	2001	2010
Działalność dydaktyczna		
Przychody	34 698 671	34 688 764
Koszty	47 859 980	46 756 751
Działalność naukowa		
Przychody	14 379 165	33 985 571
Koszty	13 618 464	33 985 571
Działalność inwestycyjna (w zakresie aparatury i przedsięwzięć budowlanych)		
Przychody	7 278 628	38 159 172
Koszty	7 278 628	17 761 281
Ogółem		
Przychody	56 356 464	120 004 723
Koszty	55 585 856	98 503 603

* Stopa inflacji w okresie obejmującym osiem lat (2002–2010) wyniosła w Polsce około 24%.





system kształcenia

Historia zmian w systemie kształcenia na Wydziale jest bardzo bogata. Jej pierwsze 50 lat stanowiło przedmiot opracowania, będącego częścią jubileuszowego wydawnictwa związanego z obchodami 50-lecia Wydziału¹. Ostatnie 10 lat w niczym nie zmienia przedstawionej w tym opracowaniu oceny, że miniony okres to czas ciągłego twórczego niepokoju, w którym pracownicy Wydziału w poszukiwaniu coraz lepszych form kształcenia studentów podejmowali wciąż nowe inicjatywy, a wiele z proponowanych idei, dopracowanych i wdrożonych na Wydziale przyjmowano później na całej Politechnice, a także na innych uczelniach.

Nie ma potrzeby powtarzać informacji zawartych w wymienionym opracowaniu — zostaną one skondensowane do niezbędnego minimum, umożliwiającego prezentację dokonania ostatniego dziesięciolecia we właściwym kontekście. Zachowując jednakże przyjętą tam koncepcję prezentacji, wyróżniono kilka aspektów szeroko rozumianego systemu kształcenia, takich jak struktura oferty edukacyjnej, programy kształcenia, organizacja procesu dydaktycznego i zasady studiowania, czy kształcenie młodych naukowców, i omówiono najważniejsze wydarzenia i procesy, które zachodziły w każdym z tych obszarów w ciągu ostatnich 10 lat.

OGÓLNA STRUKTURA OFERTY EDUKACYJNEJ

Oferta edukacyjna Wydziału to przede wszystkim studia. Mówiąc o modelu studiów, czy ogólnej ich strukturze, mamy na myśli przede wszystkim:

- rodzaje prowadzonych studiów, z których każdy określony jest przez formalne kwalifikacje uzyskiwane przez absolwenta, tzn. rodzaj dyplomu (studia magisterskie, studia inżynierskie), formę prowadzenia studiów (dawniej — studia dzienne, studia wieczorowe, studia zaoczne, a obecnie — studia stacjonarne, studia niestacjonarne) oraz nominalny czas ich trwania;
- obszary tematyczne studiów (kierunki, specjalności, specjalizacje) wraz z określonymi dla każdego obszaru wymaganiami programowymi (planami studiów i programami nauczania);
- zasady przyporządkowania studentów do poszczególnych obszarów tematycznych studiów, określające w szczególności, kiedy studenci zostają „przypisani” do poszczególnych kierunków, specjalności czy specjalizacji.

¹ A. Kraśniewski, *System kształcenia*, w: R.Z. Morawski (red.), *Wczoraj, dziś i jutro Wydziału Elektroniki i Techniki Informatycznych Politechniki Warszawskiej, 1951–2001*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.

Andrzej Kraśniewski

prof. dr hab.
Instytut Telekomunikacji
Gmach Elektroniki, p. 471
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. +48-22-234-7537
e-mail: andrzej@
tele.pw.edu.pl

Dariusz Turlej

dr inż.
Instytut Informatyki
Gmach Elektroniki,
p. 206A
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. +48-22-234-7995
e-mail: d.turlej@
ii.pw.edu.pl

Niemal w całym 60-letnim okresie działalności Wydział oferował różne rodzaje studiów. Skoncentrujemy jednak naszą uwagę na studiach dziennych (stacjonarnych), inne formy studiów omówimy mniej szczegółowo.

TO CO NAJWAŻNIEJSZE, CZYLI STUDIA DZIENNE, ZWANE DZIŚ STACJONARNYMI

Pierwsze pół wieku

Historię pierwszych 50 lat studiów omówiono w poprzednim wydawnictwie jubileuszowym², gdzie w szczególności przedstawiono uwarunkowania polityczno-społeczne oraz motywy zmian dokonywanych w strukturze studiów dziennych. Ograniczymy się zatem do przypomnienia w porządku chronologicznym najbardziej istotnych z tych zmian.

- 1951** Uruchomione zostały studia dwustopniowe, obejmujące 3-letnie studia inżynierskie, „przeniesione” na nowo utworzony Wydział Łączności z Wydziału Elektrycznego (w 1952 roku wydłużono czas trwania tych studiów do 4 lat) oraz 2-letnie uzupełniające studia magisterskie. Studia prowadzone były w ramach jednego z dwóch oddziałów — Oddziału Telekomunikacji lub Oddziału Elektrotechniki Medycznej.
- 1952** Uruchomione zostały jednolite studia magisterskie o nominalnym czasie trwania 11 semestrów, prowadzone w 8 specjalnościach: **Akustyka i Elektroakustyka, Automatyka i Telemekhanika, Elektronika, Radiologia i Elektronika Medyczna, Radiotechnika, Technologia Sprzętu Telekomunikacyjnego, Teletechnika Łączeniowa** (później nazwana **Telekomutacją**) oraz **Teletransmisja Przewodowa**. Wybór jednej z tych specjalności następował po 6. semestrze.
- 1965** Uruchomione zostały jednolite studia magisterskie na kierunku **Elektronika** o nominalnym czasie trwania 10 semestrów (w 1972 roku ich czas skrócono do 9 semestrów, by następnie w 1982 roku powrócić do studiów 10-semesteralnych), z nowym, wprowadzonym decyzją Ministerstwa układem 6 specjalności i 16 specjalizacji w 2 grupach specjalności: **Elektronika Układowa** oraz **Technologia Elektronowa**. Układ ten został wkrótce zmodyfikowany — wprowadzono 6 specjalności i 16 specjalizacji w 3 grupach specjalności: **Automatyka i Aparatura Elektroniczna, Telekomunikacja** oraz **Technologia Elektronowa**.
- Równolegle uruchomione zostały jednolite studia magisterskie w ramach Studium Matematyczno-Technicznego, przekształcanego kolejno w Studium Podstawowych Problemów Techniki, a następnie w Międzywydziałowe Studium Podstawowych Problemów Techniki, stanowiące zaczyn nowego wydziału — utworzonego w 1975 roku Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej.
- 1967** Uruchomiono 3-letnie dzienne studia inżynierskie w zakresie dwóch specjalności (specjalizacji): **Aparatura Pomiarowa i Teletransmisja**. Po kilku latach zrezygnowano jednak z prowadzenia tej formy studiów.
- 1975** W następstwie utworzenia instytutów, w ramach jednolitych studiów magisterskich wyodrębniono trzy kierunki: **Elektronika, Informatyka i Telekomunikacja**. Zredukowany drastycznie zestaw specjalności (3 specjalności na kierunku **Elektronika**, pozostałe kierunki — bez specjalności) w kolejnych latach ulegał stopniowemu rozszerzaniu.
- 1989** Oferta jednolitych studiów magisterskich została rozszerzona o studia na nowym kierunku — **Automatyka i Robotyka**. Na kierunkach **Elektronika** i **Telekomunikacja** oferowane były wówczas po 3 specjalności. Zdefiniowano też liczne specjalizacje (zwane uprofilowaniami), zwłaszcza w specjalnościach **Aparatura Elektroniczna** i **Systemy Telekomunikacyjne**.
- 1992** Dostosowano układ kierunków i specjalności na studiach magisterskich do treści uchwały Rady Głównej Szkolnictwa Wyższego, zmieniającej wykaz kierunków stu-

² R.Z. Morawski (red.), *Wczoraj, dziś i jutro Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej, 1951–2001*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.

diów (zgodnie z treścią tej uchwały kierunek **Elektronika** i kierunek **Telekomunikacja** zostały połączone w jeden kierunek). W wyniku tych zmian na kierunku **Elektronika i Telekomunikacja** utworzono 5 specjalności; dodatkowo, oferowano 2 specjalności na kierunku **Informatyka**. Likwidacji uległy specjalizacje (uprofilowania).

Na starcie ostatniej dekady

Kolejne zmiany w strukturze studiów prowadzonych na Wydziale miały już istotne znaczenie dla organizacji systemu kształcenia w ostatnim dziesięcioleciu.

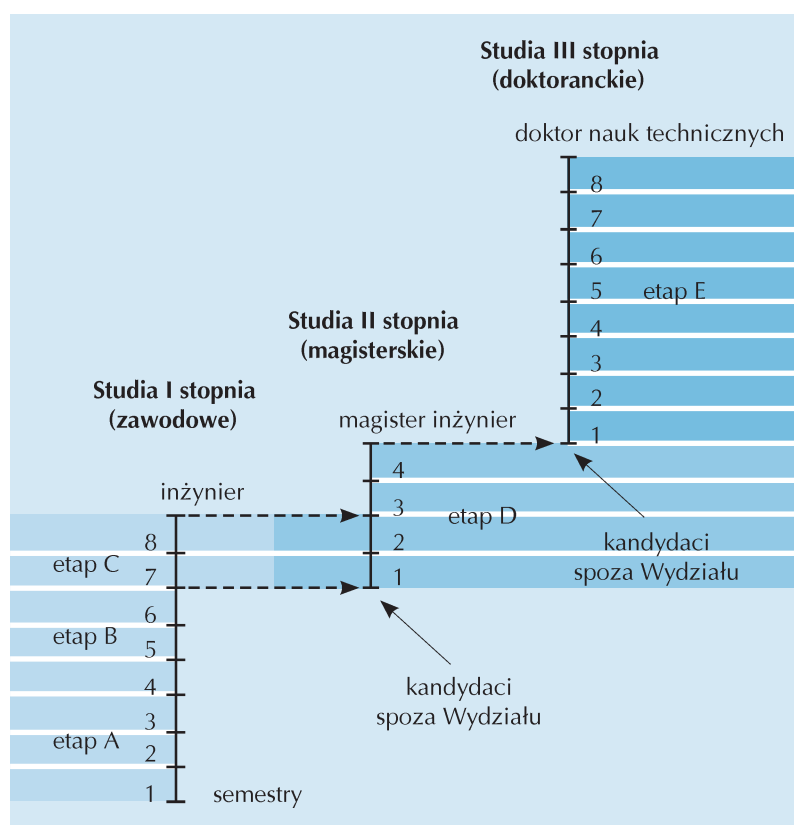
Z początkiem roku akademickiego 1994/1995 wprowadzono elastyczny system studiów dwustopniowych (niewiele wcześniej, w kwietniu 1994 roku, Senat Politechniki Warszawskiej podjął decyzję o zmianie nazwy Wydziału: Wydział Elektroniki stał się Wydziałem Elektroniki i Technik Informacyjnych). System ten obejmował studia I stopnia, które trwały nominalnie 8 semestrów oraz studia II stopnia, które trwały nominalnie 4 semestry. Warunkiem koniecznym przyjęcia na studia II stopnia (uruchomione w 1997 roku) było ukończenie studiów wyższych (niekoniecznie na Wydziale) lub ukończenie 6 semestrów studiów I stopnia na Wydziale. Dopełnieniem systemu studiów dwustopniowych są trwające nominalnie 4 lata studia III stopnia — studia doktoranckie, uruchomione z początkiem roku akademickiego 1999/2000.

Tę trzystopniową strukturę studiów przedstawiono na rysunku 1, gdzie pokazano również podział studiów na etapy:

- etap A: nominalnie semestry 1–4 studiów I stopnia,
- etap B: nominalnie semestry 5–6 studiów I stopnia,
- etap C: nominalnie semestry 7–8 studiów I stopnia,
- etap D: studia II stopnia,
- etap E: studia III stopnia.

Etapy miały znaczenie organizacyjne — zakończenie każdego etapu związane było z podjęciem decyzji istotnej z punktu widzenia dalszego przebiegu studiów. W etapie A kształcenie miało charakter podstawowy, a na końcu tego etapu student wybierał specjalność. W etapie B kontynuowane były studia podstawowe z wprowadzaniem elementów wiedzy związanej z wybraną specjalnością. Przed zakończeniem etapu B student podejmował decyzję o kontynuacji studiów I stopnia, czyli o przejściu na etap C, bądź ubieganiu się o przyjęcie na studia II stopnia, czyli o przejściu na etap D (formalnie, student taki był przenoszony na ostatni etap jednolitych studiów magisterskich o programie tożsamym z programem studiów II stopnia). W etapie C następowało pogłębienie wykształcenia specjalnościowego i realizacja projektu inżynierskiego traktowanego jako praca dyplomowa. Etap D (studia II stopnia) obejmował zaawansowane kształcenie podstawowe i specjalnościowe oraz realizację dyplomowej pracy magisterskiej.

Drugą — obok wielostopniowości — znamionną cechą struktury studiów wprowadzonej w 1994 roku było istnienie specjalności w ramach makrokierunku, a nie poszczególnych kierunków studiów. Wykorzystując istniejące możliwości prawne — swoistą „furtkę”, którą uchylili wówczas Rada Główna Szkolnictwa Wyższego — wprowadzono makrokierunek



Rysunek 1. Ogólna struktura studiów trzystopniowych

Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja, a w jego ramach dla studiów I stopnia zdefiniowano 12 specjalności, podzielonych na dwie grupy. Przyjęto zasadę, że kandydaci przyjęci na studia rozpoczynają studia w ramach jednej z grup specjalności (jednego z potoków), a wybór specjalności w ramach potoku następuje pod koniec 4. semestru (wszystkie specjalności w danej grupie mają wspólne wymagania programowe na etapie A). Specjalności, przynajmniej niektóre, miały charakter ogólnowydziałowy — w realizacji programu i dyplomowaniu w ramach określonej specjalności uczestniczyli pracownicy różnych instytutów. Wybór instytutu dyplomującego oraz indywidualnego opiekuna na studiach I stopnia następował przed przejściem na etap C.

Dla studiów II stopnia zdefiniowano cztery specjalności oraz wprowadzono zasadę, że w ramach tych specjalności mogą być — z inicjatywy instytutów — zdefiniowane uprofilowania (profile dyplomowania). Zgodnie z przyjętą koncepcją integracji programowej studiów III stopnia ze studiami II stopnia, na studiach III stopnia zdefiniowano takie same jak na studiach II stopnia cztery specjalności — odpowiadają one dyscyplinom naukowym, w których Wydział ma uprawnienia do nadawania stopni naukowych.

Układ specjalności na studiach I i II stopnia — realizowanych po wprowadzeniu makrokierunku **Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja** — przedstawiono w tablicy 1 i tablicy 2.

Tablica 1

**Układ kierunków i specjalności na studiach I stopnia
rozpoczynających się w roku akademickim 1994/1995**

Kierunek	Grupa specjalności (potok)	Specjalność
Makrokierunek Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja	grupa specjalności I	Inżynieria Biomedyczna
		Inżynieria Komputerowa
		Mikroelektronika
		Optoelektronika
		Radiokomunikacja i Techniki Multimedialne (do 1996 roku Radioelektronika)
		Systemy Pomiarowo-Kontrolne
	grupa specjalności II	Budowa i Oprogramowanie Komputerów
		Inżynieria Oprogramowania i Systemy Informacyjne
		Komputerowe Systemy Sterowania
		Systemy Informatyczne Wspomagania Decyzji
		Systemy i Sieci Telekomunikacyjne
		Zarządzanie Sieciami i Usługami

Źródło: *Sprawozdanie Dziekana za rok 1998*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Warszawa, kwiecień 1999.

Tablica 2

**Układ kierunków i specjalności na studiach II stopnia
rozpoczynających się w roku akademickim 1997/1998**

Kierunek	Specjalność
Makrokierunek Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja	Automatyka
	Elektronika
	Informatyka
	Telekomunikacja

Źródło: *Studia II stopnia na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, grudzień 1999.

Informatyka czyli *votum separatum*

Ukształtowany ewolucyjnie w wyniku wprowadzania kolejno studiów I stopnia, a następnie studiów II stopnia układ „makrokierunek + specjalności w ramach potoków” uległ zmianie z początkiem roku akademickiego 2001/2002. Zmiana ta była m.in. efektem dyskusji, jaka toczyła się na Wydziale w związku z *Memorandum w sprawie kształcenia informatyków w Politechnice Warszawskiej*, wystosowanym przez grupę profesorów naszej Uczelni w maju 2000 roku, a dotyczącym idei utworzenia na Politechnice Warszawskiej Wydziału Informatyki.

Istotą przyjętego rozwiązania było wyodrębnienie kształcenia na kierunku **Informatyka** równoległe z kształceniem w ramach dwóch potoków (grup specjalności) na istniejącym makrokierunku **Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja**. Układ kierunków i specjalności oferowany studentom, którzy rozpoczęli kształcenie na studiach I stopnia w roku akademickim 2001/2002 przedstawiono w tablicy 3.

Tablica 3

Układ kierunków i specjalności na studiach I stopnia rozpoczynających się w roku akademickim 2001/2002

(Makro)kierunek	Grupa specjalności (potok)	Specjalność
Makrokierunek Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja	Elektronika i Inżynieria Komputerowa oraz Inżynieria Biomedyczna	Elektronika i Inżynieria Komputerowa
		Inżynieria Biomedyczna
	Telekomunikacja	Systemy i Sieci Telekomunikacyjne
		Teleinformatyka i Zarządzanie w Telekomunikacji
Kierunek Informatyka		Radiokomunikacja i Techniki Multimedialne
		Inżynieria Systemów Informatycznych
		Systemy Informacyjno-Decyzyjne

Źródło: *Informator o studiach 2001–2002*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych.

W przyjętej strukturze studiów kandydat mógł być przyjęty na kierunek **Informatyka** albo na makrokierunek. Podział na potoki (grupy specjalności) w ramach makrokierunku następował po pierwszym roku studiów. Podział na specjalności w ramach kierunku lub potoków następował po dwóch latach studiów. W obrębie poszczególnych specjalności wymienionych w tablicy 3 zostały zdefiniowane uprofilowania.

W ślad za zmianami dokonanymi na studiach I stopnia zmieniony został układ prowadzonych w ramach makrokierunku (od momentu wprowadzenia studiów II stopnia w 1997 roku) czterech specjalności o nazwach odpowiadających nazwom reprezentowanych na Wydziale dyscyplin naukowych. Przedstawiony w tablicy 3 układ kierunków i specjalności został powielony na studiach II stopnia:

- podejmowanych począwszy od roku akademickiego 2004/2005 przez studentów kształconych w trybie odpowiadającym jednolitym studiom magisterskim (którzy po etapie B studiów I stopnia zostali formalnie przeniesieni na ostatni etap jednolitych studiów magisterskich, programowo tożsamy ze studiami II stopnia),
- podejmowanych począwszy od roku akademickiego 2005/2006 przez absolwentów 4-letnich studiów I stopnia.

Utworzona struktura kierunków nie była rozwiązaniem satysfakcjonującym dla znacznej części społeczności Wydziału. Powołana w grudniu 2002 roku Dziekańska Komisja ds. Rozwoju Wydziału, której zadaniem było dokonanie wszechstronnej analizy stanu Wydziału oraz przedstawienie koncepcji zmian organizacyjno-funkcjonalnych, sformułowała m.in. następujące wnioski³:

³ Raport nr 3 Dziekańskiej Komisji ds. Rozwoju Wydziału, czerwiec 2004.

- *Najpilniejszym zadaniem jest konsekwentna realizacja kształcenia makrokierunkowego na studiach I stopnia, z jednolitym dla wszystkich studentów programem nauczania w pierwszej fazie studiów, obejmującym podstawy wiedzy specjalistycznej ze wszystkich kierunków składowych makrokierunku. W tym kontekście stwierdzono, że wydzielenie kształcenia na kierunku Informatyka ... trudno uznać za decyzję trafną.*
- *Specjalności/profile nauczania należy określać w odniesieniu do trzech potoków kształcenia, powiązanych z dyscyplinami naukowymi, w których nasz Wydział ma największy potencjał kadrowy: z Elektroniką, Informatyką (z elementami automatyki i robotyki) i Telekomunikacją.*
- *Studia II stopnia, tak jak I stopnia, należy prowadzić w ramach makrokierunku, gdyż zapewnia to możliwość elastycznego kształtowania programów nauczania i specjalizacji/profilu dyplomowania.*

Komisja stwierdziła ponadto, że nazwa makrokierunku obejmującego treści nauczania związane z kierunkami składowymi nie powinna być złożeniem ich nazw, lecz odzwierciedlać ich treści wspólne, wyrażone w takich określeniach jak: *Nauki i techniki informacyjne, Techniki i technologie informacyjne* czy *Elektronika i techniki informacyjne*.

W 2007 roku zgodnie z sugestią Komisji, decyzją Senatu Politechniki Warszawskiej, na wniosek Rady Wydziału zmieniona została nazwa makrokierunku — dotychczasową nazwę, stanowiącą złożenie nazw kierunków składowych, zastąpiła nazwa zgrabniejsza, zgodna z nazwą Wydziału — **Elektronika i Techniki Informacyjne**⁴. Makrokierunek ten stanowił jednak nadal formalnie połączenie trzech uwidoczniionych w poprzedniej nazwie kierunków (**Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja**).

Jeszcze jeden kierunek — Inżynieria Biomedyczna

Obok zmiany nazwy makrokierunku w układzie kierunków i specjalności nastąpiła w 2007 roku także inna zmiana — uruchomione zostały studia I stopnia na kierunku **Inżynieria Biomedyczna**, prowadzone we współdziałaniu z Wydziałem Mechatroniki. W związku z tym dotychczasowa oferowana specjalność **Inżynieria Biomedyczna** przyjęła nazwę **Elektronika i Informatyka w Medycynie**, co znalazło odzwierciedlenie w odpowiedniej modyfikacji nazwy grupy specjalności (potoku).

Tablica 4

Układ kierunków i specjalności na studiach I stopnia rozpoczynających się w roku akademickim 2007/2008

(Makro)kierunek	Grupa specjalności (potok)	Specjalność
Makrokierunek Elektronika i Techniki Informacyjne	Elektronika i Inżynieria Komputerowa oraz Elektronika i Informatyka w Medycynie	Elektronika i Inżynieria Komputerowa
		Elektronika i Informatyka w Medycynie
	Telekomunikacja	Systemy i Sieci Telekomunikacyjne
		Teleinformatyka i Zarządzanie w Telekomunikacji
		Radiokomunikacja i Techniki Multimedialne
Kierunek Informatyka		Inżynieria Systemów Informatycznych
		Systemy Informacyjno-Decyzyjne
Kierunek Inżynieria Biomedyczna		

Źródło: *Informator o studiach 2001–2002*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych.

⁴ Uchwała nr 146/XLVI/2007 Senatu Politechniki Warszawskiej z dnia 24 stycznia 2007 roku w sprawie zmiany nazwy makrokierunku studiów na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych.

Układ kierunków i specjalności, będący efektem zmian dokonanych w 2007 roku przedstawiono w tablicy 4.

Koniec rozdzielenia

Utworzona w połowie lat dziewięćdziesiątych struktura studiów umożliwiła — obok studiowania „dwustopniowo” — kształcenie w trybie odpowiadającym jednolitym studiom magisterskim (rysunek 2). Powstała w ten sposób atrakcyjna oferta, stwarzająca przyszłym studentom możliwość wyboru różnych dróg zdobywania wykształcenia. W praktyce wybór ten był jednak ograniczony. Prawo do korzystania ze ścieżki prowadzącej bezpośrednio do dyplomu magisterskiego przysługiwało tylko studentom osiągającym dobre wyniki w trakcie pierwszych trzech lat studiów. W efekcie ze ścieżki tej korzystało około 40% studentów kończących trzeci rok studiów.

Elastyczność wprowadzonej na Wydziale struktury studiów pozwalała na dowolne ustalenie proporcji liczby studentów studiujących „dwustopniowo” i „jednolicie”. W szczególności przejście na „czysty” system dwustopniowy nie wymagało żadnej poważnej reformy; mogło być dokonane niemal „od ręki”, w wyniku odpowiedniej decyzji władz Wydziału dotyczącej zasad rekrutacji na studia II stopnia.

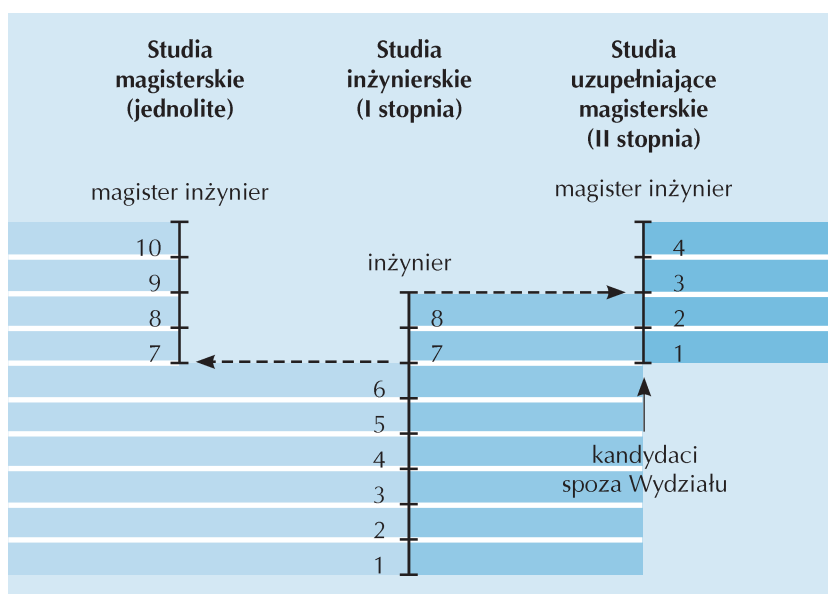
Konieczność dokonania takiego właśnie przejścia była następstwem uchwalenia w 2005 roku ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym*⁵, wprowadzającej obowiązek prowadzenia kształcenia na większości kierunków, w tym na wszystkich kierunkach istotnych dla Wydziału, w „czystej” strukturze dwustopniowej. Nowe *Prawo o szkolnictwie wyższym* zmieniło też terminologię związaną z różnymi formami prowadzenia studiów. Studia dzienne zostały przemianowane na studia stacjonarne, a inne formy prowadzenia studiów (studia wieczorowe, studia zaoczne) zostały nazwane studiami niestacjonarnymi.

Realizując przepisy ustawy, podjęto decyzję o zaprzestaniu kształcenia w trybie odpowiadającym jednolitym studiom magisterskim; osoby podejmujące studia I stopnia w roku akademickim 2006/2007 lub później nie mogły już korzystać z tej możliwości.

Czy krócej znaczy lepiej?

Jakkolwiek przejście na „czysty” system dwustopniowy odbyło się „bezboleśnie”, to jednak prowadzone w środowisku akademickim dyskusje dotyczące nowych regulacji prawnych oraz zmiany dokonywane w naszym otoczeniu, a w szczególności na innych wydziałach Politechniki Warszawskiej, zainspirowały debatę na temat modelu studiów dwustopniowych na Wydziale. Jednym z wyników tej debaty była propozycja skrócenia czasu trwania tych studiów do 7 semestrów. Kwestia ta była przedmiotem ożywionej dyskusji zarówno w Komisji Rady Wydziału ds. Kształcenia, działającej w tym okresie pod przewodnictwem Andrzeja Piłtznara, jak i na posiedzeniach Rady Wydziału.

W materiale zawierającym wyniki prac Komisji⁶ oraz w dyskusji przytaczano istotne argumenty zarówno za tą propozycją, jak i za pozostawieniem dotychczasowego rozwiązania.



Rysunek 2. Ogólna struktura studiów dziennych prowadzonych na Wydziale począwszy od roku akademickiego 1994/1995

Źródło: *Dzienne studia dwustopniowe na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych, Informator dla studentów*, Politechnika Warszawska, Warszawa 2004.

⁵ Ustawa z dnia 27 lipca 2005 roku *Prawo o szkolnictwie wyższym*.

⁶ Informacja dla Rady Wydziału o przesłankach sformułowania przez Komisję ds. Kształcenia wniosku w sprawie nominalnego czasu trwania studiów I i II stopnia na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych — załącznik do Protokołu z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w dniu 27 lutego 2007 roku.

Argumenty za skróceniem nominalnego czasu trwania studiów I stopnia z 8 do 7 semestrów odwoływały się przede wszystkim do oczekiwanej poprawy jakości i elastyczności programowej studiów II stopnia, wynikającej z wydłużenia realnego czasu trwania studiów II stopnia do minimum 3 semestrów, będącego następstwem ograniczenia skali transferu osiągnięć absolwentów studiów I stopnia do maksymalnie jednego semestru. Takie rozwiązanie oznaczałoby m.in.:

- realne rozszerzenie oferty dydaktycznej studiów II stopnia przez poprawę dostępności przedmiotów obieralnych uruchamianych raz w roku,
- zwiększenie liczby godzin przeznaczonych na przedmioty obieralne przez częściowe przesunięcie swobody w obieralności ze studiów I stopnia (racjonalne z punktu widzenia zasady stopniowego zwiększania uprawnień studentów w miarę postępu studiów).

Rozwiązanie takie rozwiewałoby także wątpliwości natury formalnej, które mogłyby się pojawić przy akredytacji studiów (w systemie „8+4” w przypadku maksymalnego transferu osiągnięć ze studiów I stopnia rzeczywisty czas trwania studiów II stopnia ulega w istocie skróceniu do dwóch semestrów, podczas gdy określony przez ustawę minimalny czas trwania takich studiów wynosi 3 semestry).

Przeciwnicy skrócenia studiów I stopnia wskazywali przede wszystkim na następujące negatywne konsekwencje tej decyzji:

- obniżenie kompetencji absolwentów studiów I stopnia w następstwie ograniczenia treści programowych i elastyczności programowej,
- zmniejszenie realnych możliwości uczestnictwa w programach mobilności studentów, spowodowane zmniejszeniem „luzów” czasowych na tych studiach,
- niebezpieczeństwo nieuznawania dyplomów ukończenia studiów I stopnia (inżynierskich) jako odpowiedników dyplomów *Bachelor of Science* przez uczelnie pozaeuropejskie.

Powoływali się także na narastającą w wielu krajach falę krytyki wprowadzonych tam 6-semestralnych studiów I stopnia oraz działania zmierzające do wprowadzenia 8-semestralnych studiów I stopnia.

O wadze sprawy, emocjach i problemach z uzgodnieniem stanowiska najlepiej świadczy to, że sprawa przyjęcia uchwały dotyczącej modyfikacji modelu studiów dwustopniowych (wprowadzającej 7-semestralne studia I stopnia) znalazła się po raz pierwszy w porządku obrad Rady Wydziału w październiku 2006 roku, a uchwałę taką podjęto ostatecznie w lutym 2007 roku, przy czym wynik głosowania (za — 33 osób; przeciw — 30 osób, a 9 osób wstrzymało się od głosu)⁷ odzwierciedla istotne różnice poglądów wśród członków Rady Wydziału.

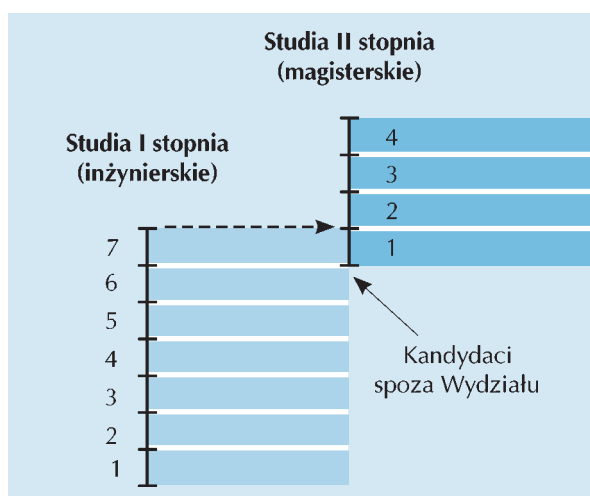
Zgodnie z treścią tej uchwały osoby rozpoczynające studia I stopnia w roku akademickim 2008/2009 lub później obowiązującej struktura studiów pokazana na rysunku 3.

Zmiana struktury studiów wymagała modyfikacji ich podziału na etapy. Przyjęto w tym zakresie następujące ustalenia:

- etap A: nominalnie semestry 1–4 studiów I stopnia,
- etap B: nominalnie semestry 5–7 studiów I stopnia,
- etap U: studia II stopnia.

Zmiany, zmiany, a w efekcie powrót do początków

Dokonane z początkiem roku akademickiego 2008/2009 skrócenie studiów I stopnia do 7 semestrów nie spowodowało zmian w pokazanym w tabelicy 4 układzie kierunków i specjalności. W rok później nastąpiła natomiast zmiana nazwy makrokierunku na **Elektronika, Informatyka i Telekomunikacja** z jednoczesnym ograniczeniem jego obszaru kształcenia do dwóch uwidoczniionych



Rysunek 3. Ogólna struktura studiów dwustopniowych dla osób podejmujących studia I stopnia w roku akademickim 2008/2009

Źródło: Informator dla kandydatów na studia na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych, Politechnika Warszawska, Warszawa 2008.

⁷ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w dniu 27 lutego 2007 roku.

Tablica 5

**Układ kierunków i specjalności na studiach II stopnia
rozpoczynających się w roku akademickim 2011/2012**

(Makro)kierunek	Specjalność
Makrokierunek Elektronika, Informatyka i Telekomunikacja	Elektronika i Informatyka w Medycynie
	Mikroelektronika, Fotonika i Nanotechnologie
	Mikrosystemy i Systemy Elektroniczne
	Radiokomunikacja i Techniki Multimedialne
	Telekomunikacja
Kierunek Informatyka	Inżynieria Systemów Informatycznych
	Systemy Informatyczne-Decyzyjne
Kierunek Inżynieria Biomedyczna	
Kierunek Automatyka i Robotyka	

Źródło: Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w dniu 23 listopada 2010 roku (Uchwała Rady Wydziału z dnia 23 listopada 2010 roku w sprawie planów studiów i programów nauczania na studiach stacjonarnych drugiego stopnia).

w nazwie kierunków (**Informatyka** oraz **Elektronika i Telekomunikacja** z pominięciem kierunku **Automatyka i Robotyka**)⁸.

Kolejną zmianą było przyjęcie nowego układu kierunków i specjalności na studiach II stopnia — jest on przedstawiony w tablicy 5 (w zależności od kierunku zmiany te obejmą studentów rozpoczynających studia II stopnia w lutym 2011 roku, październiku 2011 roku lub lutym 2012 roku)⁹. Warto zwrócić uwagę, że nastąpiła reaktywacja kształcenia na kierunku **Automatyka i Robotyka** (choć póki co tylko na studiach drugiego stopnia).

Dokonywane zmiany w układzie kierunków i specjalności wynikały z różnych przesłanek. Kolejne, ostatnie już w rozpatrywanym okresie, działania w tym zakresie zainspirowane zostały próbą złagodzenia konfliktowych sytuacji związanych z wyborem specjalności na studiach I stopnia przez studentów kształconych w ramach makrokierunku (wybór ten jest dokonywany na 4. semestrze). Preferencje studentów, wybierających przede wszystkim specjalności w obszarze telekomunikacji, rozmiętały się bowiem z posiadanymi przez Wydział zasobami i możliwościami realizacji, co — obok zrozumiałego rozczarowania — prowadziło do nieracjonalnych poczynań w wykonaniu studentów, w tym rezygnacji ze studiów.

Autorzy propozycji zmian, których istota sprowadzała się do kształcenia na kierunkach o nazwach tożsamych z nazwami dyscyplin naukowych, uzasadniając ich celowość, wskazywali na potrzebę stworzenia łączącej wszystkie stopnie studiów, czytelnej i zrównoważonej oferty edukacyjnej, tak aby, z jednej strony, 1/3 liczby ogółu studiujących realizowała kształcenie w zakresie elektroniki, a, z drugiej, zaistniały warunki ku temu, aby studia na kierunku **Elektronika** podejmowali kandydaci zainteresowani tym kierunkiem studiów¹⁰. Pozwoliłoby to zachować konkurencyjność (**Elektronika** ma wszystkie warunki, aby skutecznie konkurować z **Mechatroniką i Elektrotechniką**), a jednocześnie stworzyć dobry klimat wokół studiów na Wydziale.

Propozycje te zostały przedstawione w formie uchwały Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej z dnia 22 marca 2011 roku w sprawie kierun-

⁸ Uchwała nr 48/XLVII/2009 Senatu Politechniki Warszawskiej z dnia 28 stycznia 2009 roku w sprawie zmiany nazwy makrokierunku studiów na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych, ustalenia jego obszaru kształcenia oraz uchwalenia planów studiów i programów nauczania na tym makrokierunku.

⁹ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w dniu 23 listopada 2010 roku (Uchwała Rady Wydziału z dnia 23 listopada 2010 roku w sprawie planów studiów i programów nauczania na studiach stacjonarnych drugiego stopnia).

¹⁰ Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w dniu 22 marca 2011 roku.

ków studiów pierwszego i drugiego stopnia, zawierającej wniosek o utworzenie na Wydziale *Elektroniki i Technik Informatycznych kierunków studiów pierwszego i drugiego stopnia tożsamyh z dyscyplinami naukowymi*. Zgodnie z tym wnioskiem, począwszy od roku akademickiego 2012/2013 kandydaci na studia I studia mieliby ofertę przedstawioną w tablicy 6 (wybór specjalności następowałby po 4. semestrze). Układ kierunków i specjalności na studiach II stopnia przedstawiono w tablicy 7. Jak widać, uchwalony rok wcześniej układ specjalności (tablica 5) pozostał bez zmian — nastąpiło jedynie zastąpienie makrokierunku dwoma kierunkami. Wybór specjalności w ramach kierunków **Elektronika**, **Informatyka** oraz **Telekomunikacja** następowałby w momencie rekrutacji.

Tablica 6

**Układ kierunków i specjalności na studiach I
rozpoczynających się w roku akademickim 2012/2013**

Kierunek	Specjalność
Elektronika	Elektronika i Informatyka w Medycynie
	Elektronika i Inżynieria Komputerowa
Informatyka	Inżynieria Systemów Informatycznych
	Systemy Informacyjno-Decyzyjne
Telekomunikacja	Radiokomunikacja i Techniki Multimedialne
	Systemy i Sieci Telekomunikacyjne
	Teleinformatyka i Zarządzanie w Telekomunikacji
Inżynieria Biomedyczna	

Tablica 7

**Układ kierunków i specjalności na studiach II stopnia
rozpoczynających się w semestrze letnim roku akademickiego 2011/2012**

Kierunek	Specjalność
Elektronika	Elektronika i Informatyka w Medycynie
	Mikroelektronika, Fotonika i Nanotechnologie
	Mikrosystemy i Systemy Elektroniczne
Informatyka	Inżynieria Systemów Informatycznych
	Systemy Informacyjno-Decyzyjne
Telekomunikacja	Radiokomunikacja i Techniki Multimedialne
	Telekomunikacja
Inżynieria Biomedyczna	
Automatyka i Robotyka	

W ten sposób po niemal 20 latach funkcjonowania zniknie z opisu systemu studiów na Wydziale słowo „makrokierunek”. Los jego był tak czy owak przesądzony, ponieważ w tekście znowelizowanej ostatnio ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym*¹¹, wchodzącej w życie z dniem 1 października 2011 roku, pojęcie „makrokierunek” nie występuje — dzisiejsze makrokierunki są traktowane jako „normalne” kierunki studiów.

¹¹ Ustawa z dnia 18 marca 2011 roku o zmianie ustawy — *Prawo o szkolnictwie wyższym*, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw.

Likwidacja pojęcia „makrokierunek” nie oznacza, że ustawa ogranicza w jakikolwiek sposób możliwość kształcenia w ramach szerokiego kierunku — odpowiednika dzisiejszego makrokierunku. Stąd też decyzja o podziale makrokierunku na dwa kierunki wcale nie była oczywista, a w dyskusji towarzyszącej jej podjęciu prezentowano także argumenty za pozostawieniem makrokierunku. Ich dobrym podsumowaniem była wypowiedź Romana Z. Morawskiego, który na posiedzeniu Rady Wydziału w dniu 22 marca 2011 roku stwierdził m.in.: *Makrokierunek w obecnym kształcie nie jest zapewne rozwiązaniem optymalnym. Sądzę jednak, że nie zdezaktualizowały się przesłanki, które legły u podstaw decyzji o jego ustanowieniu. A wśród tych przesłanek była — z jednej strony — obserwowana tendencja do reintegracji dyscyplin naukowych, wyodrębnionych na początku XX wieku w wyniku specjalizacji; z drugiej zaś — konstatacja, że potrzeby społeczne w zakresie technik reprezentowanych na naszym Wydziale są niekoniecznie definiowane w języku owych dyscyplin, a nawet więcej — że największe szanse sukcesu w zakresie zaspakajania tych potrzeb pojawiają się na ich pograniczach, a nie w ich epicentrach.*¹² Podważano także argumentację zwolenników likwidacji makrokierunku twierdzących, że zmiana ta porządkuje ofertę dydaktyczną, pokazując, że niektóre specjalności są w istocie międzykierunkowe.

Wielu dyskutantów opowiadało się także za odłożeniem wiążącej decyzji i podjęciem systematycznych prac nad docelowym modelem oferty dydaktycznej Wydziału, realizowanej pod rządami nowej ustawy, obejmujących m.in. opracowanie diagnozy niedostatków funkcjonującego systemu kształcenia oraz analizę przewidywanych skutków proponowanych zmian. Stąd zapewne w głosowaniu nad przyjęciem uchwały wnioskującej o likwidację makrokierunku dość znaczna liczba członków Rady Wydziału wstrzymała się od głosu.

W dyskusji poprzedzającej decyzję o zaprzestaniu kształcenia na makrokierunku wielokrotnie przewijał się wątek kształcenia elitarnego. Proponowano m.in. utworzenie nitki specjalnego intensywnego kształcenia dla najzdolniejszych studentów — albo na odrębnym kierunku studiów, którego nazwa mogłaby być przykładowo zgodna z nazwą Wydziału, albo też na jednym z istniejących kierunków. Studenci tacy, mający indywidualnych opiekunów (tutorów), realizowaliby mocno zindywidualizowany, interdyscyplinarny program studiów, korzystając z całej oferty edukacyjnej Wydziału, a także innych wydziałów i uczelni.

INNE STUDIA I NIE TYLKO STUDIA

Wieczorowo, zaocznie, podyplomowo, ..., czyli uczyć się trzeba przez całe życie

Obok kształcenia inżynierów i magistrów inżynierów prowadzonego w formie studiów dziennych (stacjonarnych) kształcenie takie prowadzone było także w różnych okresach w formie studiów wieczorowych lub zaocznych (niestacjonarnych). Historię tych studiów w okresie pierwszych 50 lat istnienia Wydziału przedstawiono w poprzednim wydawnictwie jubileuszowym¹³. Ograniczymy się zatem do przypomnienia jedynie niektórych przedsięwzięć z tego okresu.

W 1966 roku uruchomione zostały 9-semestralne studia inżynierskie dla pracujących, prowadzone w ramach Wieczorowego Studium Zawodowego w zakresie trzech, a następnie czterech specjalności. W początkowym okresie funkcjonowania liczba osób kształconych na tych studiach zbliżała się do 1000 rocznie. Studia te zostały zawieszono w 1982 roku i reaktywowane w 1986 roku na okres kilku lat jako Zaoczne Studia Zawodowe dla pracujących; kształcenie odbywało się w ramach specjalności **Aparatura Elektroniczna**.

Mniejszym zainteresowaniem cieszyły się prowadzone z przerwami magisterskie studia uzupełniające: wieczorowe (uruchomione w 1959 roku, zawieszono, a następnie reaktywowane w 1973 roku) oraz zaoczne (uruchomione w 1956 roku i prowadzone do wczesnych lat siedemdziesiątych). Liczba osób kształconych na tych studiach tylko w niektórych latach przekraczała 100.

¹² Protokół z posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w dniu 22 marca 2011 roku.

¹³ R.Z. Morawski (red.), *Wczoraj, dziś i jutro Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej, 1951–2001*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.

Kolejny, trwający do dziś okres funkcjonowania studiów wieczorowych rozpoczął się w połowie lat dziewięćdziesiątych. Wieczorowe Studia Zawodowe prowadzone są od 1995 roku na kierunku **Informatyka**, a od 1996 roku na kierunku **Elektronika i Telekomunikacja** w zakresie specjalności **Radiokomunikacja** (od 2004 roku — **Radiokomunikacja i Techniki Multimedialne**). Studia trwają nominalnie 7 semestrów.

Inną formą studiów wieczorowych są 2-letnie Wieczorowe Uzupełniające Studia Magisterskie, prowadzone od 1999 roku na kierunku **Informatyka**, od 1995 roku na kierunku **Elektronika i Telekomunikacja**; początkowo w zakresie specjalności **Telekomunikacja**, a od 2001 roku także w zakresie specjalności **Radiokomunikacja** (od 2007 roku **Radiokomunikacja i Techniki Multimedialne**). Studia te są przeznaczone dla osób, które ukończyły w dowolnej uczelni studia zawodowe na pokrewnej specjalności. W przypadku studiów w zakresie **Informatyki i Radiokomunikacji** dotyczy to w szczególności absolwentów Wieczorowych Studiów Zawodowych prowadzonych na Wydziale.

Innym elementem oferty edukacyjnej Wydziału są uruchomione z początkiem roku akademickiego 2001/2002, trwające nominalnie 8 semestrów studia zawodowe (zaoczne) w systemie kształcenia „na odległość”, realizowane z wykorzystaniem nowoczesnych technik informacyjnych. Studia te były wspólną inicjatywą trzech wydziałów Politechniki Warszawskiej, lecz pomysłodawcą, promotorem i głównym realizatorem przedsięwzięcia był profesor naszego Wydziału — Bogdan Galwas. W pierwszym okresie funkcjonowania kojarzona z nimi była nazwa SPriNT (Studia Politechniczne realizowane w iNTernejcie). Oferowane były początkowo cztery specjalności, trzy z nich — na kierunku **Elektronika i Telekomunikacja (Inżynieria Komputerowa, Techniki Multimedialne)** oraz prowadzona do 2006 roku **Inżynieria Biomedyczna** przeznaczone dla studentów naszego Wydziału. Z czasem, w miarę rozwoju tej formy kształcenia nadano jej formę instytucjonalną — utworzony został Ośrodek Kształcenia na Odległość Politechniki Warszawskiej — OKNO. Z początkiem roku akademickiego 2005/2006 „studia w oknie” uzupełniono o studia uzupełniające magisterskie (studia II stopnia), prowadzone na kierunku **Informatyka** w zakresie dwóch specjalności: **Inżynieria Systemów Internetowych** oraz **Systemy Wspomagania Decyzji i Zarządzania**.

Uzupełnieniem oferty studiów prowadzących do uzyskania dyplomu inżynierskiego lub magisterskiego są studia podyplomowe. W niektórych okresach ta forma studiów cieszyła się bardzo dużym zainteresowaniem, a liczba chętnych znacznie przewyższała możliwości realizacyjne. Miało to miejsca zwłaszcza w przypadku kształcenia związanego tematycznie z wprowadzaniem technik komputerowych; przykładem były prowadzone na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych studia **Systemy mikrokomputerowe** czy **Komputerowa technika pomiarowa**.

Oferta prowadzonych na Wydziale studiów podyplomowych ewoluowała. Na podstawie zgromadzonych doświadczeń oraz w odpowiedzi na zapotrzebowanie rynku powstawały kolejne wersje wcześniej prowadzonych studiów, często o zmienionej nazwie i zmodyfikowanym programie, a także uruchamiane były studia w zupełnie nowych obszarach. Ostatnio prowadzone były następujące studia podyplomowe¹⁴:

- Studia podyplomowe w zakresie Telekomunikacji, Informatyki i Zarządzania CITCOM Politechniki Warszawskiej (kursy specjalistyczne) — tradycja tych studiów sięga lat dziewięćdziesiątych.
- Studia podyplomowe w zakresie Zastosowań Informatyki i Technologii Informacyjnej oraz w zakresie Nauczania Informatyki i Technologii Informacyjnej, ukształtowane m.in. na podstawie doświadczeń istniejącego wcześniej Studium Podyplomowego Informatyki dla Nauczycieli.
- Studia podyplomowe w zakresie Systemów Transmisji Radiowej i Techniek Multimedialnych, ukształtowane m.in. na podstawie doświadczeń wcześniej prowadzonych studiów podyplomowych w zakresie Radiokomunikacji i Techniek Multimedialnych.
- Studia podyplomowe w zakresie Zarządzania Projektami: metodyki, praktyka, techniki, narzędzia.
- Studia podyplomowe w zakresie Zarządzania Zasobami IT: architektury, procesy, standardy, jakość.

¹⁴ *Sprawozdanie Dziekana za rok 2010*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Warszawa 2011.

- Studia podyplomowe w zakresie Inżynierii Systemów Informatycznych Zarządzania i Wspomagania Decyzji.
- Studia podyplomowe w zakresie Narzędzi i Technik Wirtualnej Edukacji.

Z początkiem roku akademickiego 2011/2012 planowane jest uruchomienie Studiów podyplomowych w zakresie bezpieczeństwa systemów informacyjnych wraz z technikami biometrycznymi.

Coraz częściej oferowane przez Wydział różnorodne formy kształcenia, a zwłaszcza kursy specjalistyczne, są prowadzone przez jednostki utworzone w wyniku porozumień z instytucjami zewnętrznymi. Przykładami tego typu przedsięwzięć są:

- działające od 2002 roku pod patronatem Międzynarodowej Unii Telekomunikacyjnej Centrum Szkoleniowe Technik Internetowych (ITU-ITC), w ramach którego funkcjonuje Akademia CISCO, prowadzi od kilku lat specjalistyczne kursy z dziedziny sieci teleinformatycznych i ochrony informacji;
- utworzone we współpracy z Polską Telefonią Cyfrową, działające od 2005 roku Laboratorium Badań i Rozwoju Systemów i Aplikacji Mobilnych — BRAMA, realizujące projekty dotyczące systemów telefonii komórkowej następnych generacji; projekty te realizowane są głównie przez studentów i doktorantów w ramach procesu dyplomowania i przygotowania rozpraw doktorskich; BRAMA prowadzi także różnego rodzaju szkolenia;
- tworzone obecnie we współpracy z IBM Poland *University Competence Center WEiTI*; już w grudniu 2010 roku zorganizowano dla studentów, doktorantów i pracowników WEiTI (ponad 200 uczestników) kurs pozwalający na uzyskanie certyfikatu IBM w zakresie baz danych; przygotowane są kolejne trzy kursy na temat Cloud Computing, Web-Sphere i LOTUS.

Po angielsku

Równoległe z prowadzonymi w pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych pracami przygotowującymi wprowadzenie studiów dwu-, a następnie trzystopniowych, prowadzone były prace nad koncepcją kształcenia w języku angielskim. Studia w języku angielskim, przeznaczone zarówno dla obcokrajowców, jak i obywateli polskich, zostały w efekcie uruchomione w roku akademickim 1993/1994. Ich trzystopniowa struktura obejmuje:

- 4-letnie studia I stopnia prowadzące do dyplomu inżyniera (*Bachelor of Science*);
- 2-letnie studia II stopnia prowadzące do dyplomu magistra inżyniera (*Master of Science*);
- 4-letnie studia III stopnia (studia doktoranckie) prowadzące do stopnia naukowego doktora (*Philosophiae Doctor*), w formie studiów niestacjonarnych.

Studia w języku angielskim prowadzone są na makrokierunku **Electrical and Computer Engineering**. Na studiach I stopnia zdefiniowano początkowo 5, a następnie 6 specjalności. W praktyce jednak, ze względu na ograniczone zainteresowanie kandydatów uruchamiane były jedynie dwie specjalności: **Computer Systems and Networks** oraz **Telecommunications**.

Przedmioty prowadzone na studiach **Electrical and Computer Engineering** służą także studentom przyjeżdżającym na Wydział w ramach różnego rodzaju programów międzynarodowej wymiany studentów, przede wszystkim w ramach programu *LLP-Erasmus* (poprzednio *Socrates-Erasmus*), a także programów *EU-Canada Student Mobility* oraz *European Korean Leadership Alliance*.

Ofertę kształcenia w języku angielskim wzbogacają też coraz częściej przedmioty prowadzone w intensywnej formie przez krótki okres (najczęściej tydzień lub dwa tygodnie) przez profesorów uczelni zagranicznych, wizytujących Wydział lub Uczelnię. Przedmioty takie, przeznaczone przede wszystkim dla doktorantów i studentów studiów II stopnia, jeszcze przed kilkoma laty były rzadkością, ostatnio są oferowane w liczbie kilku w semestrze.

Jeszcze inną formą oferty dydaktycznej przeznaczonej dla studentów zagranicznych są przedmioty realizowane w ramach programu wymiany międzynarodowej *ATHENS (Advanced Technology Higher Education Network Socrates)*, w którym Wydział uczestniczy od 2006 roku, mając za partnerów kilkanaście uczelni zagranicznych z Austrii, Belgii, Czech, Francji, Grecji, Hiszpanii, Holandii, Niemiec, Norwegii, Polski, Portugalii, Turcji, Węgier i Włoch. Studenci korzystający z programu — odwiedzając wybrane uczelnie partnerskie — zalicza-

ją oferowane przez nie 30-godzinne przedmioty, realizowane w formie intensywnych zajęć trwających jeden tydzień.

Poziom organizowanej przez Wydział międzynarodowej wymiany studentów stale rośnie. Co równie istotne, liczba studentów zagranicznych realizujących część programu studiów na naszym Wydziale wzrasta znacznie szybciej niż liczba studentów wyjeżdżających w podobnym celu za granicę. W ten sposób stopniowo zanika dysproporcja między liczbą przyjeżdżających i wyjeżdżających studentów.

Tendencje te najlepiej ilustrują liczby. Jeszcze w połowie lat dziewięćdziesiątych poziom mobilności był bardzo skromny — w roku akademickim 2005/2006 z programów wymiany akademickiej skorzystało 35 studentów Wydziału, a przyjechało do nas jedynie 15 studentów zagranicznych. W ostatnich latach liczby te były kilkakrotnie większe. W ramach programu LLP-Erasmus (wcześniej Socrates-Erasmus) w trzech ostatnich latach (2008–2010) za granicę wyjechało odpowiednio 103, 95 i 85 studentów Wydziału (stanowi to około 20% jednego rocznika studiów stacjonarnych), a przyjechało 65, 83 i 83 studentów zagranicznych¹⁵. W ramach programu ATHENS w okresie rozpatrywanych trzech lat odpowiednio 39, 75 i 45 studentów Wydziału wyjechało na cykl przedmiotów oferowanych przez inne uczelnie europejskie, zaś 95, 120 i 80 studentów zagranicznych było słuchaczami przedmiotów oferowanych przez Wydział.

Godny odnotowania jest zwłaszcza fakt, że liczba studentów zagranicznych uczestniczących w ramach programu ATHENS w przedmiotach prowadzonych na Wydziale przekracza — niekiedy znacznie — liczbę naszych studentów zaliczających przedmioty prowadzone w uczelniach zagranicznych. Jest to rzadki przypadek w polskim szkolnictwie wyższym, od lat borykającym się z problemem braku równowagi w liczbie studentów wyjeżdżających i przyjeżdżających w ramach programów międzynarodowej wymiany akademickiej.

Inną formą internacjonalizacji kształcenia na Wydziale jest prowadzenie prac magisterskich we współpracy z partnerami zagranicznymi; związane jest to z wydawaniem podwójnych dyplomów. Inicjatywa taka została podjęta jeszcze w latach dziewięćdziesiątych w ramach współpracy z rzymskim uniwersytetem Tor Vergata, jednakże dopiero w ostatnich latach podjęto bardziej intensywne działania w tym zakresie. Opracowane na Wydziale zasady prowadzenia prac magisterskich we współpracy z uczelniami zagranicznymi stały się podstawą uchwały Senatu Politechniki Warszawskiej w tej sprawie. Zgodnie z tymi zasadami przygotowane zostały podpisane w 2008 roku porozumienia o współpracy z Technische Universität Berlin i École Polytechnique de l'Université de Nantes¹⁶. Kolejne porozumienia obejmujące kwestię podwójnego dyplomowania podpisano z Université du Luxembourg (w 2009 roku) i Universidade Nova de Lisboa (w 2010 roku).

Coś dla przyszłych studentów

Przez długie lata obiektem zainteresowania Wydziału byli przede wszystkim studenci studiów stacjonarnych (dziennych), a także osoby w różnym wieku podejmujące studia niestacjonarne (wieczorowe i zaoczne) i studia podyplomowe oraz korzystające z innych form kształcenia doskonalącego kompetencje zawodowe. Od kilku lat przedmiotem naszego zainteresowania są studenci *in spe* — uczniowie szkół ponadgimnazjalnych. W styczniu 2009 roku utworzono Wszechnicę Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych, kontynuującą i rozszerzającą działalność prowadzoną wcześniej przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki. Celem działalności Wszechnicy, której patronuje jej pomysłodawca i przewodniczący Rady Programowej — Andrzej Jakubowski, jest m.in. popularyzacja wiedzy w dziedzinach, w których specjalizuje się Wydział, a w konsekwencji zwiększenie zainteresowania młodzieży studiami na Wydziale. Podejmowane są też działania zmierzające do podniesienia efektywności nauczania przedmiotów ścisłych w szkołach ponadgimnazjalnych. W 2010 roku w ramach Wszechnicy pracownicy Wydziału wy-

¹⁵ *Sprawozdanie Dziekana za rok 2008*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Warszawa 2009. *Sprawozdanie Dziekana za rok 2009*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Warszawa 2010. *Sprawozdanie Dziekana za rok 2010*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Warszawa 2011.

¹⁶ *Sprawozdanie Dziekana za rok 2008*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Warszawa 2009.

głosili 18 wykładów popularnonaukowych, a także zorganizowali kilkanaście pokazów w laboratoriach Instytutu Mikroelektroniki i Optoelektroniki oraz Instytutu Telekomunikacji¹⁷.

LICZBA PRAWDĘ CI POWIE

Zmianom w ogólnej strukturze studiów, zmierzającym do wzbogacenia oferty dydaktycznej, towarzyszył w okresie pierwszych 50 lat działalności Wydziału rozwój ilościowy systemu kształcenia. W ostatniej dekadzie nastąpiła jednak stagnacja, a następnie spadek liczby osób kształcących się na Wydziale. Ilustrują to dane zamieszczone w tablicy 8, przedstawiające liczbę studentów podstawowych rodzajów studiów (pełne dane dotyczące poszczególnych lat w okresie 1951–1996 są podane w jubileuszowym wydawnictwie związanym z obchodami 50-lecia Wydziału¹⁸).

HISTORIA KOŁEM SIĘ TOCZY

Podsumowując rozważania na temat struktury systemu studiów, można stwierdzić, że istotne zmiany w rodzajach i długości prowadzonych na Wydziale studiów miały miejsce dość często. Jeszcze częściej następowały zmiany w układzie kierunków, specjalności i specjalizacji bądź uprofilowań. Niektóre z tych zmian były wymuszone decyzjami na szczeblu centralnym — najczęściej decyzjami odpowiedniego ministerstwa, w którego gestii pozostawały sprawy szkolnictwa wyższego. Inne, zwłaszcza w ostatnich latach — w okresie dużej autonomii Uczelni i Wydziału — wynikały z inicjatywy środowiska akademickiego.

Podstawowej formą kształcenia na Wydziale były, są i będą studia dzienne, nazywane obecnie studiami stacjonarnymi. Śledząc 60-letnią historię tej formy kształcenia łatwo dostrzec, że mieliśmy już jednolite studia magisterskie (o różnym czasie trwania), mieliśmy tzw. system binarny (równolegle prowadzone studia magisterskie i studia zawodowe), mieliśmy też w przeszłości — na samym początku działalności Wydziału jako samodzielnej jednostki — studia dwustopniowe. Można zatem powiedzieć, że „przerabialiśmy” już niemal wszystkie warianty ogólnej struktury systemu studiów. Zatoczyliśmy przy tym potężne koło i wróciliśmy do stanu sprzed ponad pół wieku — do systemu studiów dwustopniowych.

Uzasadnienie celowości prowadzenia studiów w strukturze dwustopniowej jest dziś jednak zupełnie inne niż wiele lat temu. Jest ono niezbędne w warunkach zwiększającej się liczby młodzieży podejmującej studia wyższe, w tym także studia techniczne. Stanowi ponadto wyraźny krok w kierunku zbliżenia systemu kształcenia na Wydziale do wzorów zachodnich, co m.in. ułatwia międzynarodową wymianę studentów. Taki bowiem model studiów, powszechnie przyjęty w uniwersytetach północnoamerykańskich, japońskich i australijskich, staje się dominującym modelem kształcenia także w 47 krajach tworzących — w wyniku realizacji Procesu Bolońskiego — Europejski Obszar Szkolnictwa Wyższego¹⁹.

Działalność Wydziału w obszarze kształcenia nie ogranicza się, oczywiście, do studiów dziennych. Proces różnicowania oferty dydaktycznej występuje szczególnie wyraźnie po 1990 roku. Jest on przejawem ogólnoswiatowej tendencji do wzbogacania, różnicowania i dostosowywania przez uczelnie zestawu oferowanych usług edukacyjnych do coraz bardziej zróżnicowanych potrzeb poszerzającego się kręgu potencjalnych odbiorców tych usług — tendencji związanej z upowszechnianiem idei uczenia się przez całe życie (*life-long learning*).

Tak więc historia kołem się toczy... Wspomnieliśmy już o powrocie do struktury studiów sprzed ponad pół wieku — systemu studiów dwustopniowych. Przypomnijmy więc jeszcze, że począwszy od 1975 roku przez kilkanaście lat studia dzienne prowadzone były na kierunkach: **Elektronika, Informatyka i Telekomunikacja**, którą to listę uzupełniła w 1989 roku **Auto-**

¹⁷ *Sprawozdanie Dziekana za rok 2010*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Warszawa 2011.

¹⁸ A. Kraśniewski, *System kształcenia*, w: R.Z. Morawski (red.), *Wczoraj, dziś i jutro Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej, 1951–2001*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.

¹⁹ A. Kraśniewski, *Proces Boloński — to już 10 lat*, Fundacja Rozwoju Systemu Edukacji, 2009. *Trends 2010: A Decade of Change in European Higher Education*, European University Association, 2010.

Tablica 8

Liczba studentów podstawowych rodzajów studiów

Rok akademicki ^(a)	Studia dzienne/stacjonarne			
	zawodowe (inżynierskie)		magisterskie	
	„tradycyjne”	I stopnia	jednolite ^(b)	uzupełniające ^(c) / /II stopnia
1951/1952	635			141
1956/1957			831	207
1961/1962			1255	
1966/1967			2080	
1971/1972	415		1629	
1976/1977			1713	
1981/1982			1758	
1986/1987			1688	
1991/1992	41		1865	
1996/1997	25	1637	1008	
1997/1998		1859	673+315	3
1998/1999		1971	298+595	60
1999/2000		2074	56+681	174
2000/2001		2053	11+615	327
2001/2002		2163	544	457
2002/2003		2270	483	531
2003/2004		2256	472	558
2004/2005		2286	474	537
2005/2006		2228	497	515
2006/2007		2210	464	626
2007/2008		2271	437	618
2008/2009		2341	330	579
2009/2010		2365	191	570
2010/2011		2273	65	717

(a) Dane z poszczególnych lat nie są ściśle porównywalne: niektóre dane obrazują stan po semestrze zimowym, inne — po semestrze letnim danego roku akademickiego.

(b) Sumę występującą w wierszach odpowiadających okresowi 1997/1998–2000/2001 należy interpretować w następujący sposób: pierwszy składnik oznacza studentów „tradycyjnych” jednolitych studiów magisterskich, a drugi — studentów studiów, którzy podjęli studia II stopnia po etapie B studiów I stopnia (z formalnego punktu widzenia zostali przeniesieni na ostatni etap jednolitych studiów magisterskich, tożsamy programowo ze studiami II stopnia).

(c) Począwszy od roku akademickiego 1997/1998 uzupełniające studia magisterskie oznaczają studia II stopnia podejmowane przez absolwentów studiów I stopnia.

(d) Suma danych występujących w pozostałych kolumnach; nie reprezentuje łącznej liczby studentów Wydziału, nie obejmuje bowiem w szczególności studentów studiów doktoranckich, studiów prowadzonych w języku angielskim oraz studiów podyplomowych; nie wykazano też studentów z wymiany międzynarodowej ani studentów–wolnych słuchaczy.

Źródło: *Historia i dorobek Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej 1951–1976* (dane z lat 1951/1952–1975/1976); **Historia i dorobek Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej 1977–1986** (dane z lat 1976/1977–1985/1986); sprawozdania Dziekana (dane z lat 1986/1987–1999/2000), system ERES (dane z lat 2000/2001–2010/2011).

Tablica 8

Liczba studentów podstawowych rodzajów studiów

Studia niestacjonarne				Łącznie ^(d)
studia wieczorowe		studia zaoczne (eksternistyczne)		
zawodowe (inżynierskie)	magisterskie uzupełniające/ /II stopnia	zawodowe (inżynierskie)	magisterskie uzupełniające/ /II stopnia	
				776
			51	1089
	125		45	1425
470			32	2582
464			10	2518
437	55			2205
274	18			2050
71		29		1788
		32		1938
222	56			2946
372	44			3266
434	52			3410
490	62			3537
504	71			3581
466	77	117		3824
367	87	198		3936
328	92	210		3916
259	96	205		3857
169	81	175	42	3707
164	58	182	81	3785
141	48	228	110	3853
104	43	244	142	3783
86	33	233	110	3588
67	22	245	93	3482

matyka i Robotyka. Podejmując na początku tego roku decyzję o utworzeniu na Wydziale kierunków studiów pierwszego i drugiego stopnia o nazwach tożsamych z nazwami dyscyplin naukowych, wróciliśmy do tej koncepcji.

Za, do pewnego stopnia, paradoksalną można uznać sytuację, iż w czasach, kiedy obowiązywała centralna lista kierunków studiów, włożyliśmy mnóstwo wysiłku, aby wyrwać się z jej więzów i wprowadzić studia na makrokierunku, obecnie zaś — mając pełną swobodę decydowania o nazwach prowadzonych kierunków studiów — przyjmujemy rozwiązanie najbardziej „tradycyjne” z możliwych. Trudno przewidzieć, czy zasadny jest argument, że te tradycyjne, dobrze ugruntowane i powszechnie zrozumiałe nazwy mogą stać się atutem w sytuacji, gdy mniej renomowane instytucje będą zapewne próbowały przyciągać uwagę kandydatów na studia nowatorskimi, oryginalnymi poczynaniami w zakresie nazewnictwa prowadzonych kierunków studiów. Czas pokaże czy — w warunkach zmniejszającej się liczby kandydatów na studia wyższe — jest to właściwa strategia.

PROGRAMY STUDIÓW

Zmiana struktury studiów, czyli rodzajów studiów lub układu kierunków i specjalności, pociąga za sobą na ogół także zmiany w programach studiów. Istotne modyfikacje programowe mogą następować jednak również w warunkach stabilnej struktury systemu studiów. Prześledźmy zatem ewolucję programów studiów, jaka miała miejsce w dotychczasowej historii Wydziału, zarówno w powiązaniu ze zmianami struktury studiów, jak też niezależnie od tych zmian.

Zacznijmy od podstaw, czyli uwag natury terminologicznej. W tym opracowaniu używamy terminologii tradycyjnej. Mówiąc „program studiów”, mamy na myśli plan studiów oraz programy nauczania. Plan studiów określa zestaw przedmiotów na poszczególnych semestrach oraz inne wymagania, takie jak odbycie praktyki, których spełnienie warunkuje uzyskanie dyplomu ukończenia studiów. Plan studiów określa także dla każdego z przedmiotów wymiar poszczególnych form dydaktycznych: wykładów, ćwiczeń i innych rodzajów zajęć. Programy nauczania definiują natomiast zawartość treściową przedmiotów występujących w planie studiów.

Założenia dotyczące terminologii są istotne, ponieważ obowiązująca od 1 października 2011 roku nowelizacja *Prawa o szkolnictwie wyższym*²⁰ wprowadza inny system pojęciowy. Kluczowym pojęciem staje się „program kształcenia”, stanowiący *opis określonych przez uczelnię spójnych efektów kształcenia, zgodny z Krajowymi Ramami Kwalifikacji dla Szkolnictwa Wyższego, oraz opis procesu kształcenia, prowadzącego do osiągnięcia tych efektów, wraz z przypisanymi do poszczególnych modułów tego procesu punktami ECTS*.

Znaczne zmiany w zestawie przedmiotów i ich zawartości treściowej w ciągu 60 lat istnienia Wydziału, który kształci absolwentów w rozwijających się dynamicznie obszarach nauk technicznych, są oczywiste. Porównywanie kolejnych programów pod tym względem nie wydaje się zatem ani możliwe, ani celowe. Zasadnicze kierunki zmian w „treściach” odpowiadają w znacznym stopniu przedstawionym poprzednio zmianom w układzie kierunków, specjalności i specjalizacji.

Można natomiast porównywać pewne ogólne „wskaźniki” charakteryzujące kolejno wprowadzane programy studiów, takie jak:

- liczba godzin zajęć (łącznie w całym programie studiów oraz średnio w tygodniu);
- udział podstawowych grup przedmiotów: przedmiotów wspólnych dla Wydziału, przedmiotów związanych z podstawowym kształceniem na kierunku (specjalności), przedmiotów nietechnicznych itp.;
- udział poszczególnych form prowadzenia zajęć: wykładów, ćwiczeń, zajęć laboratoryjnych i projektowych, zajęć realizowanych pod kierunkiem indywidualnego opiekuna itp.;
- udział przedmiotów obieralnych i inne wskaźniki charakteryzujące możliwości indywidualizacji programu studiów przez studentów.

Spróbujmy zatem prześledzić, jak zmieniał się charakter programów studiów na Wydziale, analizując w szczególności wymienione „parametry”. Ograniczymy się do podstawowego rodzaju studiów — studiów dziennych (stacjonarnych).

PIERWSZE PÓŁ WIEKU

Podobnie jak w przypadku struktury studiów, historię zmian, które zaszły do połowy lat dziewięćdziesiątych przedstawimy w sposób bardzo syntetyczny. Bardziej szczegółowe rozważania na ten temat są zawarte w opracowaniu będącym częścią jubileuszowego wydawnictwa związanego z obchodami 50-lecia Wydziału.

Analizując dokonywane zmiany programowe, należy brać pod uwagę to, że w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych zestaw specjalności oraz programy studiów były definiowane na poziomie ministerstwa i z natury miały dość sztywny charakter. Później rola ministerstwa ograniczała się do zatwierdzania planów studiów i programów nauczania opracowanych przez poszczególne uczelnie. Dopiero w 1990 roku *Ustawa o szkolnictwie wyższym* stwo-

²⁰ Ustawa z dnia 18 marca 2011 roku o zmianie ustawy — *Prawo o szkolnictwie wyższym*, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw.

rzyła uczelniom autonomicznym, a ściślej radom wydziałów, możliwości w zasadzie dowolnego kształtowania programów studiów. Formalnie, swoboda ta była ograniczona przez minima programowe, definiowane dla poszczególnych kierunków studiów przez Radę Główną Szkolnictwa Wyższego. W praktyce, proces definiowania minimów przebiegał dość wolno — przykładowo, minima dla kierunku **Elektronika i Telekomunikacja** zostały zdefiniowane dopiero w 2000 roku.

Przypomnijmy więc — realizowane mimo istniejących ograniczeń — najbardziej istotne działania w zakresie kształtowania programu studiów dziennych. Nie chodzi tu o dokonywane w sposób ciągły zmiany zawartości treściowej programów, przeprowadzane zgodnie z wymogami ich aktualizacji, lecz raczej o zmiany w sposobie organizacji procesu dydaktycznego, a zwłaszcza o nowe typy przedmiotów i zajęć, proporcje różnych typów zajęć w programach studiów oraz zakres posiadanej przez studenta swobody w indywidualizacji programu kształcenia.

1973 Zwiększono w programie studiów udział form dydaktycznych sprzyjających „uczeniu się” (a nie tylko nauczaniu), wprowadzając nowy typ zajęć — prowadzone pod opieką indywidualnego opiekuna pracownie problemowe. Rozszerzono także znacznie elastyczność studiowania, zwiększając liczbę przedmiotów obieralnych na wyższych latach studiów — w istocie wprowadzono niemal pełną indywidualizację studiów (nasz Wydział był pierwszą wydziałem na polskich uczelniach technicznych, na którym dokonano wówczas tak daleko idącej indywidualizacji programu studiów).

1980 W planie pierwszego semestru studiów znalazły się przedmioty typu: Wstęp do elektroniki, Wstęp do automatyki itp. Wprowadzono nową formę zajęć dydaktycznych, tzw. lekcje, integrujące tradycyjne formy wykładu i ćwiczeń, a niekiedy także zajęć projektowych. Ponadto, w kluczowych przedmiotach na pierwszym roku studiów wprowadzono inną nową formę zajęć — nieobowiązkowe konwersatoria, mające pomóc słabszym studentom w opanowaniu materiału.

Ustawa o szkolnictwie wyższym z 1990 roku stworzyła uczelniom autonomicznym warunki do samodzielnego kształtowania ogólnej struktury i programów studiów. Korzystając z tych możliwości, już w roku akademickim 1990/1991 wprowadzono wiele nowych rozwiązań, które w swym zasadniczym kształcie przetrwały do dziś. Istotą dokonanych wówczas zmian było odejście od tradycyjnej metody definiowania „sztywnego” planu studiów obowiązującego wszystkich studentów. Przyjęto bowiem zasadę, że każdy student realizuje swój indywidualny plan studiów, określając zestaw przedmiotów, na które uczęszcza w kolejnych semestrach. W związku z tym podzielono 5-letni okres studiów na etapy (rysunek 2) i dla każdego z etapów zdefiniowano wymagania programowe, tzn. wymagania odnoszące się do zestawu przedmiotów, które należało zaliczyć, aby ukończyć ten etap.

W celu określenia wymagań programowych zestaw prowadzonych na Wydziale przedmiotów podzielono na kilka grup, a z każdym przedmiotem związane pewną liczbę atrybutów, w tym:

- liczbę jednostek dydaktycznych, określającą „wagę” przedmiotu, równą zwykle liczbie godzin zajęć w tygodniu z tego przedmiotu;
- warunki następstwa (poprzedzania), określające zbiór przedmiotów, które student musi zaliczyć przed zarejestrowaniem się na dany przedmiot.

Przyjęcie tych ustaleń umożliwiło zdefiniowanie wymagań programowych etapu studiów przez określenie — obok zbioru przedmiotów obowiązkowych — liczby jednostek dydaktycznych, które należy uzyskać za zaliczenie przedmiotów obieralnych wybranych z całej oferty Wydziału, oraz wymagań związanych z przedmiotami dodatkowymi.

ELASTYCZNOŚĆ W PEŁNI ROZKWITU

Dalsze rozwinięcie koncepcji zakładającej, że wszyscy studenci studiują według indywidualnych planów studiów, nastąpiło w roku akademickim 1994/1995, z chwilą wprowadzenia systemu studiów dwustopniowych.

Realizacja przyjętej filozofii definiowania wymagań programowych oparta została na idei podziału zestawu przedmiotów prowadzonych na Wydziale na tzw. klasy tematyczne, grupujące przedmioty należące do określonego obszaru tematycznego. Klasy tematyczne służy-

ły z kolei do zdefiniowania klas programowych odpowiadających obszarom wiedzy ważnym z punktu widzenia kompletności wykształcenia.

Wymagania programowe, zdefiniowane dla poszczególnych specjalności, były zbiorem klas programowych. Dla każdej z tych klas podana była minimalna liczba jednostek dydaktycznych, jaką student musiał uzyskać, zaliczając przedmioty z tej klasy, oraz dla niektórych klas dodatkowo — zbiór przedmiotów obowiązkowych w danej klasie. Wymagania odnoszące się do poszczególnych klas programowych uzupełnione były ogólnym wymaganiem uzyskania określonej liczby jednostek dydaktycznych we wszystkich klasach łącznie. W ten sposób student, tworząc indywidualny program studiów, miał możliwość swobodnego wyboru przedmiotów w ramach danej klasy oraz możliwość swobodnego wyboru przedmiotów spośród całej oferty programowej Wydziału i nie tylko Wydziału. Aby ułatwić studentom kształtowanie indywidualnych programów i planów studiów, opracowano modelowe plany studiów dla poszczególnych specjalności, określające zestaw przedmiotów zalecanych w kolejnych semestrach.

Wśród nowych elementów programu studiów warto wymienić „przedmiot” pod nazwą „Orientacja”, obejmujący m.in. przekazywanie studentom wyczerpujących informacji na temat systemu studiów oraz zasad tworzenia indywidualnych programów i planów studiów.

Należy również odnotować zachodzące w tym okresie zmiany w rozumieniu pojęcia „przedmiot”. Przedmioty techniczne prowadzone na Wydziale stały się w większym stopniu zintegrowanymi modułami programowymi, łączącymi nabywanie wiedzy z rozwijaniem umiejętności. Podjęto próbę realizacji postulatu, aby każdy przedmiot obejmował — oprócz wykładów — zajęcia projektowe lub laboratoryjne, a w przypadku niektórych przedmiotów także ćwiczenia audytoryjne. Koncepcja „dużych”, zintegrowanych przedmiotów wynikała nie tylko z naturalnego dążenia do stworzenia silnego sprzężenia między zajęciami o charakterze teoretycznym i praktycznym, zgodnie z kształtującymi się międzynarodowymi standardami w tym zakresie, lecz była także odpowiedzią na postulowane przez studentów ograniczenie liczby wymaganych „wpisów do indeksu”.

KAŻDY CIĄGNIĘ W SWOJĄ STRONĘ?

Programy studiów opracowane w związku z wprowadzeniem dwustopniowej struktury studiów i realizowane w przypadku studiów I stopnia począwszy od roku akademickiego 1994/1995 okazały się — mimo licznych zastrzeżeń zgłaszanych pod ich adresem — „produktem” zadziwiająco trwałym.

Zmiany przyniosło dopiero wyodrębnienie z początkiem roku akademickiego 2001/2002 kształcenia na kierunku **Informatyka** oraz przyjęcie zmian w układzie specjalności na makrokierunku **Informatyka, Automatyka i Robotyka, Elektronika i Telekomunikacja**. Dokonywane zmiany zmierzały m.in. w kierunku zmniejszenia kosztocłonności procesu dydaktycznego przez częściowe zastępowanie „droższych” form realizacji zajęć — formami tańszymi.

W ocenie działającej począwszy od grudnia 2002 roku pod przewodnictwem ówczesnego dziekana, Józefa Lubacza, Dziekańskiej Komisji ds. Rozwoju Wydziału, której zadaniem było dokonanie wszechstronnej analizy stanu Wydziału oraz przedstawienie koncepcji zmian organizacyjno-funkcjonalnych, opracowane programy studiów były dalekie od ideału²¹.

Zwrócono przede wszystkim uwagę na to, że *prace nad systemem i programami kształcenia nierzadko były prowadzone bez dostatecznie jasno wytyczonych celów nadrzędnych, co wraz z ujawniającymi się w tych pracach interesami o charakterze partykularnym (instytucyjnym, zakładowym i indywidualnym), wyraziło się brakiem konsekwencji we wdrażaniu i realizacji kształcenia makrokierunkowego*. Wykazano, że wymagania programowe dla poszczególnych potoków w ramach makrokierunku, sformułowane przez trzy oddzielne rady programowe, bez dostatecznej koordynacji ze strony Komisji ds. Kształcenia Rady Wydziału, różnią się znacznie, nawet pod względem sposobu ich sformułowania. Ponadto, zdaniem Komisji, *wydziałenie z makrokierunku kształcenia na kierunku Informatyka, pogłębiło nieracjonalną dywersyfikację programów nauczania na pierwszych latach studiów oraz uczyniło system kształcenia mało spójnym i przejrzystym*.

²¹ Raport nr 3 Dziekańskiej Komisji ds. Rozwoju Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych, czerwiec 2004.

W tej sytuacji jako kluczową sprawę Komisja uznała doprowadzenie do opracowania i realizacji wspólnego programu nauczania dla wszystkich studentów na pierwszych kilku semestrach studiów I stopnia, przedstawiając dla tego etapu kształcenia koncepcję odpowiednich wymagań programowych.

W dyskusji nad tezami Komisji przedstawiciele Samorządu Studenckiego wskazywali na inne mankamenty prowadzonych programów studiów: „przeładowanie” programów przedmiotów podstawowych oferowanych na pierwszym etapie studiów, przestarzałe programy niektórych przedmiotów technicznych, zbyt mały zakres obieralności przedmiotów oraz nie-najlepsze procedury uruchamiania przedmiotów i zapisów na przedmioty, a także oceny jakości kształcenia.²²

ELASTYCZNOŚĆ W ODWROCIE

Istotne zmiany w programach studiów związane były z decyzją o skróceniu do 7 semestrów — począwszy od roku akademickiego 2008/2009 — studiów I stopnia. Opracowane, nieco w pośpiechu, i uchwalone „po kawałku” modelowe plany studiów i wymagania programowe, charakteryzują się znacznymi różnicami między poszczególnymi specjalnościami. Niestety, zróżnicowanie to przyniosło w niektórych przypadkach znaczne ograniczenie elastyczności programowej. Wymagania programowe kilku specjalności przewidują zaledwie 3 jednostki dydaktyczne (jd) przedmiotów obieralnych swobodnego wyboru — wybieranych spośród całej oferty Wydziału. Podobne tendencje zarysowały się w programach studiów II stopnia. Przyjęte niedawno wymagania programowe i plany wzorcowe dla studiów II stopnia są znacznie bardziej „usztynnione”, niż ich poprzednia wersja.

O takim kierunku zmian zadecydowało — obok przesłanek natury ekonomicznej — wynikające z obserwacji procesu kształcenia przeświadczenie znacznej części kadry akademickiej, że nadmierna elastyczność programowa, zwłaszcza na studiach II stopnia, rodzi tendencję do wybierania przez większość studentów przede wszystkim przedmiotów łatwych do zaliczenia, a „omijania” przedmiotów bardziej ambitnych, trudniejszych, stawiających wyższe wymagania.

Usztynwienie programów studiów II stopnia wiąże się z inną tendencją — studia na poszczególnych kierunkach i specjalnościach stają się coraz mniej ogólnowyziałowe, a coraz bardziej „instytutowe”.

LICZBA PRAWDE CI POWIE

Dokładniejsza, ilościowa analiza procesów zachodzących w pierwszych 50 latach działalności Wydziału w zakresie programów kształcenia została przedstawiona w opracowaniu będącym częścią jubileuszowego wydawnictwa wydanego w 2001 roku. Przedmiotem porównania były cechy dziennych studiów (stacjonarnych) prowadzących do dyplomu magisterskiego, realizowanych jako „klasyczne” studia jednolite lub — począwszy od 1994 roku — studia jednolite w strukturze dwustopniowej (obejmujące etapy A i B studiów I stopnia oraz studia II stopnia). Wyniki tej analizy, uzupełnione o dane dotyczące programu studiów po zmianach związanych z wyodrębnieniem kierunku **Informatyka** przedstawiono w tablicy 9.

Dane w tablicy, odnoszące się do kształcenia specjalnościowego, dotyczą w każdym przypadku programu studiów odpowiadającego specjalności bądź uprofilowaniu związanemu z aparaturą pomiarową. Dane te są jednakże w znacznej mierze reprezentatywne dla zmian zachodzących w programach studiów na Wydziale.

Dane podane w tablicy 9 uzyskano przy następujących założeniach:

- Łączna liczba godzin zajęć w programie studiów oraz podział zajęć na poszczególne grupy przedmiotów nie obejmuje konwersatoriów, WF, szkolenia wojskowego, zajęć na ostatnim semestrze bezpośrednio związanych z wykonaniem pracy dyplomowej (obejmuje natomiast pracownie realizowane na wcześniejszych semestrach oraz seminaria dyplomowe). Zajęcia z WF oraz praca dyplomowa są elementami wszystkich rozpatrywanych programów studiów, występowanie w programie studiów szkolenia wojskowe-

²² Protokół z nadzwyczajnego posiedzenia Rady Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych w dniu 21 grudnia 2004 roku.

Tablica 9

Zmiany w programie studiów magisterskich

Rok akademicki	1966/1967	1974/1975	1980/1981	1992/1993	1997/1998	2004/2005
Liczba semestrów	10	9	9	10	10	10
Liczba tygodni zajęć w semestrze	15	16	15	15	15	15
Łączna liczba godzin zajęć w programie studiów	3825 ^(a)	4112 ^(b)	3375 ^(b)	3255	3300	3300
Procentowy udział poszczególnych grup przedmiotów w programie studiów:						
przedmioty nietechniczne	13,3%	18,6%	20,0%	12,9%	14,6%	15,9%
przedmioty techniczne wspólne dla Wydziału	65,5%	50,6%	30,2%	23,5%	26,8% ^(e)	20,0% ^(f)
przedmioty techniczne wspólne dla kierunku (lub grupy specjalności)	—	—	16,4%	—	9,6%	11,7%
przedmioty techniczne obowiązkowe dla specjalności oraz uprofilowania	9,0%	10,5%	13,8%	33,2%	16,8%	13,1%
przedmioty techniczne ograniczonego wyboru (związane ze specjalnością lub uprofilowaniem)	11,4%	—	—	3,7%	4,5%	15,5%
przedmioty techniczne swobodnego wyboru	—	12,5% ^(c)	10,7%	13,8%	17,7%	7,1%
przygotowanie do pracy dyplomowej (pracownia, seminarium dyplomowe)	0,8%	7,8%	8,9%	12,9%	10,0%	16,7%
Procentowy udział poszczególnych form prowadzenia zajęć z przedmiotów technicznych:						
wykłady	46,4%	43,5%	50,0% ^(d)	43,0%	52,8%	48,6%
zajęcia zintegrowane (lekcje)	—	—	—	12,6%	0,6%	—
ćwiczenia, seminaria	28,6%	14,7%	20,5%	6,0%	4,5%	6,6%
laboratoria	24,5%	22,0%	17,3%	21,8%	26,1%	17,9%
projekty	0,5%	10,7%	1,9%	0,7%	4,5%	9,0%
pracownie (problemowa, dyplomowa)	—	9,1%	10,3%	15,9%	11,5%	17,9%
Średnia liczba przedmiotów technicznych w semestrze	4,0	6,7	8,2	7,0	5,7	6,0
Średnia liczba godzin zajęć w tygodniu	32,0	33,9	31,4	25,2	25,8	25,2
Łączny czas trwania wakacyjnych praktyk i obozów wojskowych	14 tyg.	16 tyg.	16 tyg.	4 tyg.	—	—

(a) Dodatkowo szkolenie wojskowe (6 semestrów, po 5 godz. w semestrze).

(b) Dodatkowo szkolenie wojskowe (2 semestry, po 6 godz. w semestrze).

(c) Według planów studiów wydawanych w okresie, kiedy studenci podejmujący studia w 1974 roku rozpoczynali indywidualizację kształcenia (wg opracowania *Program studiów magisterskich dla kierunku Elektronika — 1974*: przedmioty techniczne ograniczonego wyboru — 11,7%, przedmioty techniczne swobodnego wyboru — 0,8%).

(d) Łącznie wykłady i lekcje.

(e) Odpowiada zsumowanej po wszystkich klasach programowych liczbie wspólnych dla wszystkich specjalności jednostek dydaktycznych w poszczególnych klasach.

(f) Łączny procentowy udział przedmiotów technicznych wspólnych dla Wydziału oraz wspólnych dla kierunku (lub grupy specjalności) wynosi 31,7%; podział tej wartości na wymienione kategorie jest przybliżony ze względu na trudności w wyodrębnieniu części wspólnej programów prowadzonych od pierwszego semestru w dwóch odrębnych grupach specjalności.

go oraz nieobowiązkowych konwersatoriów zostało zaznaczone w tablicy odpowiednimi odnośnikami.

- Proporcje poszczególnych form dydaktycznych zostały określone wyłącznie dla przedmiotów technicznych, bez uwzględniania przedmiotów obieralnych, z wyjątkiem sytuacji, gdy nazwy przedmiotów obieralnych zostały umieszczone w modelowym planie studiów.
- Średnia liczba przedmiotów technicznych w semestrze dotyczy okresu studiów poprzedzającego rozpoczęcie kształcenia indywidualnego w ramach pracowni problemowych.

Tablica 10

Zmiany w programie studiów stacjonarnych I stopnia

Rok akademicki	1994/1995	2001/2002	2008/2009
Liczba semestrów	8	8	7
Liczba tygodni zajęć w semestrze	15	15	15
Łączna liczba godzin zajęć w programie studiów	2730	2728	2535
Procentowy udział poszczególnych grup przedmiotów w programie studiów:			
przedmioty nietechniczne	19,6%	17,6%	15,8%
przedmioty techniczne wspólne dla kierunku (lub grupy specjalności)	39,2%	39,2%	46,8%
przedmioty techniczne ograniczonego wyboru (związane ze specjalnością)	27,9%	29,9%	27,9%
przedmioty techniczne swobodnego wyboru	6,4%	4,4%	2,1%
przygotowanie do pracy dyplomowej (pracownie, seminarium dyplomowe)	6,9%	8,8%	7,4%
Procentowy udział poszczególnych form prowadzenia zajęć z przedmiotów technicznych:			
wykłady	55,8%	53,0%	52,5%
zajęcia zintegrowane (lekcje)	—	—	—
ćwiczenia, seminaria	4,3%	7,1%	10,0%
laboratoria	27,0%	23,2%	23,1%
projekty	5,5%	7,2%	6,9%
pracownie (problemowa, dyplomowa)	7,4%	9,5%	7,5%
Średnia liczba przedmiotów technicznych w semestrze	5,6	5,9	6,7
Średnia liczba godzin zajęć w tygodniu	25,7	25,7	27,5
Łączny czas trwania praktyk	—	—	4 tyg.

- Średnia liczba godzin zajęć w tygodniu obejmuje wszystkie zajęcia, na które student powinien uczęszczać, w tym WF, szkolenie wojskowe, zajęcia typu „orientacja”, lecz nie obejmuje nieobowiązkowych konwersatoriów. Wartość tej średniej jest liczona bez uwzględniania semestru dyplomowego.

Wyniki podobnej analizy przeprowadzonej dla studiów dwustopniowych przedstawiono w tablicy 10 (studia I stopnia) oraz tablicy 11 (studia II stopnia). Daty (w wierszu „rok akademicki”) odpowiadają momentom wprowadzenia nowych programów studiów na odpowiednim poziomie (stopniu).

Dane w tablicy 10 oraz tablicy 11 odnoszące się do kształcenia specjalnościowego, dotyczą w każdym przypadku programu studiów odpowiadającego specjalności **Radiokomunikacja i Techniki Multimedialne**, będącej — po podziale specjalności **Elektronika i Inżynieria Komputerowa** — „największą” specjalnością na makrokierunku. Dane te są w pewnej mierze reprezentatywne dla zmian zachodzących w programach studiów na Wydziale, choć — w związku z pogłębiającymi się różnicami między programami poszczególnych kierunków i specjalności — reprezentatywność ta jest mniejsza niż w przypadku danych zamieszczonych w tablicy 9. Inne specjalności charakteryzują się na ogół większym usztywnieniem programów studiów — mniejszym udziałem przedmiotów obieralnych.

Dane zamieszczone w tablicy 10 uzyskano przy następujących założeniach:

- Łączna liczba godzin zajęć w programie studiów oraz podział zajęć na poszczególne grupy przedmiotów nie obejmuje WF oraz zajęć na ostatnim semestrze bezpośrednio związanych z wykonaniem pracy dyplomowej (obejmuje natomiast pracownie realizowane na wcześniejszych semestrach oraz seminaria dyplomowe). Zajęcia z WF oraz przygotowanie pracy dyplomowej inżynierskiej są elementami wszystkich rozpatrywanych programów studiów.
- Proporcje poszczególnych form prowadzenia zajęć dydaktycznych zostały określone wyłącznie dla przedmiotów technicznych oraz przedmiotów związanych z dyplomowaniem.
- Średnia liczba przedmiotów technicznych w semestrze jest liczona bez uwzględnienia semestru dyplomowego.

Tablica 11

Zmiany w programie studiów stacjonarnych II stopnia

Rok akademicki	1998/1999	2005/2006	2012/2013
Liczba semestrów	4	4	4
Liczba tygodni zajęć w semestrze	15	15	15
Łączna liczba godzin zajęć w programie studiów	1140	1140	1200
Procentowy udział poszczególnych grup przedmiotów w programie studiów:			
przedmioty nietechniczne	8,3%	4,2%	4,2%
przedmioty techniczne podstawowe dla specjalności	20,8%	25%	25%
przedmioty techniczne zaawansowane wspólne (dla Wydziału lub kierunku)	8,3%	6,3%	—
przedmioty techniczne zaawansowane ograniczonego wyboru (związane ze specjalnością)	12,5%	15,6%	25%
przedmioty techniczne zaawansowane swobodnego wyboru	6,3%	5,2%	16,7%
przygotowanie do realizacji pracy dyplomowej (pracownie, seminaria dyplomowe) i realizacja pracy dyplomowej	43,8%	43,8%	29,2%
Procentowy udział poszczególnych form prowadzenia zajęć z przedmiotów technicznych zaawansowanych i pracowni dyplomowych:			
wykłady	30,3%	34,8%	43,8%
zajęcia zintegrowane (lekcje)	—	—	—
ćwiczenia, seminaria	5,4%	4,9%	7,1%
laboratoria	13,2%	12,7%	15,0%
projekty	7,9%	6,3%	8,0%
pracownie (problemowa, dyplomowa)	43,2%	41,3%	26,1%
Średnia liczba przedmiotów technicznych w semestrze	4,7	5,7	6,5
Średnia liczba godzin zajęć w tygodniu	24	24	24
Łączny czas trwania praktyk	—	—	—

- Średnia liczba godzin zajęć w tygodniu obejmuje wszystkie zajęcia, na które student powinien uczęszczać, w tym WF, i jest liczona bez uwzględnienia semestru dyplomowego.

Dane podane w tablicy 11 uzyskano przy następujących założeniach:

- Łączna liczba godzin zajęć w programie studiów nie obejmuje zajęć na ostatnim semestrze bezpośrednio związanych z wykonaniem pracy dyplomowej (obejmuje natomiast pracownie realizowane na wcześniejszych semestrach oraz seminaria dyplomowe), chociaż przygotowanie pracy dyplomowej magisterskiej jest elementem wszystkich rozpatrywanych programów studiów.
- Podział zajęć na poszczególne grupy przedmiotów obejmuje wszystkie przedmioty, w tym przygotowanie pracy dyplomowej magisterskiej.
- Proporcje poszczególnych form prowadzenia zajęć dydaktycznych zostały określone wyłącznie dla przedmiotów technicznych zaawansowanych oraz przedmiotów związanych z dyplomowaniem.
- Średnia liczba przedmiotów technicznych w semestrze oraz średnia liczba godzin zajęć w tygodniu jest liczona bez uwzględnienia semestru dyplomowego.

Analizując zmiany dokonywane w programach kształcenia w okresie 60 lat działalności Wydziału (część z nich znajduje ilościowe odzwierciedlenie w danych przedstawionych w tablicach 9–11) można wyróżnić zmiany o różnym charakterze: stałych tendencji, „nawrotów” oraz zjawisk przemijających.

Przez większą część rozpatrywanego okresu, mniej więcej do końca lat dziewięćdziesiątych, najbardziej widoczną tendencją była postępująca indywidualizacja programów studiów i sposobów ich realizacji. Proces ten miał kilka aspektów:

- Następowołało wyraźne zmniejszanie liczby godzin zajęć w planie studiów. Trend ten nie zawsze oznaczał zmniejszanie faktycznych obciążeń studenta, gdyż odpowiednio sformułowane wymagania wymuszały zwiększony wysiłek związany z samokształceniem. Takie

przesunięcie obciążeń było jednak korzystne zarówno dla Wydziału (mniejsze koszty prowadzenia zajęć), jak i dla studenta (praca w dogodnych terminach), przy założeniu, że miał on odpowiednie warunki umożliwiające samodzielne studiowanie — przede wszystkim możliwość korzystania z bibliotek oraz laboratoriów komputerowych i aparaturowych. Należy zauważyć, że choć liczba godzin zajęć w planie studiów uległa wyraźnemu zmniejszeniu, to jednak była ona i nadal jest istotnie większa niż na renomowanych uczelniach zagranicznych.

- Wyraźnie zwiększały się możliwości kształtowania indywidualnego programu studiów, zarówno w zakresie wybranej specjalności, co jest związane z przedmiotami ograniczonego wyboru, jak i w obszarze innych specjalności, a nawet kierunków kształcenia, co jest związane z przedmiotami swobodnego wyboru. Wzrastające możliwości kształtowania indywidualnego programu studiów stwarzały zainteresowanym studentom warunki umożliwiające kształcenie interdyscyplinarne.
- Tworzone były coraz lepsze warunki do nabywania umiejętności samodzielnego rozwiązywania problemów inżynierskich. Zwiększenie liczby godzin przeznaczonych na zajęcia typu „pracownia” oznaczało zwiększony nacisk na realizowane pod kierunkiem indywidualnego opiekuna naukowego kształcenie o charakterze integrującym zdobytą przez studenta wiedzę i umiejętności.

Niektóre z tych trendów uległy zahamowaniu, a nawet odwróceniu w ostatniej dekadzie. Dotyczy to zwłaszcza indywidualizacji programów studiów, możliwej dzięki zwiększaniu elastyczności programowej.

Analizując dane liczbowe podane w tablicach 9–11, można również stwierdzić, że przez większą część rozpatrywanego okresu następowało stopniowe przechodzenie od modelu kształcenia bardziej ogólnego do modelu kształcenia bardziej specjalistycznego. Uwidaczniało się to w malejącym udziale w programie studiów przedmiotów wspólnych dla całego Wydziału. Do pewnego stopnia był to jednak proces naturalny, wynikający ze stałego poszerzania obszaru kształcenia na Wydziale i związanego z tym rozszerzania listy oferowanych specjalności. Również w tym względzie w ostatniej dekadzie zaszły zmiany — uzgodnienie obowiązującego od roku akademickiego 2008/2009 wspólnego dla całego makrokierunku programu studiów na pierwszych czterech semestrach studiów I stopnia stanowiło spore wyzwanie i osiągnięcie. Szkoda tylko, że ten stan integracji Wydziału w obszarze kształcenia na studiach I stopnia nie będzie zapewne trwał długo. Można bowiem oczekiwać, że w związku z likwidacją makrokierunku, wspólny dla całego Wydziału komponent programów studiów na poszczególnych kierunkach ulegnie zapewne znacznej redukcji.

Analizując (tablice 9–11) proporcje poszczególnych form dydaktycznych, można dostrzec utrzymujący się, a nawet rosnący, udział w procesie dydaktycznym biernych form kształcenia — wykładów. Ten niekorzystny trend można wytłumaczyć w następujący sposób. Wraz z redukcją liczby godzin zajęć w planach studiów następuje zwiększenie udziału kształcenia realizowanego indywidualnie przez studenta (nieobjętego formalnie planem studiów). Samokształcenie takie ma — a przynajmniej powinno mieć — formy aktywne, takie jak samodzielna praca w laboratorium czy choćby studia literaturowe. Tak więc niewielki wzrost procentowego udziału wykładów w planie studiów nie musi oznaczać faktycznego zwiększenia udziału biernych form kształcenia w procesie dydaktycznym. Tym niemniej, wraz z obserwowaną w wielu krajach tendencją do reorientowania procesu dydaktycznego na kształtowanie umiejętności i związanego z tym zastępowania „dydaktyki podawczej” zajęciami aktywizującymi studenta, celowe byłoby zastanowienie się nad rolą i wymiarem zajęć wykładowych w programie studiów.

W okresie 60-letniej działalności Wydziału znaczne zmiany zachodziły także w zakresie wykorzystania innej tradycyjnej formy dydaktycznej, jaką są ćwiczenia audytoryjne. Przez wiele lat ćwiczenia odgrywały istotną rolę w procesie kształcenia. W latach dziewięćdziesiątych znacznie zredukowano liczbę zajęć o tym charakterze, uznając, że większe korzyści dydaktyczne wynikają z innych form prowadzenia zajęć. Doświadczenia — w tym opinie studentów — wskazywały jednak, że w niektórych przedmiotach ćwiczenia są niezbędne. Postulat ten znalazł odzwierciedlenie w rezultatach prac programowych — w programach studiów, które wprowadzono w ostatniej dekadzie, wymiar ćwiczeń audytoryjnych uległ wyraźnemu zwiększeniu.

Udział w programach studiów zajęć służących kształtowaniu umiejętności inżynierskich (laboratoria, projekty, pracownie) można od pewnego czasu określić jako znaczny. Przełom

w tym zakresie miał miejsce w połowie lat siedemdziesiątych, kiedy to udział tych aktywnych form kształcenia w programach przedmiotów technicznych przekroczył 40%. Po okresie pewnego „cofnięcia się” w latach osiemdziesiątych, w latach dziewięćdziesiątych przywrócono tę proporcję. Stwierdzenie to wymaga jednak — jak się wydaje — pewnego komentarza. Od chwili upowszechnienia technik komputerowych ich powszechnego wykorzystania w procesie dydaktycznym pojęcie „laboratorium” zmieniło nieco swoje znaczenie. Dzisiejsze „laboratoria”, oparte często na symulacji zjawisk i „wirtualnych pomiarach”, w których zasadniczym interfejsem między użytkownikiem i aparaturą jest ekran, klawiatura, mysz i drukarka, trudno bez zastrzeżeń porównywać z laboratoriami sprzed kilkudziesięciu czy nawet kilkunastu lat, kiedy to przedmiotem badań był rzeczywisty obiekt; do realizacji eksperymentu wykorzystywane były rzeczywiste przyrządy pomiarowe, a biegłość w „gałkologii” była bardzo pożądaną umiejętnością.

Warto przy okazji zauważyć, że kluczowe decyzje w sprawie wymiaru zajęć laboratoryjnych i projektowych wynikają nie tylko z koncepcji programowych, lecz w równej mierze z uwarunkowań ekonomicznych; zajęcia służące wyrabianiu umiejętności są bowiem zwykle dużo bardziej kosztowne niż zajęcia polegające głównie na przekazywaniu wiedzy. Dlatego też — właśnie ze względów ekonomicznych — w planach studiów I stopnia wprowadzonych w roku akademickim 2001/2002 było mniej niż poprzednio zajęć o charakterze praktycznym, a kolejne wersje programów studiów nie przyniosły istotnych zmian w tym zakresie. Niewykluczone jednak, że wobec konieczności dostosowania procesu kształcenia do wymagań wynikających z wprowadzenia — na mocy ustawy — Krajowych Ram Kwalifikacji sytuacja ulegnie zmianie. W zdefiniowanym w rozporządzeniu Ministra zbiorze efektów kształcenia dla obszaru studiów technicznych dominują bowiem umiejętności, a realizacja programu studiów musi zapewnić ich osiągnięcie.

ORGANIZACJA PROCESU DYDAKTYCZNEGO I ZASADY STUDIOWANIA

Zmiany w organizacji procesu dydaktycznego i zasadach studiowania były często następstwem decyzji podjętych poza Wydziałem, takich jak zmiany w ustawach, aktach prawnych wydanych przez Ministerstwo czy też Regulaminie Studiów w Politechnice Warszawskiej. Omawianie obowiązujących kolejno regulacji nie byłoby zapewne zbyt interesujące; dlatego też skupimy się przede wszystkim na tych rozwiązaniach, które miały charakter najbardziej innowacyjny, w największym stopniu zmieniały proces dydaktyczny, a zarazem miały wpływ na jego dzisiejszy kształt.

Podobnie jak w przypadku struktury i programów studiów, historię pierwszych 50 lat przedstawimy w sposób syntetyczny, odsyłając zainteresowanych do bardziej szczegółowych informacji zawartych we wcześniejszym opracowaniu²³.

1966 Wprowadzono zasadę rekrutowania kandydatów na studia dwukrotnie w każdym roku akademickim — połowa studentów przyjętych w danym roku akademickim rozpoczynała studia w październiku, a druga połowa — w lutym. Konsekwencją cosemestralnej rekrutacji stało się prowadzenie w każdym semestrze wszystkich przedmiotów znajdujących się w planie pierwszych lat studiów. Ten system organizacji studiów, do dziś mający dość unikatowy charakter — oprócz możliwości zwiększenia liczby studentów dzięki lepszemu wykorzystaniu zasobów — stwarzał studentom, którzy nie spełnili wymagań rejestracyjnych, możliwość powtarzania jednego semestru, a nie całego roku akademickiego.

1966 Egzamin wstępny przybrał charakter wyłącznie egzaminu pisemnego, prace sprawdzane były przy zachowaniu anonimowości kandydata, a postępowanie kwalifikacyjne

²³ A. Kraśniewski, *System kształcenia*, w: R.Z. Morawski (red.), *Wczoraj, dziś i jutro Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej, 1951–2001*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.

było oparte na komputerowym przetwarzaniu danych o wynikach egzaminu (procedura taka została później, w połowie lat siedemdziesiątych, udoskonalona i uogólniona w skali Uczelni).

- 1974** Wprowadzono nowe rozwiązania organizacyjne w zakresie tworzenia oferty i uruchamiania przedmiotów obieralnych, co miało związek z szeroką indywidualizacją programów studiów. Wstępna lista propozycji przedmiotów była podawana do wiadomości studentów z wyprzedzeniem co najmniej semestralnym. Studenci w porozumieniu ze swoimi opiekunami naukowymi wybierali przedmioty, przy czym przyjęto jako zasadę, że przy wykonywaniu takiego wyboru ostateczna decyzja należy do studenta²⁴. Zasada ta, zaaprobowana przez Ministerstwo, stanowiła rzadki w owych czasach przejaw daleko idącej deregulacji w procesach decyzyjnych w szkolnictwie wyższym.
- 1990** Wprowadzono obowiązującą do dziś „zasadę elastycznego studiowania”. Zgodnie z tą zasadą każdy student uzyskał możliwość regulowania, w pewnym zakresie, tempa studiowania, tzn. decydowania o liczbie i zestawie przedmiotów tworzących indywidualny plan studiów w poszczególnych semestrach.
- 1997** Wprowadzono zasadę transferowania osiągnięć, tzn. uznawania przedmiotów zaliczonych przez studenta w ramach innych rodzajów studiów, w szczególności w ramach systemu studiów trzystopniowych — przy przejściu ze studiów I stopnia na studia II stopnia²⁵, a także ze studiów II stopnia na studia III stopnia²⁶. System transferowania osiągnięć został następnie zmodyfikowany tak, aby był zgodny z przyjętym w większości krajów europejskich standardem ECTS (*European Credit Transfer System*).

Jak widać, w odróżnieniu od rozwiązań w sferze ogólnej struktury systemu studiów, układu kierunków i specjalności, czy też w zakresie programów studiów, które w okresie 60 lat funkcjonowania Wydziału podlegały licznym zmianom, wprowadzane sukcesywnie od połowy lat sześćdziesiątych nowe rozwiązania dotyczące zasad organizacji procesu dydaktycznego i zasad studiowania mają walor trwałości — funkcjonują w niemal niezmienionej formie do dziś.

Ostatnie dziesięciolecie nie przyniosło w tym zakresie zasadniczych zmian.

Warto jednak wspomnieć o wdrożeniu procedur przenoszenia osiągnięć uzyskanych w innych uczelniach (w tym zagranicznych). Wdrożono także procedury przygotowywania i wydawania każdemu absolwentowi (na życzenie — także w obcym języku) suplementu do dyplomu. Dokument taki, zawierający m.in. opis systemu studiów w naszym kraju oraz opis programu studiów zrealizowanego przez studenta, obejmujący wykaz przedmiotów wraz z przypisaną im liczbą punktów ECTS i uzyskanymi ocenami, sporządzany jest na podstawie danych zgromadzonych w elektronicznym systemie rejestracji studentów ERES.

Podjęto również działania zmierzające do rozwoju systemu praktyk i staży studenckich, w tym praktyk długoterminowych, trwających 3–6 miesięcy. Niektóre z tych przedsięwzięć są realizowane w ramach Programu Rozwojowego Politechniki Warszawskiej finansowanego z Programu Operacyjnego „Kapitał Ludzki”.

Z upływem czasu coraz bardziej uroczysty charakter mają ceremonie rozdawania dyplomów ukończenia studiów na Wydziale. Gromadzą one, tak jak to ma miejsce w wielu uczelniach zagranicznych, nie tylko samych absolwentów, lecz także ich rodziny. Można mieć nadzieję, że przyczyni się to do dalszego wzmocnienia więzi absolwentów z Wydziałem.

Niepokojącym zjawiskiem jest szybko pogłębiająca się dysproporcja liczby studentów rozpoczynających studia I stopnia w semestrach zimowych w porównaniu z liczbą studentów rozpoczynających te studia w semestrach letnich. Obserwacja tej tendencji zmusza do refleksji i nie jest wykluczone, że już wkrótce czeka nas dyskusja nad reorganizacją procedur rekrutacji.

²⁴ *Program studiów magisterskich dla kierunku Elektronika*, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, 1974.

²⁵ *Studia II stopnia na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych*, grudzień 1997.

²⁶ *Studia III stopnia na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych*, grudzień 2000.

KSZTAŁCENIE MŁODYCH NAUKOWCÓW

DOKTORANCI NA PIEDESTAŁ

Kształcenie młodych naukowców realizowane jest przede wszystkim w ramach procesu prowadzącego do uzyskania stopnia naukowego doktora. W odróżnieniu o zagadnień poruszanych poprzednio, nie było ono przedmiotem rozważań w opracowaniu przygotowanym z okazji 50 lat istnienia Wydziału²⁷. Było natomiast tematem artykułu w specjalnym numerze *Przeglądu Telekomunikacyjnego — Wiadomości Telekomunikacyjnych*, poświęconym jubileuszowi naszego 55-lecia²⁸. Czerpiąc z tego artykułu, przedstawimy opis kształcenia na poziomie doktorskim w ciągu całego okresu funkcjonowania Wydziału.

Najbardziej rozpowszechnioną — zwłaszcza obecnie — formą kształcenia, prowadzącą do uzyskania stopnia naukowego doktora, są od wielu lat studia doktoranckie.

Historia studiów doktoranckich na Wydziale sięga początku lat siedemdziesiątych. Utworzone wówczas studia, którymi kierował Wiesław Woliński, zostały pomyślane jako alternatywna forma kształcenia przyszłych pracowników Wydziału. Większość absolwentów studiów magisterskich, planując karierę akademicką, preferowało jednak tradycyjny model rozwoju zawodowego — zatrudnienie na stanowisku asystenta, a potem starszego asystenta i prowadzenie badań równoległe z realizacją rutynowych obowiązków dydaktycznych i administracyjnych. Toteż studia doktoranckie nie cieszyły się szczególnie dużą popularnością, a rekrutacja na nie w drugiej połowie lat osiemdziesiątych praktycznie ustała.

Powołanie, a następnie zaniechanie prowadzenia studiów doktoranckich znalazło odbicie w liczbie nadawanych stopni naukowych. W drugiej dekadzie lat siedemdziesiątych i na początku lat osiemdziesiątych liczba nadawanych rocznie stopni doktora przekraczała 20, a często nawet 30 (liczby te obejmowały oczywiście nie tylko pracowników i doktorantów Wydziału, ale także pracowników innych instytucji, przeprowadzających przewody doktorskie na Wydziale), aby pod koniec lat osiemdziesiątych osiągnąć wartości rzędu kilkunastu²⁹.

Na początku lat dziewięćdziesiątych, z inicjatywy ówczesnego Dziekana, Jerzego Woźnickiego, nastąpiła reaktywacja studiów doktoranckich. Utworzone zostały:

- Studia Doktoranckie Automatyki i Informatyki, obejmujące dyscypliny naukowe: **automatyka i robotyka** oraz **informatyka**; studiami tymi kierował Anatol Gosiewski;
- Studia Doktoranckie Elektroniki i Telekomunikacji, obejmujące dyscypliny naukowe: **elektronika, telekomunikacja** oraz **biocybernetyka i inżynieria biomedyczna**; studiami tymi kierował Bogdan Galwas.

Pierwsza rekrutacja na te studia odbyła się wiosną 1992 roku.

Ramowy program prowadzonych w latach dziewięćdziesiątych studiów obejmował przede wszystkim pracę naukową związaną z przygotowaniem rozprawy doktorskiej. Doktorant miał także obowiązek zaliczenia pewnej liczby przedmiotów podstawowych (obejmujących wybrane działy matematyki, fizyki, ...), przedmiotów kierunkowych z zakresu stanowiącego trzon wybranej dyscypliny naukowej, przedmiotów specjalistycznych związanych z tematyką rozprawy (zajęcia w każdej z tych grup przedmiotów w wymiarze minimum 90 godzin), a ponadto przedmiotów humanistycznych i zajęć z języka obcego związanych z egzaminami doktorskimi (w wymiarze minimum 60 godzin).

Rekrutacja na te studia rosła bardzo szybko (w 1995 roku przyjęto 50 kandydatów), a wśród osób rekrutowanych pewną część stanowili obcokrajowcy.

²⁷ A. Kraśniewski, *System kształcenia*, w: R.Z. Morawski (red.), *Wczoraj, dziś i jutro Wydziału Elektroniki i Techniki Informatycznych Politechniki Warszawskiej, 1951–2001*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.

²⁸ A. Kraśniewski, „Studia doktoranckie na Wydziale Elektroniki i Techniki Informatycznych Politechniki Warszawskiej — w głównym nurcie Procesu Bolońskiego”, *Przegląd Telekomunikacyjny — Wiadomości Telekomunikacyjne*, 10/2006, ss. 282–288.

²⁹ R.Z. Morawski, *Wydział w perspektywie historycznej*, w: R.Z. Morawski (red.), *Wczoraj, dziś, jutro Wydziału Elektroniki i Techniki Informatycznych Politechniki Warszawskiej, 1951–2001*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001, ss. 7–58.

Dalszy rozwój ilościowy studiów doktoranckich na Wydziale związany był z przyjętymi przez Ministerstwo zasadami rozdziału dotacji budżetowej między uczelnie. W wyniku dostosowawczej decyzji władz Politechniki Warszawskiej na wszystkich wydziałach utworzono zaoczne studia doktoranckie, a status uczestnika tych studiów nadawano pracownikom (głównie asystentom), którzy otwierali przewody doktorskie.

W wyniku opisanych procesów pod koniec lat dziewięćdziesiątych liczba uczestników studiów doktoranckich na Wydziale przekroczyła 200, a liczba nadawanych stopni doktora z roku na rok wzrastała³⁰.

Gwałtownemu rozwojowi ilościowemu studiów nie towarzyszyła jednak ich zadowalająca sprawność. Przykładowo, spośród 49 kandydatów zakwalifikowanych w latach 1992–1995 na studia w zakresie automatyki i informatyki, do połowy 1999 roku przewód doktorski wszczęło 14 osób (29% rozpoczynających studia), a stopień doktora uzyskały tylko 3 osoby (6% rozpoczynających studia)³¹.

Kwestia sprawności studiów była głównym tematem dyskusji na temat funkcjonowania studiów doktoranckich, prowadzonej w połowie lat dziewięćdziesiątych na Wydziale (dyskusję prowadzono m.in. na forum Rady Studiów Doktoranckich, której przewodniczył wówczas Anatol Gosiewski). Wysuwano nawet postulaty ograniczenia naboru na te studia. Jednocześnie, coraz częściej analizowano związek kształcenia na poziomie doktorskim z kształceniem na poziomie magisterskim. Ten aspekt dyskusji stał się coraz bardziej istotny po uruchomieniu studiów I stopnia (w 1994 roku) i w miarę dopracowywania koncepcji studiów II stopnia. Stawało się bowiem coraz bardziej oczywiste, że studia doktoranckie powinny stać się naturalnym uzupełnieniem prowadzonych na Wydziale studiów dwustopniowych i powinny być traktowane jako studia III stopnia. Znalazło to odzwierciedlenie w powołaniu przez Radę Wydziału w październiku 1996 roku Rady ds. studiów II stopnia i studiów doktoranckich, której przewodniczył ówczesny Dziekan, Krzysztof Malinowski.

Efektom prac Rady była koncepcja programowa, zakładająca znaczny udział treści abstrakcyjnych w programach nauczania studiów II stopnia oraz docelową integrację programową i organizacyjną studiów II stopnia ze studiami III stopnia. W listopadzie 1996 roku Rada Wydziału przyjęła dokument *Integracja studiów II stopnia i studiów doktoranckich — założenia*. Dokument ten stał się podstawą do opracowania szczegółowych zasad funkcjonowania studiów doktoranckich jako studiów III stopnia, sformułowania wymagań programowych, regulaminu oraz zasad rekrutacji.

Przedstawione propozycje stanowiły próbę znalezienia rozwiązań niesprzecznych z tymi przepisami, a jednocześnie — ze względu na założoną integrację studiów II i III stopnia — pozostających w zgodzie z przyjętymi na Wydziale ustaleniami dotyczącymi studiów dwustopniowych³². Odpowiednie dokumenty zostały ostatecznie przyjęte przez Radę Wydziału w marcu i kwietniu 1999 roku, a studia uruchomiono — zgodnie z zamierzeniami — od początku roku akademickiego 1999/2000. Po kilkuletnim okresie przejściowym, kiedy na Wydziale prowadzone były równolegle dwie formy studiów doktoranckich: studia w „tradycyjnej” formule, przeznaczone dla słuchaczy, którzy rozpoczęli kształcenie przed 1 września 1999 roku, oraz studia III stopnia, obecnie studia doktoranckie realizowane są wyłącznie w formule studiów III stopnia.

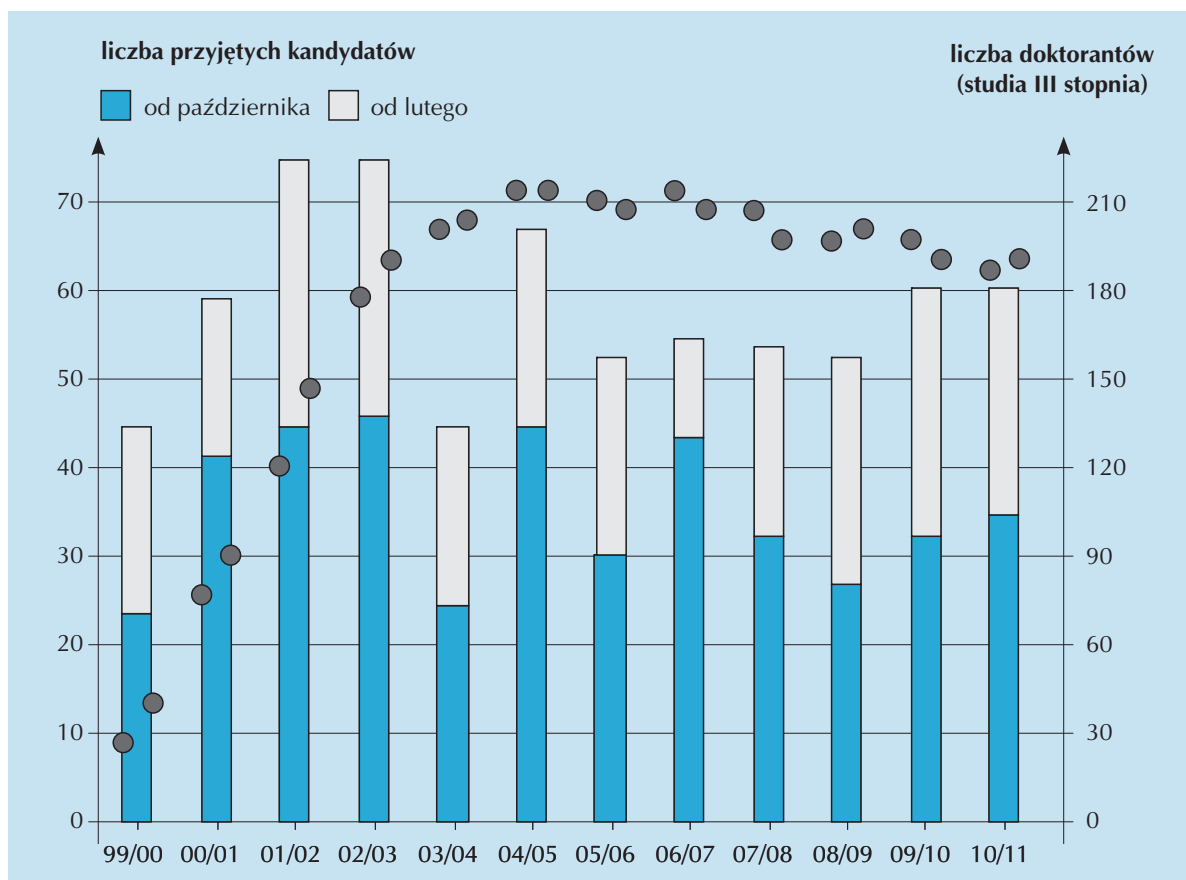
Na studiach III stopnia od chwili ich ustanowienia istnieją cztery specjalności, odpowiadające czterem dyscyplinom naukowym (**Automatyka i robotyka**, **Informatyka**, **Elektronika** oraz **Telekomunikacja**), w których Wydział ma uprawnienia do nadawania stopni naukowych. Kandydat zostaje przyjęty na studia w określonej specjalności, do jednego z instytutów wydziałowych.

Studia mają charakter otwarty. Naszą intencją jest umożliwienie kształcenia na poziomie doktorskim wszystkim kandydatom mającym odpowiednią motywację i predyspozycje badawcze — nie tylko osobom, które ukończyły studia magisterskie na Wydziale, na Politech-

³⁰ B. Galwas, „Studia doktoranckie chlubą Wydziału EiTl”, *Biuletyn Wydziału Elektroniki i Techniki Informatycznych Politechniki Warszawskiej*, kwiecień 2006.

³¹ A. Gosiewski, *Uwagi dotyczące studiów doktoranckich Automatyka i Informatyka*, opracowanie wewnętrzne, Wydział Elektroniki i Techniki Informatycznych Politechniki Warszawskiej, czerwiec 1999.

³² A. Kraśniewski, Z. Mączyński, *Analiza aktów prawnych związanych ze studiami doktoranckimi (studiami III stopnia) oraz ocena zgodności rozwiązań przyjętych dla studiów II stopnia z tymi aktami*, opracowanie wewnętrzne, Wydział Elektroniki i Techniki Informatycznych Politechniki Warszawskiej, grudzień 1998.



Rysunek 4. Ilościowy rozwój studiów doktoranckich

nice Warszawskiej, czy na innej uczelni technicznej, lecz także absolwentom uczelni nietechnicznych (np. absolwentom z tytułem magistra uzyskanym na kierunku matematyka, fizyka lub informatyka). Przyjęcia na studia III stopnia następują — podobnie jak na studia I i II stopnia — co semestr. Studia mają status studiów dziennych (stacjonarnych). Sposób organizacji (bogata oferta programowa, w tym wiele zajęć prowadzonych w godzinach popołudniowych, duża swoboda w kształtowaniu indywidualnego programu i planu studiów) umożliwia jednak podjęcie tych studiów także osobom pracującym.

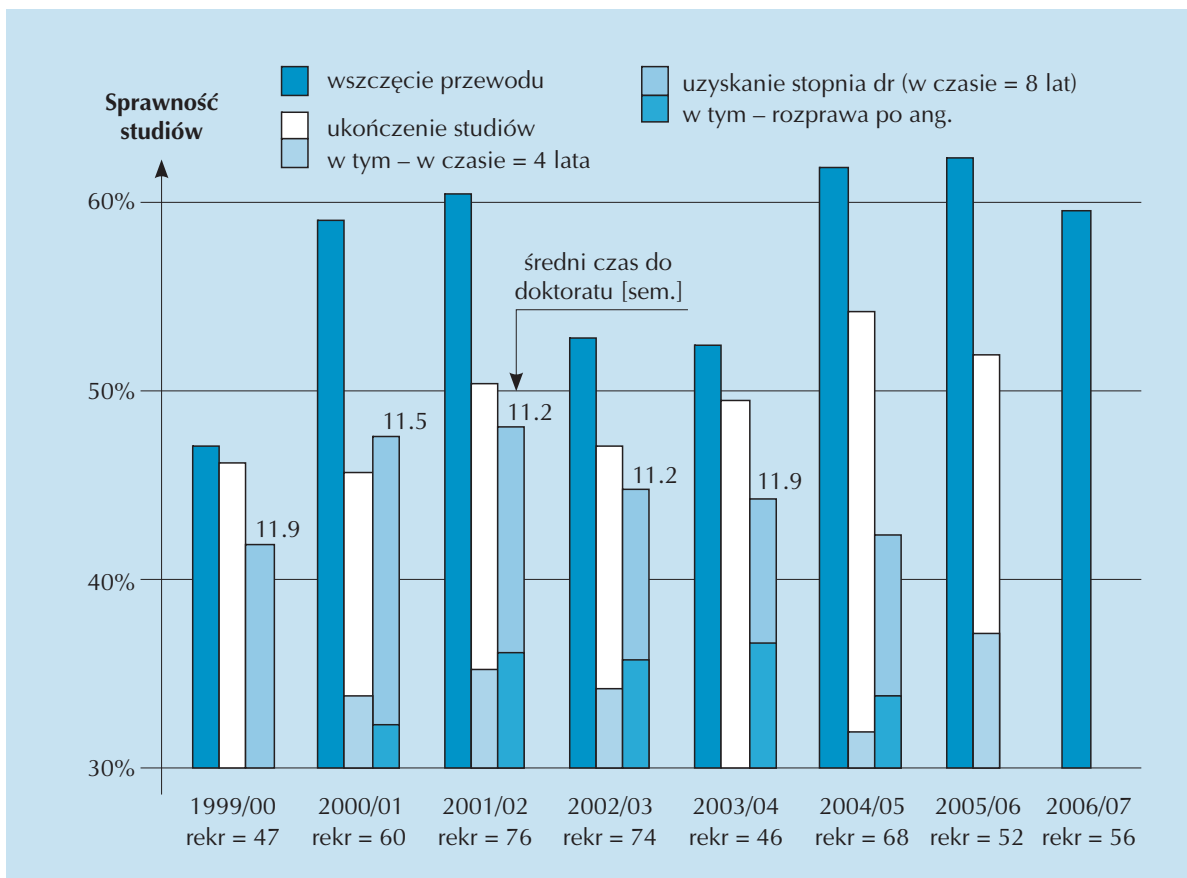
Ubieganie się o przyjęcie na studia III stopnia wymaga uzyskania zgody na opiekę naukową ze strony pracownika Wydziału mającego uprawnienia do prowadzenia przewodów doktorskich — przyszłego opiekuna naukowego oraz uzgodnienie z nim przewidywanej tematyki doktoratu. Intencją tego wymagania jest, aby doktorant natychmiast po przyjęciu na studia mógł przystąpić do realizacji badań naukowych pod kierunkiem przyszłego promotora.

Kandydat przyjęty na studia realizuje indywidualny program, uzgodniony z opiekunem naukowym. Sposób zdefiniowania programu studiów III stopnia wynika z ogólnych zasad formułowania wymagań programowych w elastycznym systemie studiów na Wydziale. Wymagania te zdefiniowane są w ten sposób, aby zapewnić niemal pełną swobodę w zakresie wyboru przedmiotów.

Zasadniczym elementem programu studiów III stopnia jest jednak samodzielna praca badawcza, wykonywana pod kierunkiem indywidualnego opiekuna naukowego, a warunkiem ukończenia studiów jest — obok spełnienia wymagań związanych z zaliczeniem odpowiedniej liczby przedmiotów — złożenie rozprawy doktorskiej pozytywnie zaopiniowanej przez opiekuna (promotora).

Opracowana i zrealizowana — w wyniku kolejnych zmian doskonalących — koncepcja studiów III stopnia charakteryzuje się wieloma innowacyjnymi, unikatowymi w skali kraju rozwiązaniami, zbieżnymi z trendami obserwowanymi w innych krajach.

Rozwiązaniem takim — typowym w krajach anglosaskich, lecz w Polsce stosowanym bardzo rzadko — jest integracja studiów III stopnia ze studiami II stopnia. Dzięki takiej inte-



Rysunek 5. Sprawność studiów doktoranckich

gracji doktoranci korzystają z bogatej oferty programowej Wydziału, obejmującej obecnie około 200 przedmiotów zaawansowanych, opracowanych z myślą o studentach studiów II i III stopnia. W ten sposób rozwiązany został — „nierozwiązywalny” w przypadku przyjęcia zasady tworzenia przedmiotów przeznaczonych wyłącznie albo prawie wyłącznie dla doktorantów — problem zapewnienia uczestnikom studiów III stopnia odpowiednio szerokiej oferty przedmiotów do wyboru. Integracja studiów III stopnia ze studiami II stopnia (a także studiami I stopnia) odbywa się również na poziomie organizacji studiów. Ta sama organizacja roku akademickiego, te same procedury administracyjne (zapisy na zajęcia, rejestracja na kolejny semestr) — wszystko to upraszcza zarządzanie studiami doktoranckimi.

Każdy doktorant studiuje według indywidualnego programu i planu studiów, korzystając przy tworzeniu indywidualnego programu studiów z oferty Wydziału, lecz także z przedmiotów oferowanych przez Uczelnię (Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej) oraz inne instytucje naukowe. Uznawanie przedmiotów zaliczonych na innych uczelniach (także zagranicznych), a także innych form kształcenia, takich jak udział w organizowanych w kraju i za granicą szkołach letnich i innych podobnych formach zaawansowanego kształcenia, jest ułatwione dzięki stosowaniu systemu ECTS.

Indywidualizacja programu studiów ułatwia kształcenie w zakresie umiejętności ogólnych — przydatnych niezależnie od realizowanego przez doktoranta modelu kariery zawodowej. W szczególności, w ofercie Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej znalazło się kilka przedmiotów kształtujących umiejętności niezbędne w pracy naukowca i przydatne na rynku pracy, takich jak *Etyczne aspekty działalności badawczej w technice*, *Techniki komunikowania się w działalności naukowca*, czy też *Nauka i biznes — jak to robią w Cambridge?*

Ilościowy rozwój studiów doktoranckich prowadzonych w formule studiów III stopnia przedstawiono na rysunku 4. Pokazano liczbę kandydatów przyjętych na studia w kolejnych latach, z podziałem osoby rozpoczynające studia w semestrze zimowym (od października) i w semestrze letnim (od lutego). Pokazano także łączną liczbę uczestników studiów, określoną w wyniku realizowanej co semestr rejestracji.

Na rysunku 5 zilustrowano natomiast sprawność kształcenia doktorantów. Jest ona określona dla grup podejmujących studia w kolejnych latach (dla każdego roku akademickiego podano liczbę przyjętych kandydatów) przez następujące wskaźniki:

- odsetek uczestników studiów, którzy wszczęli przewód doktorski,
- odsetek uczestników studiów, którzy ukończyli studia (w tym osób, które ukończyły je w okresie nieprzekraczającym 4 lat),
- odsetek uczestników studiów, którzy uzyskali stopień naukowy doktora w okresie nieprzekraczającym 8 lat od momentu rozpoczęcia studiów (w tym osób, które przygotowały rozprawę w języku angielskim), a także średni czas od momentu rozpoczęcia studiów do uzyskania stopnia doktora.

Występujące na rysunku 5 strzałki oznaczają, że dane nie są ostateczne i podane wartości mogą jeszcze wzrosnąć.

Po upływie niemal 12 lat od uruchomienia na Wydziale studiów doktoranckich prowadzonych w formule studiów III stopnia można już wyciągnąć pewne wnioski dotyczące realizacji tego przedsięwzięcia. Wydaje się, że inicjatywa ta przyniosła sukces. Przemawiają za tym następujące fakty:

- Studia są atrakcyjne. Wydział — w przeciwieństwie do wielu innych jednostek prowadzących studia doktoranckie w dziedzinie nauk technicznych — nie odczuwa wyraźnego braku chętnych do podjęcia studiów III stopnia, co nie oznacza, że mamy nadmiar dobrych kandydatów. Liczba uczestników tych studiów ustabilizowała się na poziomie około 200, odpowiadającym możliwościom zapewnienia doktorantom właściwych warunków pracy (miejsce pracy, aparatura itp.) i właściwej opieki, choć zapewne istnieją jeszcze pewne rezerwy, umożliwiające dalszy rozwój ilościowy tych studiów.
- W miarę nabierania doświadczeń — przez samych uczestników studiów, ich opiekunów naukowych oraz osoby zaangażowane w kierowanie studiami — wzrasta sprawność studiowania. Obecnie, kończy je — najczęściej wykorzystując możliwość przedłużenia 4-letniego okresu studiów o jeden rok — ponad 40% rozpoczynających studia. Choć ta wartość wskaźnika sukcesu nie wygląda imponująco, należy wziąć pod uwagę, że:
 - Wydział, w odróżnieniu od wielu innych jednostek prowadzących studia doktoranckie — konsekwentnie egzekwuje wymaganie, że jednym z warunków ukończenia studiów jest złożenie rozprawy doktorskiej pozytywnie zaopiniowanej przez opiekuna (promotora);
 - Rada Wydziału stawia wysokie wymagania co do jakości rozpraw doktorskich;
 - sprawność studiów doktoranckich prowadzonych na Wydziale w latach 90. była znacznie niższa — nie przekraczała 20%;
 - jedną z głównych przyczyn opóźnień w realizacji programu studiów, prowadzących często do rezygnacji bądź skreślenia, jest podejmowanie przez doktorantów dodatkowego zatrudnienia poza Uczelnią, niezbędnego dla zapewnienia środków na utrzymanie (wg naszych szacunków około 70% doktorantów korzysta z jakiejś formy mniej lub bardziej stałego zatrudnienia poza Uczelnią); bez systemowego rozwiązania — na poziomie kraju — kwestia zapewnienia młodym naukowcom godziwych warunków materialnych nadal pozostanie nierozwiązana.
- Poziom rozpraw doktorskich jest wysoki. Duża część osób otrzymujących stopień naukowy doktora ma ponad 10 publikacji, w tym część w czasopiśmie z tzw. listy filadelfijskiej.
- Otwartość na kandydatów spoza Wydziału skutkuje m.in. ciekawymi pracami badawczymi o charakterze interdyscyplinarnym. Tematyka broniących rozpraw doktorskich obejmuje m.in. zagadnienia z pogranicza fizyki, chemii, biologii, medycyny, ekonomii i zarządzania. Część badań prowadzonych przez doktorantów realizowana jest w innych jednostkach naukowych.
- Wydział — m.in. dzięki jakości prowadzonych studiów — służy innym instytucjom prowadzącym kształcenie doktorantów jako miejsce, gdzie doktoranci ci uzupełniają i doskonalą swą wiedzę i umiejętności. Tego typu współpraca realizowana jest m.in. z Polsko-Japońską Wyższą Szkołą Technik Komputerowych, Uniwersytetem Łódzkim, Szkołą Główną Gospodarstwa Wiejskiego, Instytutem Technologii Materiałów Elektronicznych i Instytutem Technologii Elektronowej.

- Wydział — m.in. dzięki otwartości na kandydatów o różnych zainteresowaniach i szerokiej tematyce realizowanych przez doktorantów badań, wykraczających poza reprezentowane dyscypliny naukowe — jest atrakcyjnym partnerem przy tworzeniu środowiskowych studiów doktoranckich, prowadzonych wspólnie przez kilka instytucji; jako przykłady można wymienić *Międzyuczelniany program studiów doktoranckich w zakresie optoelektroniki, fotoniki i nanotechnologii* (PW, UW, WAT) czy też *Środowiskowe studia doktoranckie w zakresie metod i technologii jądrowych* (PW, UW, UMCS, PWr oraz 4 instytuty branżowe).
- Wydział — m.in. dzięki wysokiej jakości prac badawczych realizowanych przez doktorantów oraz polityce zmierzającej do umiędzynarodowienia procesu ich kształcenia — jest atrakcyjnym partnerem do realizacji studiów prowadzonych wspólnie z instytucjami zagranicznymi. Zawarte zostały formalne porozumienia o wspólnym doktoryzowaniu z Institut National des Télécommunications i ENST Bretagne (Francja) Università Roma Tre (Włochy) oraz Technische Universiteit Eindhoven (Holandia). Ponadto, dzięki innego rodzaju porozumieniom o współpracy naukowej z instytucjami zagranicznymi, a także ożywionym kontaktom międzynarodowym pracowników, spory odsetek naszych doktorantów realizuje część swoich badań poza granicami kraju (często w związku z realizacją programów ramowych UE). W wyniku rozwoju różnych form współpracy międzynarodowej na poziomie studiów doktoranckich coraz częściej rozprawy doktorskie są pisane w języku angielskim.

Warto przy okazji stwierdzić, że studia III stopnia — jak rzadko który element systemu kształcenia na Wydziale — charakteryzują się niezwykłą stabilnością. Przyjęty w 1999 roku układ specjalności odpowiadających dyscyplinom naukowym reprezentowanych na Wydziale jest zachowany do dziś. To samo dotyczy sformułowanych w sposób bardzo elastyczny wymagań programowych. Dokonywane z rzadka zmiany w ustalonych w 1999 roku zasadach studiowania wynikają częściej z konieczności uwzględnienia zmian legislacyjnych niż potrzeby doskonalenia przyjętej koncepcji organizacji studiów.

Uruchomienie w 1999 roku studiów doktoranckich, traktowanych jako studiów III stopnia, wpisuje się w ogólny nurt zmian zachodzących w europejskim szkolnictwie wyższym, prowadzących do stworzenia Europejskiej Obszaru Szkolnictwa Wyższego oraz Europejskiej Przestrzeni Badawczej. Ministrowie odpowiedzialni za szkolnictwo wyższe w krajach europejskich — biorąc pod uwagę synergiczny związek kształcenia na poziomie wyższym i badań naukowych — uzgodnili w 2003 roku, że postulowany w Deklaracji Bolońskiej dwustopniowy model studiów powinien zostać rozszerzony o trzeci stopień — studia doktoranckie³³. Można zatem powiedzieć, że realizowane na Wydziale — podobnie jak to miało miejsce przy wprowadzaniu dwustopniowej struktury studiów — wyprzedzają ustalenia podejmowane na poziomie europejskim.

Nie powinno zatem dziwić, że wybrane aspekty realizowanej na Wydziale koncepcji studiów III stopnia były przedmiotem kilku artykułów i referatów na konferencjach poświęconych kształceniu w uczelniach technicznych³⁴, a prezentacja naszych rozwiązań wywoływała zwykle spore zainteresowanie; w szczególności referat przedstawiony na konferencji ICEE'2004 uzyskał nagrodę za najlepszą prezentację w kategorii *Bologna Declaration Processes*.

³³ *Realizing the European Higher Education Area — Communiqué of the Conference of Ministers responsible for Higher Education in Berlin on 19 September 2003*, http://www.ehea.info/Uploads/Declarations/Berlin_Communique1.pdf.

³⁴ A. Kraśniewski, K. Malinowski, „Making Ph.D. Studies More Attractive”, Proc. SEFI Annual Conf., Winterthur, Sept. 1999, pp. 141–146. A. Kraśniewski, „Promoting Mobility and Interdisciplinary Education through Three-Cycle Open Structure of Studies and Flexible Curricula”, Proc. SEFI Annual Conf., Porto, Sept. 2003, pp. 384–390. A. Kraśniewski, „Towards Transparent, Readable and Comparable Third Degree: Making Doctorate-Level Engineering Education a Part of the Bologna Process”, Proc. Int. Conf. on Engineering Education and Research (ICEE), Olomouc, June 2004, pp. 1363–1371. A. Kraśniewski, „Engineering Education at the Doctorate Level: Meeting the Bologna Objectives”, Proc. SEFI Annual Conference, Valencia, Sept. 2004, pp. 229–235. A. Kraśniewski, „Transformation of Doctoral Training in Poland”, *Higher Education in Europe*, vol. 33, No. 1, Routledge: Taylor & Francis Group, April 2008, pp. 125–138. A. Kraśniewski, „Transformation of Doctorate-Level Engineering Education: Meeting Expectations of the Society”, Abstract Book Int. Conf. on Engineering Education, pp. 225–226 (abstract), Proc. Int. Conf. on Engineering Education (CD-ROM, pp. 1–13, full paper), Pecs–Budapest, July 2008.

Znaczna część innowacyjnych rozwiązań przyjętych z dobrym skutkiem na Wydziale została przeniesiona na poziom Uczelni. Wpływ tych rozwiązań oraz doświadczeń Wydziału związanych z prowadzeniem studiów doktoranckich można znaleźć w:

- kolejnych wersjach *Regulaminu studiów doktoranckich w Politechnice Warszawskiej*,
- przyjętym przez Senat Politechniki Warszawskiej w grudniu 2007 roku „przyszłościowym” modelu kształcenia doktorantów na PW³⁵,
- przyjętym w czerwcu 2009 roku przez Senat Politechniki Warszawskiej stanowisku w sprawie działań dla poprawy funkcjonowania studiów doktoranckich³⁶,
- przyjętej w lutym 2011 roku przez Senat Politechniki Warszawskiej strategii rozwoju Uczelni do 2020 roku³⁷.

Doświadczenia związane z kształtowaniem nowego modelu studiów doktoranckich na Politechnice Warszawskiej zostały w znacznym stopniu upowszechnione w kraju. Wpływ rozwiązań oraz doświadczeń Wydziału i Uczelni związanych z prowadzeniem studiów doktoranckich można też znaleźć w środowiskowym projekcie strategii rozwoju szkolnictwa wyższego w Polsce³⁸.

Innym dowodem rozpoznawalności i uznania dla osiągnięć związanych z prowadzeniem studiów doktoranckich na Wydziale jest zaproszenie kierownika tych studiów, Andrzeja Kraśniewskiego, do 4-osobowego *Advisory Board* prowadzonego od października 2010 roku przez *European University Association* — organizację zrzeszającą ponad 800 uczelni europejskich i 34 krajowe konferencje rektorów — projektu dotyczącego dobrych praktyk w zakresie zapewniania jakości w kształceniu doktorantów — *Accountable Research Environments for Doctoral Education* (ARDE).

Oceniając funkcjonowanie studiów doktoranckich na Wydziale z perspektywy 40 lat doświadczeń, można stwierdzić, że ewolucja modelu kształcenia doktorantów zmierza we właściwym kierunku. Wydaje się zatem, że sformułowanie „Studia doktoranckie chlubą Wydziału EiT1”, będące tytułem okolicznościowego artykułu³⁹, napisanego w związku z jubileuszem 55-lecia Wydziału przez ówczesnego dziekana, a przedtem wieloletniego kierownika studiów doktoranckich, Bogdana Galwasa, znajduje odzwierciedlenie w naszych dokonaniach.

A STUDENCI — DO PRACY ... NAUKOWEJ

Rozpatrując problematykę kształcenia młodych naukowców, nie sposób ograniczyć się do kształcenia na poziomie doktorskim. Nabywanie umiejętności prowadzenia badań naukowych powinno występować, zapewne w mniejszym zakresie, także na poziomie studiów magisterskich. I tak się dzieje, przynajmniej w niektórych zespołach dydaktycznych, choć skala tego zjawiska nie jest jeszcze zadowalająca. O postępie w tym zakresie może świadczyć coraz większa liczba publikacji, w których zamieszczono wyniki osiągnięte w ramach realizacji prac dyplomowych, a których autorami lub współautorami są studenci lub absolwenci Wydziału.

Nie ulega natomiast wątpliwości, że możemy być zadowoleni z rozwoju studenckiego ruchu naukowego, a szczególnie dokonań studentów w ostatniej dekadzie.

A z tym różnie bywało... W okresie 60 lat istnienia Wydziału działalność studenckich kół naukowych charakteryzowała się dużą niestałością. Zwłaszcza początki, jak to zwykle bywa, były dość trudne. Ta pierwsza faza „raczkowania” i tworzenia trwałych podstaw studenckie-

³⁵ Stanowisko Senatu Politechniki Warszawskiej z dnia 19 grudnia 2007 roku w sprawie kształcenia doktorantów.

³⁶ Stanowisko Senatu Politechniki Warszawskiej z dnia 17 czerwca 2009 roku w sprawie działań dla poprawy funkcjonowania studiów doktoranckich.

³⁷ *Strategia rozwoju Politechniki Warszawskiej do roku 2020*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011.

³⁸ *Strategia rozwoju szkolnictwa wyższego: 2010–2020*, projekt środowiskowy, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2009.

³⁹ B. Galwas, „Studia doktoranckie chlubą Wydziału EiT1”, *Biuletyn Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej*, kwiecień 2006.

go ruchu naukowego została, podobnie jak w przypadku innych aspektów procesu kształcenia na Wydziale, szczegółowo opisana w opracowaniu przygotowanym w związku z jubileuszem 50-lecia Wydziału⁴⁰.

Przypomnijmy więc jedynie, że po początkowym okresie, kiedy działały m.in. Koło Naukowe Elektroników i Koło Naukowe Matematyków, w połowie lat siedemdziesiątych wprowadzono scentralizowany model działalności naukowej studentów — utworzono Koło Naukowe Wydziału Elektroniki. W szczytowym okresie rozwoju w pracach tego koła zaangażowanych było około 100 studentów. Jednak w drugiej połowie lat osiemdziesiątych zainteresowanie tą formą działalności systematycznie słabło i wkrótce studencki ruch naukowy na Wydziale faktycznie przestał istnieć.

Pewne ożywienie aktywności badawczej w środowisku studentów nastąpiło w latach dziewięćdziesiątych, kiedy to powstało kilka nowych kół naukowych. Od tego czasu studencki ruch naukowy charakteryzuje duża dynamika. Zmieniają się nazwy kół i zakresy tematyczne ich działania, zmieniają się ich opiekunowie, niektóre koła ograniczają aktywność lub zaprzestają działalności, lecz tworzone są coraz to nowe koła. Tę zmienność, a zarazem zasadnicze zmiany ilościowe, które zaszły w okresie ostatnich 10 lat — dobrze ilustruje zestawienie listy kół istniejących w latach poprzedzających 50-lecie Wydziału, wymienionych w opracowaniu jubileuszowym, z listą kół działających w 2010 roku.

Lat temu jedenaście na Wydziale istniały:

- Koło Naukowe „Algorytmy Ewolucyjne”,
- Studenckie Koło Naukowe Technik Informatycznych (SK@NTI),
- Koło Naukowe Przedsiębiorczości i Innowacyjności.

W 2010 roku prowadziły działalność⁴¹:

- Koło Naukowe Mikroelektroniki i Nanoelektroniki,
- Koło Naukowe Mikrosystemów „ONYKS”,
- Koło Naukowe Optoelektroniki,
- Koło Naukowe Radiolokacji i Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów,
- Koło Naukowe Inżynierii Biomedycznej i Jądrowej „Biomedyczny”,
- Koło Naukowe Techniki w Medycynie,
- Koło Naukowe Inżynierii Kosmicznej,
- Koło Naukowe Układów Cyfrowych „Demain”,
- Koło Naukowe Innowacyjnych Technologii Informatycznych,
- Koło Naukowe Technik Mobilnych i Sieciowych,
- Koło Naukowe „Autonet”,
- Koło Naukowe Twórców Gier „Polygon”,
- Obrazowe Koło Naukowe „O-ko”,
- Koło Naukowe Robotyki „Bionik”,
- Koło Naukowe Cybernetyki,
- Koło Naukowe Zarządzania Projektami „PMart”.

Działalność kół naukowych obejmuje rozmaite formy aktywności — koła prowadzą samodzielne projekty badawcze, organizują szkolenia i seminaria, wyjazdy do ośrodków badawczych i produkcyjnych. Niektóre koła wnoszą wprost istotny wkład do prac związanych z realizacją dużych projektów badawczych prowadzonych na Wydziale, a ich członkowie biorą czynny udział w poważnych konferencjach i seminariach naukowych. Najważniejsze jest jednak, że coraz większa liczba studentów jest zaangażowana w działalność badawczą, pozwalającą realizować pasje, a jednocześnie rozwijać cenne umiejętności.

Skala działalności studenckich kół naukowych osiągnęła pod koniec minionej dekady poziom uzasadniający pewnego rodzaju instytucjonalizację i koordynację tej formy aktywności. Powołany został Pełnomocnik Dziekana ds. Kół Naukowych — funkcje tę pełni Andrzej Jakubiak. Z jego inicjatywy w październiku 2010 roku odbyła się I Konferencja Studenckich

⁴⁰ A. Kraśniewski, *System kształcenia*, w: R.Z. Morawski (red.), *Wczoraj, dziś i jutro Wydziału Elektroniki i Techniki Informatycznych Politechniki Warszawskiej, 1951–2001*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.

⁴¹ *Sprawozdanie Dziekana za rok 2010*, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Techniki Informatycznych, Warszawa, maj 2011.

Kół Naukowych Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej, na której studenci prezentowali swoje projekty i osiągnięcia. Materiały tej konferencji, dokumentujące dorobek działających na Wydziale studenckich kół naukowych, zostały opublikowane przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej⁴².

Szczególną rolę w propagowaniu działalności naukowej studentów i doktorantów Wydziału pełni działająca pod patronatem Instytutu Systemów Elektronicznych grupa PERG (*Photonics and Web Engineering Research Group*). Tematem przewodnim prac tej grupy, prowadzonych pod opieką Ryszarda Romaniuka oraz Krzysztofa Poźniaka, są badania nad profesjonalnymi zastosowaniami Internetu, a w szczególności optycznego Internetu. W naukowej i naukowo-technicznej działalności grupy PERG bierze udział kilkudziesięciu studentów i doktorantów z ISE i innych instytutów naszego Wydziału oraz liczni współpracownicy z innych wydziałów Politechniki Warszawskiej i spoza PW. Grupa współpracuje aktywnie w dziedzinie projektowania i realizacji systemów elektronicznych na bazie Internetu z kilkoma naukowymi ośrodkami zagranicznymi. Jedną z ciekawszych i rozpoznawalnych w kraju i za granicą form aktywności grupy PERG są organizowane regularnie — od kilku lat corocznie w maju — sympozja WILGA (w maju 2011 roku odbyło się 28 sympozjum z tego cyklu). Stwarzają one młodym naukowcom — studentom i doktorantom — okazję wysłuchania referatów, ale przede wszystkim możliwość prezentacji swoich osiągnięć i prowadzenia w międzynarodowym gronie dyskusji na ich temat.

PODSUMOWANIE

Dokonując w 2001 roku próby podsumowania pierwszych 50 lat prowadzonej na Wydziale działalności dydaktycznej, zaryzykowaliśmy stwierdzenie, że był to okres ciągłego twórczego niepokoju, znamieny tym, że pracownicy Wydziału w poszukiwaniu coraz lepszych form kształcenia studentów podejmowali wciąż nowe inicjatywy, zaś wiele z proponowanych idei, dopracowanych i wdrożonych na Wydziale stawało się później rozwiązaniami przyjmowanymi na innych wydziałach Politechniki Warszawskiej, a także na innych uczelniach.

Wydaje się, że można to stwierdzenie „rozciągnąć” na całe 60-lecie, a nawet dodać mu nowy wymiar — krajowy, w rozumieniu całego systemu szkolnictwa wyższego w Polsce, a także w pewnym zakresie międzynarodowy. Spróbujmy uzasadnić tę tezę.

WYDZIAŁ JAKO ŹRÓDŁO INSPIRACJI

Doświadczenia zgromadzone na Wydziale miały w ostatnim dziesięcioleciu, tak jak w poprzednim okresie, istotny wpływ na postać rozwiązań związanych z organizowaniem i doskonaleniem procesu kształcenia na Uczelni.

Dokonane w okresie ostatnich 10 lat zmiany w systemie kształcenia na Politechnice Warszawskiej związane były w znacznej mierze z realizacją postulatów Procesu Bolońskiego, w tym z dostosowywaniem się Uczelni do nowych regulacji prawnych inspirowanych przez te postulaty. Wiele działań w tym obszarze było koordynowane przez Andrzeja Kraśniewskiego, pełniącego od 2005 roku funkcję Pełnomocnika Rektora ds. wdrażania Procesu Bolońskiego.

To na naszym Wydziale ukształtowała się koncepcja prowadzenia na Politechnice Warszawskiej studiów w systemie „na odległość”. A entuzjazmowi i determinacji profesora naszego Wydziału, Bogdana Galwasa, należy zawdzięczać utworzenie i rozwój Ośrodka Kształcenia na Odległość Politechniki Warszawskiej — OKNO.

Naturalną konsekwencją przyjęcia przez Politechnikę w drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych systemu studiów dwustopniowych, wzorowanego w znacznej mierze na rozwiązaniach opracowanych i wdrożonych na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych, była dokonana kilka lat później adaptacja na poziomie Uczelni przyjętych na Wydziale rozwiązań dotyczących kształcenia doktorantów, realizowanego w formie studiów III stopnia. Wpływ

⁴² A. Jakubiak (red.), *Prace Studenckich Kół Naukowych Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010.

doświadczeń Wydziału związanych z prowadzeniem studiów doktoranckich można znaleźć w kolejnych wersjach Regulaminu studiów doktoranckich w Politechnice Warszawskiej (z roku 2005 i 2007), przyjętym przez Senat PW w grudniu 2007 roku „przyszłościowym” modelu kształcenia doktorantów na PW⁴³, a także w przyjętym w czerwcu 2009 roku przez Senat PW stanowisku w sprawie działań dla poprawy funkcjonowania studiów doktoranckich⁴⁴.

Doświadczenia związane z wdrażaniem nowatorskich rozwiązań w systemie kształcenia na Wydziale zostały spożytkowane przy opracowywaniu *Strategii rozwoju Politechniki Warszawskiej do roku 2020*, przyjętej w lutym 2011 roku przez Senat Politechniki Warszawskiej. Opracowanie projektu tej strategii w części dotyczącej obszaru kształcenia było dziełem Andrzeja Kraśniewskiego, wspomaganego przez Bohdana Macukowa z Wydziału Matematyki i Nauk Informacyjnych.

Wpływ doświadczeń związanych z wdrażaniem nowatorskich przedsięwzięć w systemie kształcenia na Wydziale wykracza jednak daleko poza teren Uczelni. Można zaryzykować stwierdzenie, że osoby związane z Wydziałem odegrały w ostatnich latach kluczową rolę w procesie przeobrażeń zachodzących w systemie kształcenia w polskich uczelniach, a szerzej — w systemie szkolnictwa wyższego w naszym kraju. W szczególności, obecnie obowiązujące i wchodzące niedługo w życie regulacje prawne dotyczące kształcenia na poziomie wyższym zostały stworzone w znacznym stopniu przez osoby, których poglądy formowały się w wyniku działań prowadzonych na Wydziale i zdobytych tu doświadczeń. Kontynuowana jest w ten sposób tradycja, w której ukształtowanie wnieśli duży wkład nasi wybitni profesorowie, działający w latach 1951–2001.

A CO DO KONKRETÓW...

Nie sposób przecenić wiodącej roli Jerzego Woźnickiego w opracowaniu projektu i nadaniu ostatecznego kształtu uchwalonej w lipcu 2005 roku ustawie *Prawo o szkolnictwie wyższym*.

Kolejnym wielkim przedsięwzięciem realizowanym pod kierownictwem Jerzego Woźnickiego było opracowanie środowiskowego projektu strategii rozwoju szkolnictwa wyższego w Polsce⁴⁵. Przedsięwzięcie to realizowane było przez Fundację Rektorów Polskich, a firmowane przez konsorcjum, w którego skład wchodziły także Konferencja Rektorów Akademickich Szkół Polskich oraz Konferencja Rektorów Zawodowych Szkół Polskich. W opracowywaniu projektu strategii istotny wkład wnieśli też inni profesorowie Wydziału; w 8-osobowym zespole redagującym jego tekst obok Jerzego Woźnickiego znaleźli się: Andrzej Kraśniewski, Józef Lubacz i Roman Z. Morawski. Fragmenty tekstu strategii dotyczące kształcenia powstały na podstawie obszernych raportów autorstwa Andrzeja Kraśniewskiego i Romana Z. Morawskiego, zawartych w opracowaniu stanowiącym „suplement” do głównego dokumentu zawierającego opis strategii⁴⁶. Środowiskowy projekt strategii rozwoju szkolnictwa wyższego w Polsce stał się podstawą do przygotowania projektu takiej strategii przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego („wygrywając rywalizację” z konkurencyjnym projektem opracowanym na zlecenie tegoż Ministerstwa przez konsorcjum złożone z Ernst & Young oraz Instytutu Badań nad Gospodarką Rynkową).

Istotny wpływ na kształt regulacji prawnych dotyczących systemu kształcenia w naszym kraju ma obecnie — z racji pełnienia od stycznia 2010 roku funkcji Przewodniczącego Rady Głównej Szkolnictwa Wyższego — Józef Lubacz. Zadaniem Rady, reprezentowanej przez Przewodniczącego, jest bowiem m.in. współdziałanie z Ministerstwem przy tworzeniu aktów prawnych dotyczących szkolnictwa wyższego oraz ich opiniowanie.

⁴³ Stanowisko Senatu Politechniki Warszawskiej z dnia 19 grudnia 2007 roku w sprawie kształcenia doktorantów.

⁴⁴ Stanowisko Senatu Politechniki Warszawskiej z dnia 17 czerwca 2009 roku w sprawie działań dla poprawy funkcjonowania studiów doktoranckich.

⁴⁵ *Strategia rozwoju szkolnictwa wyższego: 2010–2020*, projekt środowiskowy, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2009.

⁴⁶ A. Kraśniewski, „Kształcenie”, w: *Polskie Szkolnictwo Wyższe: stan, uwarunkowania i perspektywy*, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2009, ss. 213–272. R.Z. Morawski: *Uwarunkowania międzynarodowe i internacjonalizacja szkolnictwa wyższego*, w: *Polskie Szkolnictwo Wyższe: Stan, uwarunkowania i perspektywy*, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2009, ss. 133–212.

Szczególnie ważną rolę Józef Lubacz, a także Jerzy Woźnicki, reprezentujący zespół autorów środowiskowego projektu strategii rozwoju szkolnictwa wyższego w Polsce, oraz Andrzej Pfitzner, reprezentujący KSN NSZZ „Solidarność”, odegrali w procesie doskonalenia — w ramach prac legislacyjnych — rządowego projektu uchwalonej w marcu 2011 roku nowelizacji *Prawa o szkolnictwie wyższym*⁴⁷ (jakkolwiek by nie oceniać przeprowadzonej nowelizacji, która obok korzystnych zmian wprowadza sporo nietrafnych rozwiązań, to ostatecznie przyjęte regulacje są znacznie korzystniejsze niż wcześniejsze propozycje Ministerstwa).

Najbardziej istotne zmiany w systemie kształcenia, będące wynikiem nowelizacji ustawy, związane są z wprowadzeniem Krajowych Ram Kwalifikacji (KRK). W zespole ekspertów opracowujących projekt KRK dla szkolnictwa wyższego w Polsce istotną rolę pełnili Andrzej Kraśniewski i — do czasu wyboru na funkcję Przewodniczącego RGSW — Józef Lubacz. W szczególności, Andrzej Kraśniewski kierował zespołem przygotowującym projekt opisu efektów kształcenia dla obszaru studiów technicznych, stanowiącego — jako część rozporządzenia Ministra — *de facto* nową formę standardu kształcenia dla większości kierunków studiów prowadzonych w uczelniach technicznych, a następnie koordynował prace zespołów przygotowujących przykładowe opisy efektów kształcenia dla wybranych kierunków studiów technicznych. Wniósł także istotny wkład w opracowanie wydanej w kilku tysiącach egzemplarzy publikacji stanowiącej w zakresie KRK przewodnik dla środowiska akademickiego w naszym kraju⁴⁸.

Na rozwój kształcenia w systemie „na odległość” w naszym kraju duży wpływ miały i mają doświadczenia zespołu kierowanego przez Bogdana Galwasa. Osiągnięcia Bogdana Galwasa, związane z wdrażaniem nowatorskich przedsięwzięć w systemie kształcenia na odległość na Wydziale i Uczelni, znalazły uznanie w formie powierzenia mu w 2008 roku funkcji Prezesa Zarządu Polskiego Towarzystwa Edukacji Internetowej.

Zaangażowanie grupy naszych pracowników w działania na rzecz doskonalenia procesu kształcenia na poziomie Wydziału, Uczelni, a także systemu szkolnictwa wyższego w Polsce rozciąga się także na przedsięwzięcia realizowane na forum międzynarodowym. Nie chodzi tu jedynie o prezentację naszych osiągnięć i doświadczeń — także przeniesionych na szczebel Uczelni i systemu — w formie cieszących się zwykle sporym zainteresowaniem referatów na międzynarodowych konferencjach oraz publikacji poświęconych kształceniu inżynierów i szerzej rozumianym problemom kształcenia na poziomie wyższym (publikacje takie są wymienione w załączniku). Równie, a może bardziej istotna jest rozpoznawalność i wysoka ocena tej działalności przez międzynarodowe środowisko akademickie. Przejawia się to między innymi w zaproszeniach do prac w kolegiach redakcyjnych zagranicznych wydawnictw, organach międzynarodowych organizacji zajmujących się zagadnieniami szkolnictwa wyższego oraz w ciałach decyzyjnych kierujących realizacją dużych międzynarodowych projektów dotyczących szkolnictwa wyższego, realizowanych w szczególności przez *European University Association*.

NA CELOWNIKU — JAKOŚĆ

Zapewnienie wysokiej jakości kształcenia było zawsze w centrum uwagi władz Wydziału, a podejmowane przedsięwzięcia reformatorskie zmierzały ku temu, aby tworzyć przesłanki i warunki sprzyjające postawom i działaniom projakościowym. Miało to miejsce zwłaszcza w okresie kształtowania trzystopniowej struktury studiów na Wydziale⁴⁹.

⁴⁷ Ustawa z dnia 18 marca 2011 roku o zmianie ustawy — *Prawo o szkolnictwie wyższym*, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw.

⁴⁸ A. Kraśniewski, *Krajowe Ramy Kwalifikacji*, w: *Autonomia programowa uczelni — ramy kwalifikacji dla szkolnictwa wyższego*, 2010, ss. 12–21. A. Kraśniewski, *Wymagania dla obszarów kształcenia*, w: *Autonomia programowa uczelni — ramy kwalifikacji dla szkolnictwa wyższego*, 2010, ss. 22–89. M. Próchnicka, T. Saryusz-Wolski, A. Kraśniewski, *Projektowanie programów studiów i zajęć dydaktycznych na bazie efektów kształcenia*, w: *Autonomia programowa uczelni — ramy kwalifikacji dla szkolnictwa wyższego*, 2010, ss. 91–116.

⁴⁹ E. Toczyłowski, „Multimedia Information System as a Tool for Improving Quality and Efficiency of Academic Activities”, materiały konferencji „System-Modelling-Control”, tom 2, Łódź 1995. J. Woźnicki, A. Kraśniewski,

Jednak dopiero niedawno powstał kompletny projekt Wydziałowego Systemu Zapewnienia Jakości Kształcenia. Został on przedstawiony w opracowaniu⁵⁰ przygotowanym przez Andrzeja Pfitznera, pełniące od 2007 roku funkcję Wydziałowego Pełnomocnika ds. Jakości Kształcenia.

Jak pisze autor opracowania, *Wydziałowy System Zapewnienia Jakości Kształcenia uwzględnia dotychczasowe bogate doświadczenia Wydziału, obejmuje istniejące już przedsięwzięcia, które wraz z uzupełnieniami zostały ujęte w sposób pozwalający zebrać procedury wydziałowe w wymaganych ramach instytucjonalnych, ale także z myślą o rozwijaniu dobrych praktyk wydziałowych. Zbiorcze ujęcie procedur i standardów, w większości znanych i oczywistych dla pracowników Wydziału, jest odpowiedzią na wymagania formalne, powinno ułatwić przejście przez zewnętrzne procedury zapewnienia jakości kształcenia oraz stanowić pomoc w sporządzaniu wniosków o dofinansowanie działalności dydaktycznej bądź o przyznanie środków inwestycyjnych.*

Opracowany system bierze pod uwagę europejskie „standardy i wskazówki” dotyczące zapewnienia jakości w uczelniach, przyjęte w 2005 roku w Bergen na konferencji ministrów reprezentujących kraje realizujące Proces Boloński⁵¹. Uwzględnia również rozwiązania przyjęte na Politechnice Warszawskiej, opracowane przez Radę ds. Jakości Kształcenia Politechniki Warszawskiej⁵².

System obejmuje m.in. następujące działania i procedury⁵³:

- prowadzenie skutecznej polityki rekrutacyjnej zwłaszcza na studia II i III stopnia,
- formułowanie wymagań programowych dla prowadzonych rodzajów i kierunków studiów z uwzględnieniem Krajowych Ram Kwalifikacji,
- mechanizmy doskonalenia nowoczesności programowej oferty dydaktycznej i skuteczności metodycznej kształcenia,
- procedury pozwalające określić stopień osiągnięcia założonych efektów kształcenia,
- procedury zapewniające wysoką jakość realizacji zajęć dydaktycznych,
- indywidualizacja studiów i rozwój elit,
- rozwijanie „mobilności poziomej i pionowej” przy zrównoważonym udziale w wymianie studentów i kadry akademickiej, zarówno między uczelniami w kraju, jak i w skali międzynarodowej,
- propagowanie standardów akademickich i zapobieganie patologii,
- informowanie otoczenia zewnętrznego Uczelni, zwłaszcza kandydatów na studia i pracodawców, o jakości i poziomie wykształcenia absolwentów Wydziału (w tym przez postępowania akredytacyjne, rankingi itp.),
- zapewnienie wysokiego poziomu i stałego rozwoju kadry nauczającej, pomoc w podnoszeniu kwalifikacji i w ulepszaniu relacji ze studentami,
- pozyskiwanie i uwzględnianie opinii i doświadczeń studentów i absolwentów oraz środowisk pozauczelnianych (np. ekspertów, pracodawców),

„Podstawowe elementy funkcjonalne i strukturalne oraz przesłanki zapewnienia jakości w elastycznym systemie studiów”, *Nauka i Szkolnictwo Wyższe*, 5/1995, ss. 67–99. A. Kraśniewski, J. Woźnicki, „Flexibility and Adaptability of the System of Study as Premises of Quality Assurance”, *Proc. 4th World Conf. on Engineering Education*, vol. 2, St. Paul, October 1995, pp. 295–300. A. Kraśniewski, R.Z. Morawski, J. Woźnicki, „Distributed Development of Curriculum: Impact on Education Quality”, *Proc. Engineering Education Conf. — Professional Standards and Quality*, Sheffield, March 1997, pp. 192–197. A. Kraśniewski, K. Malinowski, J. Woźnicki, „Shortening a Path to PhD — Impact on Quality of Engineering Education”, *Proc. American Society for Engineering Education Annual Conf. (CD-ROM)*, Seattle, June 1998.

⁵⁰ A. Pfitzner, *System Zapewnienia Jakości Kształcenia Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej*, Warszawa, czerwiec 2011.

⁵¹ *Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area*, dokument przyjęty w Bergen w 2005 roku na konferencji sygnatariuszy Procesu Bolońskiego [http://www.enqa.eu/files/ESG_3edition%20\(2\).pdf](http://www.enqa.eu/files/ESG_3edition%20(2).pdf).

⁵² B. Macukow (red.), *System Zapewnienia Jakości Kształcenia w Politechnice Warszawskiej — procedury i działania uczelniane (zalecenia)*, Oficyna Wydawnicza PW, grudzień 2009.

⁵³ A. Pfitzner, *System Zapewnienia Jakości Kształcenia Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej*, Warszawa, czerwiec 2011.

- zapewnienie jawności procedur „projakściowych” i dostępności informacji o ich wynikach,
- zapewnienie efektywnego funkcjonowania służb wspomagających (administracji wszystkich szczebli, służb technicznych itp.),
- określenie zadań i odpowiedzialności jednostek Wydziału i indywidualnych osób,
- sprawne zarządzanie Wydziałem i jego jednostkami, w tym stosowanie odpowiednich narzędzi (w tym finansowych) umożliwiających realizację zadań,
- mechanizmy motywujące studentów i nauczycieli akademickich, wspieranie inicjatyw służących doskonaleniu procesu kształcenia,
- uwzględnianie wymagań akredytacyjnych oraz kryteriów ocen zewnętrznych i rankingów w doskonaleniu stosowanych procedur i ocen wewnętrznych oraz sprawozdawczości.

CO DALEJ?

Nasuwa się pytanie: Co dalej? Jakie zmiany będą zachodziły w systemie kształcenia na Wydziale i jak system ten będzie wyglądał za lat kilka czy kilkanaście? Odpowiedź na tak postawione pytanie nie jest prosta, zwłaszcza że ciągle poszerza się lista różnego rodzaju uwarunkowań, które należy brać pod uwagę przy kształtowaniu wizji pożądanych zmian.

Wydaje się, że Wydział dysponuje odpowiednim potencjałem umożliwiającym określenie, w jakim kierunku powinien ewoluować proces kształcenia studentów. Warto w tym kontekście zauważyć, że — oprócz tradycyjnych form „ucierania” poglądów na temat pożądanych kierunków rozwoju Wydziału, takich jak dyskusje na posiedzeniach Rady Wydziału i jej komisji — od niedawna funkcjonują też inne formy: spotkania Forum Dyskusyjnego oraz dwudniowe, organizowane w konwencji „seminarium bez krawatów”, wyjazdowe spotkania licznej grupy pracowników i zaproszonych gości, poświęcone debatom nad najważniejszymi kwestiami związanymi z funkcjonowaniem Wydziału oraz wizją jego rozwoju.

Na podstawie dotychczas prowadzonych analiz i dyskusji można zaryzykować stwierdzenie, że w okresie najbliższych kilku lat znaczny wysiłek społeczności Wydziału będzie związany z wdrażaniem regulacji zawartych w znowelizowanej ustawie *Prawo o szkolnictwie wyższym*⁵⁴ oraz towarzyszącym jej aktom wykonawczym. Nowelizacja ta, wprowadzając Krajowe Ramy Kwalifikacji dla szkolnictwa wyższego, wymusza bowiem odmienne od przyjętego dotychczas podejście do definiowania programów studiów. Już wkrótce, zapewne począwszy od roku akademickiego 2012/2013, zarówno program, jak i jego podstawowe komponenty — przedmioty będą musiały być opisane przez określenie oczekiwanych efektów kształcenia w kategoriach wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych, a nie — jak dotychczas — przez treści przekazywane w ramach prowadzonych zajęć.

W związku z tym zachodzi pilna potrzeba zdefiniowania — dla każdego z prowadzonych kierunków studiów — oczekiwanych efektów kształcenia zgodnych z podanym w rozporządzeniu Ministra opisem efektów kształcenia dla obszaru studiów technicznych, a następnie zweryfikowania, czy i w jakim stopniu te efekty są osiągnięte w wyniku realizacji przedmiotów składających się na program studiów. Wynik takiej weryfikacji wcale nie jest oczywisty. Opis efektów kształcenia dla obszaru studiów technicznych zawiera bowiem — wzorem podobnych rozwiązań przyjętych w międzynarodowych „standardach” kształcenia inżynierów — wiele elementów dotyczących wiedzy i umiejętności związanych z pozatechnicznymi aspektami działalności inżyniera i wydaje się, że niektóre z nich nie są dostatecznie dobrze reprezentowane w realizowanych obecnie programach studiów.

Dostosowanie się do regulacji ustawowych związanych z wprowadzeniem Krajowych Ram Kwalifikacji wymusza także podjęcie w najbliższym czasie decyzji o profilu prowadzonych studiów — czy ma to być studia o profilu ogólniakademickim czy praktycznym. W związku z tym powstają następujące dylematy, sformułowane przez Pełnomocnika Dziekana ds. Rozwoju Wydziału, Krzysztofa Zarembę, podczas niedawnego „seminarium bez krawatów”⁵⁵:

⁵⁴ Ustawa z dnia 18 marca 2011 roku o zmianie ustawy — *Prawo o szkolnictwie wyższym*, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw.

⁵⁵ K. Zaremba, prezentacja *Strategia Rozwoju Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych na tle Strategii Rozwoju Uczelni*, Seminarium WEiTI, Nadarzyn, 27–28 maja 2011.

- Czy Wydział powinien dążyć do realizacji studiów o profilu praktycznym, czy też konsekwentnie trwać, nawet wbrew tendencjom i działaniom realizowanym na Uczelni, przy koncepcji kształcenia zorientowanego na wiedzę teoretyczną, choć wzbogaconą elementami praktycznymi?
- Czy Wydział powinien powołać Konwent (Radę Powierniczą) współuczestniczącą m.in. w procesie podejmowania decyzji na temat profilu kształcenia?

Rozstrzygnięcie tych dylematów ma nie tylko wymiar merytoryczny. Odpowiedni wybór profilu może stanowić element marketingowy w procesie rekrutacji, istotny w warunkach zbliżającego się niżu demograficznego. W kontekście profilowania kształcenia może także powrócić kwestia długości studiów I stopnia — rozpatrywany jest bowiem postulat, aby studia o profilu praktycznym były o semestr dłuższe niż studia o profilu ogólnoakademickim.

Wprowadzenie Krajowych Ram Kwalifikacji, stwarzające jednostkom o uprawnieniach habilitacyjnych możliwość prowadzenia kierunków studiów o w miarę dowolnych nazwach i treściach kształcenia, tworzy kolejny dylemat, sformułowany podczas niedawnego „seminarium bez krawatów”⁵⁶: *Czy Wydział powinien pozostać przy kształceniu w tradycyjnych, oferowanych przez lata obszarach dydaktycznych, czy też należy rozważyć, w obliczu nowych możliwości stworzonych przez znowelizowane Prawo o Szkolnictwie Wyższym, możliwość zdefiniowania oferty dydaktycznej?* Przykładem działania zmierzającego w kierunku redefiniowania tradycyjnej oferty dydaktycznej Wydziału jest zainicjowanie — wspólnie ze Szkołą Biznesu Politechniki Warszawskiej — prac nad projektem studiów II stopnia prowadzących do dyplomu MBA ICT (*Master of Business Administration in Information and Communication Technology*). Można sobie wyobrazić podobne inicjatywy w innych obszarach tematycznych.

Odpowiedź na pytanie o kształt przyszłej oferty studiów na Wydziale nie musi być udzielona pośpiesznie. Wydaje się, że będzie to jeden z głównych tematów dyskusji na początku kolejnej kadencji władz akademickich. Warto jednak zauważyć, że problem ustalenia właściwego zestawu kierunków, specjalności i specjalizacji — podobnie jak decyzje dotyczące profilowania studiów — trzeba rozpatrywać także w kontekście strategii promocji Wydziału, niezbędnej w warunkach niżu demograficznego oraz powstawania konkurencyjnych programów studiów oferowanych przez inne jednostki i instytucje kształcące na poziomie wyższym.

Ewentualne przyszłe zmiany nazw kierunków studiów i specjalności mogą być naturalną konsekwencją ewolucji struktury organizacyjnej Uczelni i Wydziału. Na początku obecnej dekady przedmiotem ożywionej dyskusji, zakończonej uchwałą Rady Wydziału w grudniu 2004 roku, była koncepcja utworzenia w Politechnice Warszawskiej szkoły, w której strukturze mieściłby się nasz Wydział. Nie jest wykluczone, że koncepcja ta zostanie w przyszłości zrealizowana. Spowodowałoby to zapewne konieczność choćby częściowego zdefiniowania oferty dydaktycznej każdego wydziału wchodzącego w skład szkoły. Zmiany w układzie kierunków studiów i specjalności mogłyby być też następstwem zmian w strukturze organizacyjnej Wydziału, a zwłaszcza zmian, które dotyczyłyby instytutów.

Wprowadzenie Krajowych Ram Kwalifikacji — eksponujących w stopniu znacznie większym niż dotychczas rolę umiejętności wśród oczekiwanych efektów kształcenia na studiach technicznych — będzie zapewne wymagało zmian w sposobie realizacji procesu dydaktycznego. Proces ten nie może być oparty na przekazywaniu wiedzy, lecz musi zawierać dostatecznie duży komponent zajęć aktywizujących studenta i służących kształtowaniu pożądanych umiejętności. Takie podejście zgodne byłoby także z postulatami zawartymi w przyjętej niedawno strategii rozwoju Uczelni⁵⁷, gdzie jest mowa o ukierunkowaniu procesu kształcenia na osiąganie przez absolwentów konkretnych, mierzalnych efektów kształcenia, obejmujących — obok wiedzy i umiejętności związanych ze specyfiką kierunku studiów, profilu lub specjalności — umiejętności o charakterze ogólnym, niezwiązane bezpośrednio z kierunkiem studiów, przydatne niezależnie od charakteru wykonywanej pracy zawodowej.

W związku z tym tradycyjne formy prowadzenia zajęć — wykłady dla dużych grup studentów, podczas których przekazywana jest wiedza, niekiedy bardzo szczegółowa, powinny

⁵⁶ K. Zaremba, prezentacja *Strategia Rozwoju Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych na tle Strategii Rozwoju Uczelni*, Seminarium WEiT, Nadarzyn, 27–28 maja 2011.

⁵⁷ *Strategia rozwoju Politechniki Warszawskiej do roku 2020*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011.

stopniowo ustępować miejsca zajęciom w małych grupach, wymuszającym aktywne zachowania i praktyczne działania studentów, nawet jeśli — ze względów ekonomicznych — będzie się to odbywać kosztem zmniejszenia liczby godzin zajęć w planie studiów. Pożądaną byłoby zwłaszcza wprowadzanie i upowszechnianie kształcenia (uczenia się) ukierunkowanego problemowo/projektowo (*problem/project-based learning*). W tym kontekście celowe wydaje się podjęcie dyskusji nad rolą i wymiarem wykładów w programie studiów, a także nad organizacją i sposobem prowadzenia zajęć mających formę wykładu.

W historii Wydziału obok tradycyjnych form prowadzenia zajęć dydaktycznych — wykładów, ćwiczeń, zajęć laboratoryjnych i projektowych — pojawiały się formy niezbyt powszechnie wykorzystywane w kształceniu inżynierów. W pewnym okresie popularną formą były zajęcia zintegrowane (lekcje), łączące elementy wykładu, ćwiczeń, a często także zajęć o charakterze projektowym. Oferowane były również konwersatoria — nieobowiązkowe zajęcia o charakterze „wyrównawczym”, umożliwiające słabszym studentom nadrobienie ewentualnych braków w przygotowaniu do studiów bądź zaległości. Możliwości wynikające z wykorzystania nowoczesnych technik informacyjnych w kształceniu zachęcają do poszukiwania nowych, niekonwencjonalnych form organizacji i prowadzenia zajęć służących kształtowaniu umiejętności inżynierskich. Eksperymentowanie w zakresie metod i technik kształcenia należy do dobrych tradycji Wydziału i — miejmy nadzieję — będzie kontynuowane. Wydaje się, że można byłoby pokusić się o eksperyment polegający na organizacji procesu dydaktycznego w początkowym etapie studiów przynajmniej w części opartego na metodach typowych dla kształcenia zorientowanego projektowo.

Zmianom w sposobie prowadzenia zajęć dydaktycznych powinny towarzyszyć zmiany w zakresie sposobów sprawdzania i oceniania osiągnięć studentów, a szczególnie nabytych umiejętności. Właściwe byłoby zwłaszcza takie formy sprawdzania efektów kształcenia, które umożliwiają studentowi korzystanie — podczas egzaminów, kolokwium i innych sprawdzianów — z rozmaitych źródeł informacji: podręczników, notatek, informacji dostępnych w Internecie itp.

Przewidywane zmiany w procesie kształcenia, mające bardziej lub mniej bezpośredni związek z dostosowaniem się Wydziału do regulacji prawnych wprowadzających Krajowe Ramy Kwalifikacji, a także planowane nowe regulacje dotyczące akredytacji będą wymagały zmiany podejścia do wewnętrznego (wydziałowego) systemu zapewniania jakości kształcenia. Istotą tego podejścia powinno być wprowadzenie takich procedur, które przekonają wszystkich zainteresowanych, a w szczególności ekspertów komisji akredytacyjnych, że zdefiniowane przez Wydział dla każdego z prowadzonych kierunków studiów efekty kształcenia są rzeczywiście osiągnięte przez studentów i absolwentów.

W dającej się przewidzieć przyszłości podstawową formą kształcenia na Wydziale pozostaną studia dzienne. Nie ulega jednak wątpliwości, że — w miarę upowszechniania idei uczenia się przez całe życie (*life-long learning*) — postępować powinno wzbogacanie i różnicowanie naszej oferty w celu dostosowania jej do coraz bardziej różnorodnych potrzeb poszerzającego się kręgu potencjalnych odbiorców usług edukacyjnych na poziomie wyższym. Różnicowanie to mogłoby dotyczyć także podstawowej formy kształcenia, tzn. studiów — mogłyby być prowadzone studia „part-time” i studia łączące w różnych proporcjach cechy studiów stacjonarnych i studiów „na odległość”. Można ponadto rozważać rozwój następujących rodzajów usług edukacyjnych:

- studia podyplomowe, kursy i szkolenia, opracowywane w odpowiedzi na konkretne zamówienie ze strony firm lub we współdziałaniu z firmami (często także prowadzone z udziałem osób zewnętrznych); kształcenie takie mogłoby być realizowane w dużej części w systemie „na odległość” (słuchacze pozostawaliby w miejscu pracy),
- programy studiów łączące zajęcia na uczelni z kształceniem realizowanym w miejscu pracy, wzorowane na podobnych formach kształcenia oferowanych przez uczelnie zagraniczne (*work-study programmes, co-op programmes*)⁵⁸.

⁵⁸ P.G. Altbach, L. Reisberg, L.E. Rumbley, *Trends in Global Higher Education: Tracking an Academic Revolution, Report prepared for the UNESCO 2009 World Conference on Higher Education*, UNESCO, 2009, s. 158.

W tym kontekście pojawiają się m.in. następujące pytania, sformułowane podczas niedawnego „seminarium bez krawatów”⁵⁹:

- Czy Wydział powinien rozwijać studia „na odległość”?
- Czy studia tego typu gwarantują dostatecznie wysoką jakość kształcenia?

Nie podejmując próby odpowiedzi na te pytania, można zauważyć, że — zgodnie z koncepcją Krajowych Ram Kwalifikacji — absolwent otrzymujący dyplom ukończenia studiów na danym kierunku musi uzyskać zdefiniowane przez jednostkę prowadzącą studia efekty kształcenia, które są niezależnie od sposobu realizacji procesu kształcenia (od tego, czy są to studia stacjonarne, czy niestacjonarne, czy są prowadzone na uczelni, czy też „na odległość”). I to jednostka prowadząca studia musi udowodnić, że efekty te są osiągnięte.

Wprowadzenie Krajowych Ram Kwalifikacji tworzy warunki, aby w dalszej perspektywie Wydział mógł pełnić — w odniesieniu do kształcenia na poziomie wyższym — rolę „integratora” procesu uczenia się przez całe życie w różnych warunkach i okolicznościach (*life-wide learning*). Jednym z aspektów tego procesu mogłoby być uznawanie — zgodnie z wypracowanymi i przyjętymi zasadami — efektów uczenia się osiągniętych w sposób „nietradycyjny”, czyli w procesie kształcenia (uczenia się) nieformalnego lub pozaformalnego, jako alternatywnej formy spełnienia całości lub części wymagań programu studiów, prowadzącego do uzyskania określonej kwalifikacji (dyplomu). Umożliwiłoby to — po zrealizowaniu przez takiego „nietradycyjnego” studenta brakujących elementów programu studiów — wydanie dokumentu poświadczającego uzyskanie tej kwalifikacji. Działalność tego typu, ukierunkowana na osoby w różnym wieku, mogłaby częściowo złagodzić problemy związane z oczekiwanym w wyniku zmian demograficznych zmniejszeniem się liczby studentów w typowej grupie wiekowej.

Po uporaniu się z problemami związanymi z nowymi regulacjami prawnymi, a zwłaszcza wprowadzeniem Krajowych Ram Kwalifikacji, przyjdzie zapewne czas na dyskusję na temat modelu studiów. I choć pewna część naszych pracowników nadal z rozrzewnieniem wspomina jednolite studia magisterskie, uznając je za właściwy sposób kształcenia kadry technicznej, to wydaje się mało realne, aby w niedalekiej przyszłości — w warunkach zwiększającego się odsetka młodzieży podejmującej studia wyższe, w tym także studia techniczne — możliwe było oparcie prowadzonego na Wydziale procesu dydaktycznego na tym modelu.

Nie znaczy to, że należy utrzymywać obecny model studiów, niesłusznie utożsamiany z Procesem Bolońskim (system, w którym większość osób kończących studia I stopnia podejmuje natychmiast studia II stopnia, jest karykaturą Procesu Bolońskiego, a nie realizacją jego idei).

Przedmiotem analizy w najbliższych latach stanie się zapewne organizacja studiów II stopnia. Obecna sytuacja, w której studia te są *de facto* łatwiejsze niż studia I stopnia, powoduje — całkiem słusznie — utyskiwania, a nawet frustrację znacznej grupy nauczycieli akademickich. Wśród społeczności akademickiej Wydziału narasta przekonanie, że studiom II stopnia należy nadać inny charakter, zbliżony do tego jaki mają one w większości innych krajów — powinny być to studia zorientowane na prowadzenie badań, stawiające kandydatom wysokie wymagania, przyciągające absolwentów studiów I stopnia z innych wydziałów Politechniki Warszawskiej i innych uczelni. Podczas zorganizowanego w maju bieżącego roku „seminarium bez krawatów”, sformułowano w związku z tym następujące pytania:

- Czy Wydział powinien dążyć do ograniczenia liczby studentów przyjmowanych na studia II stopnia, zaostrożając kryteria rekrutacyjne?
- Czy należy zrezygnować z jakichkolwiek preferencji rekrutacyjnych dla własnych absolwentów studiów I stopnia, a jeśli tak, to jak powinien wyglądać proces rekrutacji?

W związku z propozycjami zmiany charakteru studiów II stopnia pojawiło się inne ważne pytanie: *Czy należy założyć, że Wydział będzie w perspektywie najbliższych kilkunastu lat dążył do ograniczenia (likwidacji) kształcenia masowego na rzecz studiów elitarnych o profilu badawczym?* Wydaje się, że podejmowanie dziś próby odpowiedzi na to pytanie jest niecelowe — zbyt dużo zależy bowiem w tej kwestii od trudno przewidywalnych uwarunkowań

⁵⁹ K. Zaremba, prezentacja *Strategia Rozwoju Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych na tle Strategii Rozwoju Uczelni*, Seminarium WEiTI, Nadarzyn, 27–28 maja 2011.

zewnątrznych, a przede wszystkich od polityki państwa w zakresie finansowania szkolnictwa wyższego.

Jakkolwiek likwidacja, czy nawet poważne ograniczenie kształcenia masowego na rzecz studiów o profilu badawczym nie wydaje się w najbliższej przyszłości realne, to w prowadzonych ostatnio na posiedzeniach Rady Wydziału i przy innych okazjach dyskusjach wielokrotnie przewijał się wątek kształcenia elitarnego. W szczególności, podczas tegorocznego „seminarium bez krawatów” sformułowano następujące pytania:

- *Czy Wydział powinien przystąpić do realizacji „ścieżki” kształcenia elitarnego?*
- *Jeśli tak, to czy ścieżka ta powinna być związana z jednym z kierunków kształcenia, czy też z kształceniem interdyscyplinarnym?*
- *Jakie formy organizacyjne powinna przyjąć?*

Wydaje się, że już wkrótce należy oczekiwać odpowiedzi na te pytania i przedstawienia konkretnych propozycji w tym zakresie.

Kształcenie elitarne jest, póki co, realizowane — przynajmniej w pewnym stopniu — w ramach prowadzonych na Wydziale studiów doktoranckich. Oceniając funkcjonowanie tych studiów z perspektywy 40 lat doświadczeń, można chyba stwierdzić, że ewolucja modelu kształcenia doktorantów zmierza we właściwym kierunku. Ustabilizowana na poziomie około 200 liczba doktorantów zdaje się odpowiadać możliwościom kadrowym i zasobom Wydziału. Zapewne mamy jeszcze pewne rezerwy, umożliwiające dalszy rozwój ilościowy tych studiów, otwartą kwestią pozostaje jednak, czy zwiększenie liczby uczestników studiów doktoranckich jest pożądane.

Odpowiedź na to pytanie jest z pozoru oczywista — studia III stopnia są wizytówką Wydziału, a zatem powinniśmy kształcić jak największą liczbę doktorantów. Tymczasem określenie właściwej liczby kształconych doktorantów nie jest sprawą prostą. Wynika to stąd, że dobre kształcenie na tym poziomie jest bardzo kosztowne, a kiepskie nie ma sensu. Kwestia ta stanowi zresztą przedmiot analiz w wielu krajach i dyskusji na forum międzynarodowym, także w najpoważniejszych czasopiśmie naukowych⁶⁰. Dylematy związane z modelem ilościowego rozwoju studiów doktoranckich znalazły też odzwierciedlenie w środowiskowym projekcie strategii rozwoju szkolnictwa wyższego w Polsce⁶¹ oraz w przyjętej niedawno strategii rozwoju Uczelni⁶². Nie ulega wszakże wątpliwości, że — niezależnie od rozstrzygnięć dotyczących pożądanej liczby kształconych doktorantów — przedmiotem naszej szczególnej troski powinno być podniesienie jakości i zwiększenie sprawności studiów doktoranckich.

Drogą prowadzącą do podniesienia jakości studiów doktoranckich jest zwiększanie poziomu ich umiędzynarodowienia. Wprawdzie dość znaczna liczba naszych doktorantów prowadzi swoje prace badawcze w ramach programów międzynarodowych (przede wszystkim programów ramowych Unii Europejskiej) bądź też realizuje część swoich badań za granicą — zwykle w ramach porozumień między Wydziałem i instytucjami zagranicznymi, to jednak skala umiędzynarodowienia studiów III stopnia nie jest zadowalająca. Niezbędnym warunkiem włączenia się Wydziału w Europejski Obszar Szkolnictwa Wyższego i Badań Naukowych jest przyciągnięcie — na okres realizacji pełnego programu studiów lub na krótszy czas — doktorantów z innych krajów. Formalna reaktywacja w 2006 roku studiów doktoranckich prowadzonych w języku angielskim nie przyniosła widocznych zmian w tym zakresie — studia te pozostają bytem niemal martwym. Warunkiem ich ożywienia jest przede wszystkim rozszerzenie oferty przedmiotów zaawansowanych prowadzonych w języku angielskim oraz znalezienie trwałych źródeł finansowania, włącznie z ofertą stypendiów dla najlepszych kandydatów z zagranicy.

Postulat zwiększenia umiędzynarodowienia studiów dotyczy nie tylko studiów doktoranckich — w równym stopniu odnosi się do studiów I i II stopnia. To stopień umiędzynarodowienia studiów, określony m.in. szerokością oferty zajęć w języku angielskim i liczbą studentów

⁶⁰ „The PhD Factory”, *Nature*, vol. 472, 21 April 2011, pp. 276–279.

⁶¹ *Strategia rozwoju szkolnictwa wyższego 2010–2020 — projekt środowiskowy*, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2009.

⁶² *Strategia rozwoju Politechniki Warszawskiej do roku 2020*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011.

zagranicznych, wyznacza bowiem pozycję Wydziału — zwłaszcza na arenie międzynarodowej. Odpowiedź na sformułowane w trakcie „seminarium bez krawatów” pytanie⁶³: *Czy Wydział powinien i jest w stanie rozwijać studia anglojęzyczne?*, a przynajmniej na pierwszą część tego pytania, jest zatem oczywista. Mniej oczywiste są odpowiedzi na powiązane ze sobą pytania, określające sposób podejścia do organizacji studiów prowadzonych w języku angielskim: Kto powinien być adresatem tych studiów? Jaki powinien być model ich finansowania? Jaka powinna być relacja między studiami prowadzonymi w języku polskim a studiami prowadzonymi w języku angielskim?

Jakkolwiek studia w zakresie *Electrical and Computer Engineering* są prowadzone na Wydziale od kilkunastu lat, to dotychczasowe doświadczenia i osiągnięcia w obszarze kształcenia w języku angielskim trudno uznać za zadowalające. Przyczyny tego stanu oraz propozycje zmierzające do poprawy obecnej sytuacji w zakresie studiów I stopnia zostały wskazane w obszernym opracowaniu⁶⁴, przygotowanym przez sprawującego obecnie funkcję Przewodniczącego Dziekańskiej Komisji ds. Studiów Anglojęzycznych, Romana Z. Morawskiego. W kolejnym opracowaniu⁶⁵ przedstawiona została wizja rozwoju studiów anglojęzycznych, w której jako pożądane rozwiązanie docelowe proponowana jest oferta około 200 przedmiotów w języku angielskim, przeznaczonych zarówno dla studentów studiów polskojęzycznych, jak i anglojęzycznych. Autor opracowania zaproponował także działania, które przybliżyłyby osiągnięcie tego celu.

Rozpatrując możliwości zmian w procesie kształcenia na Wydziale, należy także przyrzeć się procedurom związanym z rekrutacją i organizacją procesu studiowania.

Wobec obserwowanej ostatnio szybko rosnącej dysproporcji między liczbą studentów rozpoczynających studia I stopnia w semestrach zimowych i liczbą studentów rozpoczynających te studia w semestrach letnich pożądana byłaby dyskusja nad organizacją rekrutacji. Być może po 45 latach stosowania — z dobrym skutkiem — zasady, że mniej więcej połowa kandydatów przyjętych na studia rozpoczyna je z półrocznym przesunięciem, czeka nas powrót do „klasyki” — rozpoczynania studiów I stopnia wyłącznie w październiku.

Być może w nieodległej przyszłości potrzebne będą także pewne modyfikacje stosowanych od wielu lat reguł studiowania. Dotyczy to zwłaszcza obowiązującej w różnych kontekstach zasady, że w elastycznym systemie studiów przy dostępie do krytycznych zasobów, na które zapotrzebowanie ze strony studentów przewyższa możliwości spełnienia potrzeb, decydują dotychczasowe wyniki studiów. Zasada ta wydaje się być rozwiązaniem sprzyjającym poprawie jakości kształcenia⁶⁶. Stosowana przy zapisach na przedmioty obieralne, wyborze specjalności na studiach I stopnia oraz w rekrutacji na studia II stopnia, powinna stanowić dla wszystkich studentów zachętę do efektywnej pracy.

W praktyce jednak stosowanie tej zasady doprowadziło do powstania konfliktów i napięć. Szczególnie wrażliwa stała się kwestia wyboru specjalności na studiach I stopnia przez studentów kształconych w ramach makrokierunku. Wyraźnie artykułowane poczucie krzywdy przez studentów „zmuszonych” w wyniku stosowanej procedury konkursowej do studiowania „niechcianej” specjalności, a także związane z tym nieracjonalne — z punktu widzenia efektywności kształcenia — poczynania studentów, wywołały dyskusję na temat sensowności stosowania procedur wymuszających konkurencję. W efekcie, m.in. w trosce o zapewnienie korzystnej atmosfery na Wydziale, podjęto decyzję o „rozbiciu” makrokierunku i przeniesieniu procesu kwalifikacji na poszczególne kierunki studiów na poziom rekrutacji. Nie jest wykluczone, że w ślad za tymi zmianami, także inne stosowane w organizacji procesu dydaktycznego procedury, oparte na konkurencji między studentami, ulegną modyfikacjom.

⁶³ K. Zaremba, prezentacja *Strategia Rozwoju Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych na tle Strategii Rozwoju Uczelni*, Seminarium WEiTI, Nadarzyn, 27–28 maja 2011.

⁶⁴ R.Z. Morawski, *Raport w sprawie studiów anglojęzycznych I stopnia Electrical and Computer Engineering*, opracowanie wewnętrzne, Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej, kwiecień 2008.

⁶⁵ R.Z. Morawski, *Strategia rozwoju studiów anglojęzycznych na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych*, notatka służbowa z dnia 30 marca 2009 roku.

⁶⁶ J. Woźnicki, A. Kraśniewski, „Podstawowe elementy funkcjonalne i strukturalne oraz przesłanki zapewnienia jakości w elastycznym systemie studiów”, *Nauka i Szkolnictwo Wyższe*, 5/1995, ss. 67–99.

ILE ZMIAN, ILE STABILIZACJI?

Mnogość dokonanych w systemie studiów przeobrażeń ilustruje charakterystyczną cechę środowiska naszego Wydziału — stałe pragnienie ulepszania oferty dydaktycznej i dostosowywania jej do potrzeb potencjalnych odbiorców.

Omawiając historię zmian w strukturze studiów na Wydziale, stwierdziliśmy, że mieliśmy już jednolite studia magisterskie o różnym czasie trwania, mieliśmy równolegle prowadzone studia magisterskie i studia zawodowe, mieliśmy też w przeszłości — na samym początku działalności Wydziału jako samodzielnej jednostki — studia dwustopniowe. „Przerabialiśmy” w ten sposób niemal wszystkie możliwe warianty struktury studiów. Co więcej, wydaje się, że zatoczyliśmy potężne koło i wróciliśmy do stanu sprzed pół wieku — do systemu studiów dwustopniowych.

Historia zatoczyła także koło w zakresie układu kierunków studiów. Począwszy od 1975 roku przez kilkanaście lat studia dzienne prowadzone były na trzech kierunkach: **Elektronika, Informatyka i Telekomunikacja**, którą to listę uzupełniła w 1989 roku **Automatyka i Robotyka**. Później nastąpiła era makrokierunku, uzupełnianego studiami na wyodrębnionych kierunkach. Podejmując w tym roku decyzję o zaprzestaniu prowadzenia studiów na makrokierunku, wróciliśmy do sytuacji zbliżonej do tej, jaka istniała lat temu trzydzieści czy dwadzieścia.

Trudno przewidzieć, jaka będzie w najbliższej przyszłości dynamika zmian w systemie kształcenia na Wydziale. Z jednej strony bowiem Wydział był i pozostaje nadal wylegarnią pomysłów edukacyjnych, a ponadto coraz szybsze zmiany w otoczeniu zdają się wymuszać ciągle działania dostosowawcze. Z drugiej zaś, ciągle podejmowanie nowych przedsięwzięć reformujących strukturę i programów studiów ma oczywiście swoją cenę. Każda zmiana związana jest z dodatkowymi kosztami, przy czym chodzi tu nie tylko o koszty materialne, ale również koszty dodatkowego wysiłku kadry akademickiej — nie tylko osób bezpośrednio zaangażowanych w organizowanie i zarządzanie procesem kształcenia, ale także — a może przede wszystkim — nauczycieli akademickich i innych pracowników uczestniczących w realizacji zadań dydaktycznych.

Częstość tych zmian jest znaczna, żeby nie powiedzieć bardzo znaczna. W 60-letniej historii Wydziału były jedynie dwa takie lata, kiedy osoby podejmujące 5-letnie cykl kształcenia studiowały w tym samym układzie kierunków i specjalności i według tych samych wymagań programowych, co osoby kończące w tym czasie studia (studenci podejmujący kształcenie na studiach I stopnia w latach 1999/2000 i 2000/2001). W warunkach ogólnych niedoborów finansowych oraz obserwowanego przeciążenia kadry pracą na Wydziale i poza Wydziałem umiar w poczynaniach reformatorskich ma kluczowe znaczenie zwłaszcza, że — jak pokazuje dotychczasowe 60 lat działalności Wydziału — historia lubi się powtarzać: funkcjonujące rozwiązania ocenione w przeszłości jako nietrafne i w wyniku takiej oceny zmienione, powracają po latach jako propozycje udoskonalenia systemu kształcenia i niekiedy bywają ponownie wdrażane.

Być może opracowanie strategii rozwoju Wydziału — niezbędne w świetle nowych regulacji prawnych i przyjęcia strategii rozwoju Uczelni — ustabilizuje nieco sytuację w tym zakresie. Być może warto przemyśleć sformułowane w 2004 roku wnioski Dziekańskiej Komisji ds. Rozwoju Wydziału, która zwróciła uwagę na to, że dotychczasowe prace nad systemem i programami kształcenia nierzadko były prowadzone bez dostatecznie jasno wytyczonych celów nadrzędnych, co wraz z ujawniającymi się w tych pracach interesami o charakterze partykularnym (instytutowym, zakładowym i indywidualnym) przyniosło nienajlepsze skutki. Stwierdzenie to odnosiło się wprawdzie do działań podejmowanych na początku bieżącej dekady, lecz nie wydaje się, aby uległo ono dezaktualizacji.

ILE CENTRALIZMU, ILE DEMOKRACJI?

Zasadnicze decyzje dotyczące prowadzonych na Wydziale programów studiów są podejmowane przez ciała ogólnowydziałowe. Projekty programów przybierają ostateczną postać w wyniku prac Komisji ds. Kształcenia, a decydujący głos w tej sprawie należy do Rady Wydziału. Powinno to gwarantować, że efektem prac programowych jest najlepszy produkt, na jaki stać nasz Wydział.

Praktyka wygląda często inaczej. Nawet w przypadku, gdy program adresowany jest do wszystkich lub wyrażnej większości studentów Wydziału, jego kształt — zestaw przedmiotów i treści kształcenia — wynika nie tyle z klarownej, spójnej wizji procesu kształcenia, co z kompromisu zawartego między różnymi, reprezentującymi instytucje lub mniejsze jednostki organizacyjne grupami interesu, których głównym celem jest umieszczenie w planie studiów odpowiedniej liczby „własnych” przedmiotów. Jeszcze gorzej — z punktu widzenia spójności koncepcyjnej na poziomie Wydziału — wygląda sytuacja, gdy programy studiów dotyczą poszczególnych kierunków, a zwłaszcza specjalności. Niewiele już osób pamięta, że na początku lat dziewięćdziesiątych istniały na poziomie Wydziału wytyczne dla zespołów projektujących programy studiów, dotyczące m.in. proporcji poszczególnych grup przedmiotów, w tym przedmiotów ograniczonego i swobodnego wyboru, w planach modelowych i wymaganiach programowych poszczególnych specjalności.

Jakie są tego efekty? W ocenie działającej w latach 2002–2004 Dziekańskiej Komisji ds. Rozwoju Wydziału, wymagania programowe dla poszczególnych potoków w ramach makrokierunku, sformułowane przez trzy oddzielne rady programowe, bez dostatecznej koordynacji ze strony Komisji ds. Kształcenia Rady Wydziału, różniły się znacznie, nawet pod względem sposobu ich sformułowania. Opracowane ostatnio, uchwalone „po kawałku” modelowe plany studiów i wymagania programowe studiów I stopnia, przygotowane w związku ze skróceniem tych studiów do 7 semestrów, charakteryzują się znacznymi różnicami między poszczególnymi specjalnościami, zaś studia II stopnia na poszczególnych kierunkach i specjalnościach stały się coraz mniej ogólnowydziałowe, a coraz bardziej „instytutowe”. W efekcie duży potencjał reprezentowany przez Wydział jako całość nie jest właściwie wykorzystywany.

Być może konieczność dostosowania się do regulacji związanych z wprowadzeniem Krajowych Ram Kwalifikacji, co wymaga całościowego spojrzenia na efekty kształcenia osiąganego przez studenta w wyniku realizacji programu studiów i zachowania ich zgodności z efektami określonymi dla obszaru studiów technicznych, przyniesie poprawę w tym zakresie — doprowadzi do sytuacji, której najważniejszy będzie interes Wydziału jako całości, a ściślej studentów Wydziału, a w mniejszym stopniu zabezpieczenie interesu poszczególnych grup pracowników.

A na koniec uwaga innej natury...

Projektowanie programów studiów, tak jak projektowanie obiektów czy procesów technicznych, wymaga odpowiedniego przygotowania. Nie wydaje się, aby było możliwe zaprojektowanie dobrego układu elektronicznego, spełniającego określone wymagania, bez znajomości podstaw teoretycznych i metodologii projektowania tego typu układów oraz opisanych w literaturze wcześniejszych rozwiązań. Czy stwierdzenie to traci rację bytu, jeśli przedmiotem projektowania nie jest układ elektroniczny, lecz program studiów? Proces kształcenia inżynierów staje się coraz bardziej skomplikowany i jego właściwe zaprojektowanie także wymaga odpowiedniego przygotowania. Program studiów nie powinien być projektowany przez zespół, którego podstawowym kryterium tworzenia jest właściwe (proporcjonalne) reprezentowanie określonych gremiów — instytutów, zakładów itp. Nie przypadkiem niektóre uczelnie zagraniczne oferują programy studiów prowadzące do uzyskania dyplomu *Master of Engineering Education*.

A CO JEST NAPRAWDĘ WAŻNE...

W tym opracowaniu skupiliśmy uwagę na zmianach zachodzących na poziomie ogólnej organizacji systemu kształcenia na Wydziale — jego strukturze, programach kształcenia i zasadach prowadzenia procesu dydaktycznego. Jednakże istotne dla doskonalenia procesu kształcenia zmiany — czasami ważniejsze niż kształtowanie nowego układu kierunków i specjalności — wprowadzane są też na poziomie poszczególnych przedmiotów czy poszczególnych laboratoriów dydaktycznych. Wymownym świadectwem skali tej innowacyjnej działalności jest mnogość publikacji pracowników Wydziału dotyczących tych właśnie dokonań, kluczowych z punktu widzenia jakości oferowanych usług edukacyjnych — niepełny zapewne wykaz takich publikacji zamieszczony jest poniżej.

Warto mieć na uwadze, że to, jakie będą efekty działalności dydaktycznej naszego Wydziału, zależy nie tylko od decyzji i działań jego organów. Decyduje o tym także, a może przede wszystkim, zbiorowy wysiłek całej społeczności, w tym także studentów. Bez ich aktywnej postawy choćby najlepiej pomyślany i realizowany proces dydaktyczny może przynieść jedynie ograniczone efekty.



Załącznik

PUBLIKACJE PRACOWNIKÓW I DOKTORANTÓW WYDZIAŁU DOTYCZĄCE KSZTAŁCENIA NA POZIOMIE WYŻSZYM WYDANE W LATACH 2001–2011

Poniższa lista zawiera publikacje dotyczące kształcenia inżynierów, szeroko rozumianego funkcjonowania uczelni akademickich i ich jednostek, a także systemu szkolnictwa wyższego w naszym kraju. Zamieszczono na niej publikacje międzynarodowe oraz krajowe monografie, inne publikacje książkowe, artykuły w czasopismach naukowych i zawodowych oraz referaty zamieszczone w materiałach konferencji krajowych; lista nie obejmuje natomiast: raportów i innych opracowań o charakterze eksperckim, artykułów w gazetach, czasopismach popularnych, biuletynach informacyjnych itp. Lista publikacji z okresu poprzedzającego ostatnią dekadę znajduje się w wielokrotnie cytowanym wcześniej opracowaniu, będącym częścią jubileuszowego wydawnictwa związanego z obchodami 50-lecia Wydziału.

1. R.Z. Morawski, J. Woźnicki, *Finansowanie szkolnictwa wyższego*, w: W. Kuczyński (red.), *Dziesięciolecie Polski niepodległej, 1989–1999*, United Pub. & Prod., Warszawa 2001, ss. 434–436.
2. C. Szwed, E. Toczyłowski, *Optimalizacja przydziału studentów do specjalności w warunkach elastycznego studiowania*, Politechnika Koszalińska, „Zeszyty Naukowe Wydziału Mechanicznego”, nr 28, 2001.
3. B. Galwas, J. Nowak, M. Pajer, P. Witoński, *New Model of Electronic-Book for Distance-Learning Courses*, Proc. EDEN 10th Anniversary Conf., Stockholm, June 2001, pp. 465–468.
4. A. Kraśniewski, R.Z. Morawski, *Decline of Academic Standards in Engineering Education — Polish Experience*, Proc. American Society for Engineering Education Annual Conf. (CD-ROM), Albuquerque, June 2001.
5. B. Galwas, M. Pajer, J. Chęć, *Model of E-Book for Distance-Learning Courses*, „Journal of Telecommunications and Information Technology”, vol. 2, 2001, pp. 46–50.
6. R.Z. Morawski, *The Current Status and Problems Related to the Design and Use of System-Level Indicators for Tertiary/Higher Education: The Polish Perspective*, Proc. Invitational Roundtable „System-Level Indicators for Higher/Tertiary Education” (CD-ROM), Hiroshima, June 2001.
7. A. Kraśniewski, *Teaching Technical Communication — Unexpected Experience*, Proc. Int. Conf. on Engineering Education (CD-ROM), Oslo, August 2001.
8. K. Jellonek, E. Pawłowski, D. Świsulski, W. Winięcki, *Nauczanie systemów pomiarowych w polskich uczelniach technicznych*, Materiały XXXIV Międzyuczelnianej Konferencji Metrologów MKM’2001, Łódź, wrzesień 2001, ss. 133–142.
9. C. Dreger, *50 lat kształcenia w telekomunikacji*, „Przegląd Telekomunikacyjny”, 10/2001, ss. 702–705.
10. J. Woźnicki, *Szkoły wyższe wobec dylematów i wyzwań współczesności. Wybrane przemówienia i inne wystąpienia publiczne 1996–1999*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.
11. E. Piwowarska, A. Pfitzner, B. Galwas, *Distance Learning at Warsaw University of Technology — Problems and Solutions*, Materiały Międzynarodowej Nauczno-Metodycznej Konferencji „Distansonnne Obuczennje Obrazovayel'naja Sreda XXI Veka”, Minsk, Dec. 2001, pp. 14–17.
12. R.Z. Morawski, A. Kraśniewski, *Inflacja ocen — problem nie tylko amerykański*, Mat. XII Ogólnopolskiego Zjazdu Dziekanów Wydziałów Elektrycznych, Elektroniki i Informatyki, Rzeszów–Polańczyk, czerwiec 2002, ss. 27–44.

13. A. Janowski, A.K. Koźmiński, J. Woźnicki, F. Ziejka, *Raport o zasadniczych problemach szkolnictwa wyższego w polskim systemie edukacji narodowej*, opracowanie na zamówienie Prezydenta RP, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.
14. A. Kraśniewski, *New Concepts in Teaching Technical Communication*, in: C. Borri, T.-U. Weck (Eds.), *The Renaissance Engineer of Tomorrow*, Proc. 30th SEFI Annual Conf. (CD-ROM), Firenze, Sept. 2002.
15. R.Z. Morawski, Z. Pawłowski, K. Zaremba, *Undergraduate Studies in Biomedical Engineering at the Faculty of Electronics and Information Technology, Warsaw University of Technology*, Proc. 2002 ASEE Annual Conf. (CD-ROM), Montreal, June 16–19, 2002.
16. R.Z. Morawski, *Are Measurement-Oriented Courses Getting Too Difficult for Polish Students?*, „Measurement-Journal of IMEKO”, vol. 32, No 1, July 2002, pp. 31–38.
17. B. Galwas, S. Nowak, E. Piwowarska, R. Rak, *Web-Based Model of Engineering Studies Developed by Warsaw University of Technology*, Proc. European Conference „The New Educational Benefits of ICT”, Rotterdam, September 2002.
18. B. Galwas, J. Barczyk, S. Nowak, E. Piwowarska, R. Rak, *Web-Based Model of Engineering Studies Developed by Warsaw University of Technology*, Proc. EDEN Annual Conf., 2002, pp. 590–595.
19. B. Galwas, J. Barczyk, S. Nowak, E. Piwowarska, R. Rak, *Internet and Computer-Based Model of Higher Distance Education Developed by Warsaw University of Technology*, Proc. European Conference: The New Educational Benefits of ICT in Higher Education, 2002, pp. 93–96.
20. B. Galwas, R. Rak, *Virtual Laboratory — a Future Part of the New Web-Based Model of Undergraduate Engineering Studies Developed by Warsaw University of Technology*, Proc. Joint IMEKO TC-1 & XXXIV MKM Conference „Education in Measurements and Instrumentation — Challenges of New Technologies”, 2002, pp. 57–70.
21. J. Chęć, M. Pajer, B. Galwas, *New Multimedia and Telematic Tools for Asynchronous Distance Learning*, „Journal of Telecommunications and Information Technology”, vol. 1, 2002, pp. 65–70.
22. A. Pfitzner, E. Piwowarska, W. Pleskacz, *Multimedia Manual for Distance Learning in Technical University*, Proc. Int. Conf. Modern Problems of Telecommunications, Computer Science and Engineers Training TCSET'2002, 2002, pp. 377–380; także w: „Radioelectronics and Telecommunications Acad. Journal of Lviv Polytechnic National University”, No 442, 2002.
23. E. Piwowarska, *Internetowe Studia Inżynierskie na Politechnice Warszawskiej — model, narzędzia, doświadczenia*, Materiały Konferencji „E-learning — analiza rozwiązań i wdrożeń”, 2002, ss. 1–7.
24. J. Woźnicki, *Szkoły wyższe w partnerstwie ze swoim otoczeniem — Wybrane przemówienia i inne wystąpienia publiczne 1999–2002*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.
25. J. Woźnicki, R.Z. Morawski, *Public and Private Higher Education Institutions — Joint or Separate Evaluation and Ranking: The Polish Perspective*, „Higher Education in Europe”, vol. 27, No 4, 2002, pp. 461–466.
26. E. Piwowarska, A. Pfitzner, Z. Jaworski, W. Kuźmich, *Sprint — Distance Teaching in Electrical and Computer Engineering in Warsaw University of Technology*, Proc. 9th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES'2002, 2002, pp. 681–684.
27. E. Piwowarska, A. Pfitzner, Z. Jaworski, W. Kuźmich, *Distance Training in Microelectronics Design*, Proc. 4th European Workshop on Microelectronics Education — EWME'2002, Vigo, Spain, 2002.
28. E. Piwowarska, *Światopoglądowe i praktyczne problemy w nauczaniu rozproszonym*, Materiały Konferencji „Uniwersytet Wirtualny — model, narzędzia i praktyka”, 2002, ss. 1–6.
29. A. Pfitzner, E. Piwowarska, W. Pleskacz, *Multimedia Manual for Distance Learning in Technical University*, Proc. Int. Conf. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science TCSET'2002, 2002, pp. 377–380; także Visnik Derzavnogo

- Uniwrsytetu „Lvivska Politechnika” — Radioelektronika ta Telekomunikacji, vol. 443, 2002, pp. 234–239.
30. R.Z. Morawski, *Problems Related to the Design and Use of System-Level Indicators for Higher Education in Poland*, in: A. Yonezawa and F. Kaiser (eds.), *System-Level and Strategic Indicators for Monitoring Higher Education in the Twenty-First Century*, UNESCO-CEPES Studies on Higher Education, Bucharest 2003, pp. 111–122.
 31. B. Galwas, *Structure and Tools of Contemporary Multimedia Book*, Proc. 31st SEFI Annual Conf., Porto, Sept. 2003.
 32. B. Galwas, *Virtual University of Technology — New Initiative of Group of Technical Universities in Poland*, Proc. 31st SEFI Annual Conf., Porto, Sept. 2003.
 33. A. Kraśniewski, *Promoting Mobility and Interdisciplinary Education through Three-Cycle Open Structure of Studies and Flexible Curricula*, Proc. 31st SEFI Annual Conf., Porto, Sept. 2003, pp. 384–390.
 34. B. Galwas, *Gałęziowy model podręcznika multimedialnego*, Materiały III Konferencji „Uniwersytet Wirtualny — model, narzędzia i praktyka”, 2003, ss. 1–9.
 35. B. Galwas, *Technika prowadzenia przedmiotu i droga do zaliczenia w Zaocznych Studiach na Odległość*, Materiały III Konferencji „Uniwersytet Wirtualny — model, narzędzia i praktyka”, 2003, ss. 1–11.
 36. B. Galwas, *Wirtualna Politechnika — koncepcja i cele*, Materiały III Konferencji „Uniwersytet Wirtualny — model, narzędzia i praktyka”, 2003, ss. 1–5.
 37. S. Nowak, B. Galwas, *Informatyka i Techniki Internetu — druga edycja Studiów Podyplomowych przez Internet*, Materiały III Konferencji „Uniwersytet Wirtualny — model, narzędzia i praktyka”, 2003, ss. 1–14.
 38. J. Pluta, E. Szerewicz, I. Strzałkowski, M. Kowalski, T. Pawlak, K. Wosińska, B. Galwas, P. Witoński, *The E-Book of Physics for Distance Learning*, Proc. 2nd Int. Conf. Multimedia and ICTs in Education, 2003.
 39. J. Woźnicki, *Prawo o szkolnictwie wyższym jako odpowiedź na wyzwania europejskie*, „Nauka”, 1/2004, ss. 123–126.
 40. J. Woźnicki (red.), *Model współdziałania uczelni publicznych i niepublicznych — stan obecny i perspektywy*, Fundacja Promocji i Akredytacji Kierunków Ekonomicznych, Instytut Społeczeństwa Wiedzy, 2004.
 41. J. Lubacz, *Czy wiemy, czego chcemy?*, „Forum Akademickie”, kwiecień 2004.
 42. A. Kraśniewski, J. Lubacz, *Ewolucja szkolnictwa wyższego w Europie i jej konsekwencje dla kształcenia w obszarze technik i technologii informacyjnych*, „Przegląd Telekomunikacyjny — Wiadomości Telekomunikacyjne”, 5/2004, ss. 211–217; także „Zeszyty Naukowe Wydziału ETI Politechniki Gdańskiej”, seria „Technologie Informacyjne”, nr 2, 2004, ss. 1–15; także Materiały XIV Ogólnopolskiego Zjazdu Dziekanów Wydziałów Elektrycznych, Elektroniki i Informatyki, 2004, ss. 25–38.
 43. B. Galwas, *Techniki teleinformatyczne w edukacji*, Materiały Seminarium „Internet i techniki multimedialne w edukacji”, 2004, ss. 5–11.
 44. A. Kraśniewski, *Towards Transparent, Readable and Comparable Third Degree: Making Doctorate-Level Engineering Education a Part of the Bologna Process*, Proc. Int. Conf. on Engineering Education and Research (CD-ROM), Olomouc, June 2004, pp. 1363–1371.
 45. A. Kraśniewski, *Engineering Education at the Doctorate Level: Meeting the Bologna Objectives*, Proc. SEFI 2004 Annual Conference „The XXI Century — The Golden Opportunity for Engineering Education”, Valencia, Sept. 2004, pp. 229–235.
 46. J. Woźnicki, *Legislacyjne uwarunkowania rozwoju szkolnictwa wyższego*, w: *Edukacja i Nauka w Narodowym Planie Rozwoju na lata 2007–2013*, 2004, ss. 63–73.
 47. I. Bluemke, A. Kuszewski, K. Łapienko, *System zdalnego nauczania*, Mat. V Międzynarodowej Konferencji „Multimedia w Biznesie i Edukacji”, tom II, Częstochowa, marzec 2005, ss. 81–87.

48. R.Z. Morawski, *Digital Signal Processing for Graduate Students of Measurement Science and Technology*, Proc. Joint Int. IMEKO TC1+ TC7 Symp. „Metrology and Measurement Education in the Internet Era” (CD-ROM), Ilmenau, September 22–24, 2005.
49. A. Kraśniewski, *Polish Higher Education*, in: „EAIE Forum”, vol. 7, No 2 (Summer 2005), pp. 18–20.
50. I. Bluemke, A. Derezińska, M. Nowacki, P. Radziszewski, *Internetowa instrukcja laboratoryjna do Inżynierii Oprogramowania 2*, „Zeszyty Naukowe Wydziału ETI Politechniki Gdańskiej”, nr 3, „Technologie Informacyjne”, vol. 7, 2005, ss. 547–554.
51. I. Bluemke, A. Derezińska, *Internet Laboratory Instructions for Advanced Software Engineering Course*, in: K. Zieliński, T. Szmuc (eds.), *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications — Software Engineering: Evolution and Emerging Technologies*, vol. 130, IOS Press, 2005, pp. 160–171.
52. A. Kraśniewski, W. Murzyn, *Promotion of Engineering in Society: New Ideas in Teaching Technical Communication*, Proc. 30th SEFI Annual Conf., Ankara, Sept. 2005, pp. 380–387.
53. B. Galwas, R. Rak, *Model międzywydziałowych uzupełniających studiów magisterskich przez internet*, Materiały V Konferencji „Uniwersytet Wirtualny — model, narzędzia i praktyka”, 2005, ss. 3–9.
54. B. Galwas, J. Barczyk, S. Nowak, E. Piwowarska, R. Rak, *OKNO — doświadczenia Politechniki Warszawskiej w przygotowaniu i prowadzeniu wirtualnej edukacji*, Materiały Konferencji „E-Campus”, 2005, ss. 1–9.
55. J. Woźnicki (red.), *Nowe podejście do standardów kształcenia w szkolnictwie wyższym*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
56. A. Jakubiak, *Działalność alternatywna w profilaktyce uzależnień w środowisku akademickim*, Materiały Konferencji Mazowieckiej „Moja Uczelnia Wolna od Narkotyków”, Warszawa, maj 2006, ss. 31–36.
57. B. Galwas, E. Grzejszczyk, E. Piwowarska, E. Latos, J. Barczyk, *Problemy realizacji programu studiów inżynierskich w modelu SPRINT*, Materiały VI Konferencji „Uniwersytet Wirtualny — model, narzędzia i praktyka”, czerwiec 2006, ss. 1–15.
58. B. Galwas, R. Rak, M. Godziemba-Maliszewski, I. Dziarmaga, *Doświadczenia z wdrażania i użytkowania platformy moodle*, Materiały VI Konferencji „Uniwersytet Wirtualny — model, narzędzia i praktyka”, czerwiec 2006, ss. 1–42.
59. B. Galwas, *Rola kształcenia na odległość w tworzeniu krajowego systemu kształcenia przez całe życie*, Materiały VI Konferencji „Uniwersytet Wirtualny — model, narzędzia i praktyka”, czerwiec 2006, ss. 1–13.
60. M. Godziemba-Maliszewski, R. Rak, B. Galwas, *Model funkcjonalny uczelnianej sieci laboratorium wirtualnego*, Materiały VI Konferencji „Uniwersytet Wirtualny — model, narzędzia i praktyka”, czerwiec 2006, ss. 1–62.
61. R. Michalak, M. Morawski, B. Galwas, *Nowy model podręcznika elektronicznego z multimedialną warstwą wykładów opracowany przez OKNO-PW*, Materiały VI Konferencji „Uniwersytet Wirtualny — model, narzędzia i praktyka”, czerwiec 2006, s. 1.
62. E. Piwowarska, M. Plebańska, K. Pomaska, B. Galwas, *Program i realizacja Studium Podyplomowego „Narzędzia i Techniki Wirtualnej Edukacji” — doświadczenia Ośrodka OKNO-PW*, Materiały VI Konferencji „Uniwersytet Wirtualny — model, narzędzia i praktyka”, czerwiec 2006, ss. 1–5.
63. I. Bluemke, A. Derezińska, *Experiences of Software Engineering Training*, in: „Annales UMCS Informatica AI 4”, vol. 4, 2006, pp. 34–44.
64. J. Lubacz, *Nauki techniczne jako nauki humanistyczno-społeczne*, w: *Polskie nauki humanistyczne i społeczne w nowym stuleciu, w nowej Europie*, Wyd. IBL PAN, 2006.
65. D. Adamik, A. Derezińska, *Automatyczne wspomaganie tworzenia zestawów testowych do oceny wiedzy studentów*, „Zeszyty Naukowe Wydziału ETI Politechniki Gdańskiej”, nr 4, „Technologie Informacyjne”, tom 11, Gdańsk 2006, ss. 316–824

66. A. Kraśniewski, *Studia doktoranckie na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej — w głównym nurcie Procesu Bolońskiego*, „Przegląd Telekomunikacyjny — Wiadomości Telekomunikacyjne”, 10/2006, ss. 282–288.
67. J. Woźnicki, *Innowacyjność w sektorze wiedzy*, w: *Określenie istoty pojęć: innowacji i innowacyjności, ze wskazaniem aktualnych uwarunkowań i odniesień do polityki pro-innowacyjnej — podejście interdyscyplinarne*, Biblioteka KIGNET, 2006, ss. 99–113.
68. J. Woźnicki (red.), *Regulacje prawne, dobre wzorce i praktyki dotyczące korzystania przez podmioty gospodarcze z wyników prac badawczych i innych osiągnięć intelektualnych instytucji akademickich i naukowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
69. K. Zieliński, M. Klimczak, M. Kaczkan, P. Witoński, R. Piramidowicz, *Prototyping of Virtual Photonic Laboratory*, Proc. SPIE Photonics Applications in Astronomy, Communications, Research and High Energy Physics Experiments Conf., 2006, pp. 63472S-1-63472S-5.
70. R.Z. Morawski, *On Teaching Measurement Applications of Digital Signal Processing*, „Measurement — Journal of IMEKO”, vol. 40, No 1, January 2007, pp. 213–223.
71. A. Jakubiak, *Humanistic Aspects in the Education of Engineers*, Proc. International Conference of Engineering Education ICEE (CD-ROM), Coimbra, Portugal, Sept. 2007, p. 124.
72. B. Galwas, E. Grzejszczyk, *Questions and Issues in Realizing the Engineering Studies in SPRINT Model*, Proc. International Conference of Engineering Education ICEE (CD-ROM), Coimbra, Portugal, Sept. 2007.
73. B. Galwas, *Otwarte Uniwersytety, otwarte zasoby edukacyjne — edukacja na progu XXI wieku*, Materiały Konferencji „Polska Wszechnica Informatyczna”, 2007, ss. 1–37.
74. B. Galwas, *Tendencje rozwojowe współczesnego szkolnictwa wyższego*, „Przyszłość Świat–Europa–Polska”, vol. 1, nr 15, 2007, ss. 52–66.
75. J. Woźnicki, *Frameworks in Higher Education Governance: Policies, Rights and Responsibilities — Poland*, w: Raport dla EURYDICE — The Information Network on Education in Europe (European Commission), 2007.
76. A. Kraśniewski, *Proces Boloński: idea, dokumenty, realizacja*, w: T. Szulc (red.), *Jakość kształcenia w szkołach wyższych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007, ss. 33–65.
77. A. Kraśniewski, T. Szulc *Działania Konferencji Rektorów Akademickich Szkół Polskich na rzecz jakości kształcenia*, w: T. Szulc (red.), *Jakość kształcenia w szkołach wyższych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007, ss. 109–118.
78. J. Woźnicki, *Uczelnie akademickie jako instytucje życia publicznego*, Fundacja Rektorów Polskich, 2007.
79. D. Radomski, A. Jakubiak, M. Łaczmąńska, *A Model of the Academic Education of Disabled Students at the Technical University*, Proc. International Conference „Education for all” (CD-ROM), Warszawa, wrzesień 2007.
80. R.Z. Morawski, *Wskaźniki efektywności szkolnictwa wyższego według HEFCE a metodyka definiowania wielkości mierzonej*, w: J. Woźnicki (red.), *Założenia dotyczące rozwoju systemu informacji zarządczej w szkołach wyższych w Polsce*, Fundacja Rektorów Polskich — Instytut Społeczeństwa Wiedzy, 2008, ss. 171–182.
81. J. Woźnicki (red.), *Założenia dotyczące rozwoju systemu informacji zarządczej w szkołach wyższych w Polsce*, Fundacja Rektorów Polskich — Instytut Społeczeństwa Wiedzy, 2007.
82. A. Jakubiak, *European Children Future University Network — Role and Perspectives*, Proc. International Conference „Communicating Science to the Young” (CD-ROM), Vienna, Austria, Feb. 2008.
83. A. Kraśniewski, *Transformation of Doctoral Training in Poland*, „Higher Education in Europe”, vol. 33, No 1, Routledge: Taylor & Francis Group, April 2008, pp. 125–138.
84. J. Woźnicki, *Current Situation and Prospective Impact of Demographics on Higher Education in Poland*, w: L. Vlasceanu and L. Grünberg (eds.), *Demographics and Higher Education in Europe Institutional Perspectives*, UNESCO-CEPES, 2008, pp. 271–293.

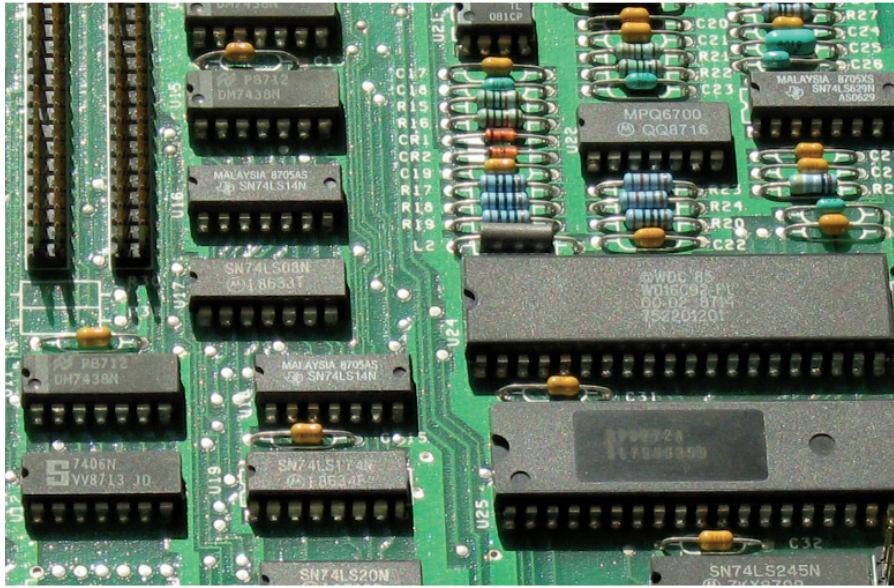
85. A. Kraśniewski, *Lifelong Learning in Poland: Challenges and Priorities*, in: E. Froment, J. Kohler, L. Purser, and L. Wilson (eds.), *EUA Bologna Handbook*, article B 1.6-3, Raabe Verlag, Berlin, June 2008.
86. J. Woźnicki, *Legislacyjne określenie pozycji uczelni jako instytucji życia publicznego*, w: K. Leja (red.), *Spółeczna odpowiedzialność uczelni*, Politechnika Gdańska, 2008, ss. 13–21.
87. A. Kraśniewski, *Transformation of Doctorate-Level Engineering Education: Meeting Expectations of the Society*, *Abstract Book Int. Conf. on Engineering Education*, pp. 225–226 (abstract), *Proc. Int. Conf. on Engineering Education* (CD-ROM, pp. 1–13, full paper), Pecs–Budapest, July 2008.
88. E. Grzejszczyk, B. Galwas, *Evaluation of the Candidates' Skills for Distance Learning Study*, *Proc. Int. Conf. on Engineering Education* (CD-ROM), Pecs–Budapest, July 2008.
89. A. Przelaskowski, R. Jóźwiak, D. Radomski, A. Grzanka A., *Nauczanie inżynierii biomedycznej na Politechnice Warszawskiej — nowe doświadczenie*, „Acta Bio-Optica et Informatica Medica — Inżynieria Biomedyczna”, nr 14(3), 2008, ss. 52–57.
90. B. Galwas, *Otwarte uniwersytety, otwarte zasoby edukacyjne, otwarty dostęp do wiedzy*, w: *Postępy e-edukacji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.
91. B. Galwas, E. Piwowarska, E. Grzejszczyk, M. Plebańska, T. Winek, *Studia podyplomowe: praktyka i modele realizacji*, w: *Postępy e-edukacji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008, ss. 31–37.
92. B. Galwas, *Otwarte uniwersytety, otwarte zasoby edukacyjne, otwarty dostęp do wiedzy*, w: *Postępy e-edukacji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawska, Warszawa 2008, ss. 11–20.
93. B. Galwas, *E-learning i otwarte zasoby edukacyjne jako przedmiot benchmarkingu procesów w szkolnictwie wyższym*, w: J. Woźnicki (red.), *Benchmarking w systemie szkolnictwa wyższego*, Fundacja Rektorów Polskich — Instytut Społeczeństwa Wiedzy, 2008, ss. 145–154.
94. B. Galwas, R. Tadeusiewicz, *Nauka i technika a przyszłość Europy*, w: *Europa w perspektywie roku 2050*, 2008, ss. 221–237.
95. B. Galwas, *Otwarte Uniwersytety, otwarte zasoby edukacyjne, otwarty dostęp*, Materiały VIII Konferencji „Uniwersytet Wirtualny”, 2008, ss. 1–48.
96. R.Z. Morawski, *Wskaźniki efektywności szkolnictwa wyższego według HEFCE a metodyka definiowania wielkości mierzonej*, w: J. Woźnicki (red.), *Benchmarking w systemie szkolnictwa wyższego*, Fundacja Rektorów Polskich — Instytut Społeczeństwa Wiedzy, 2008, ss. 132–144.
97. D. Radomski, A. Przelaskowski, A. Grzanka, *Ile medycyny w inżynierii biomedycznej*, „Acta Bio-Optica et Informatica Medica — Inżynieria Biomedyczna”, nr 14(3), 2008, ss. 89–91.
98. J. Woźnicki (red.), *Benchmarking w systemie szkolnictwa wyższego*, Fundacja Rektorów Polskich — Instytut Społeczeństwa Wiedzy, 2008.
99. J. Woźnicki (red.), *Formuła studiów dwustopniowych i zaawansowanych*, Fundacja Rektorów Polskich, 2008.
100. A. Jakubiak, *Rola uczelni w kształtowaniu „inteligencji technicznej”*, Materiały Konferencji „Humanistyczne aspekty techniki” (CD-ROM), Płock, listopad 2008.
101. A. Kraśniewski, W. Kurnik, *Bologna Reforms at the Warsaw University of Technology: Institutional Implementation Strategies and Lessons Learned*, in: E. Froment, J. Kohler, L. Purser, and L. Wilson (eds.), *EUA Bologna Handbook*, article C 3.1-1, Raabe Verlag, Berlin, December 2008.
102. J. Woźnicki, *The University as an Institution of Public Domain: The Polish Perspective*, ISBN 92-9069-191-3, UNESCO, 2009.
103. J. Woźnicki, *Zróżnicowanie i elastyczność na rzecz jakości — niewykorzystane szanse rozwojowe szkolnictwa wyższego*, „Nauka Polska, jej potrzeby, organizacja i rozwój”, XVIII (XLIII), Warszawa 2009, ss. 63–79.

104. B. Galwas, *Uniwersytety otwarte i wirtualne w Europie*, w: *Wybrane zagadnienia e-edukacji*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2009.
105. B. Galwas, E. Piwowarska, D. Paluch, T. Radwański, *Nowy multimedialny model podręcznika elektronicznego*, Materiały IX Konferencji „Uniwersytet Wirtualny — model, narzędzia i praktyka”, 2009, ss. 1–5.
106. K. Madziar, B. Galwas, *Laboratorium Wirtualne Fotoniki Mikrofalowej*, Materiały IX Konferencji „Uniwersytet Wirtualny — model, narzędzia i praktyka”, 2009, ss. 1–16.
107. K. Anders, K. Madziar, M. Jusza, I. Burska, P. Witoński, R. Piramidowicz, *Ćwiczenia laboratoryjne w systemie kształcenia zdalnego*, Materiały IX Konferencji „Uniwersytet Wirtualny — model, narzędzia i praktyka”, 2009, ss. 1–22.
108. B. Galwas, *Edukacja i kreatywność w erze internetu*, „Przyszłość Świat–Europa–Polska”, vol. 1, No 19, 2009, ss. 88–95.
109. J. Wytrębowski, *O poprawności językowej publikacji naukowo-technicznych*, „Zagadnienia Naukoznawstwa”, nr 1 (179, 2009), ss. 127–136.
110. A. Kraśniewski, *Proces Boloński — to już 10 lat*, Fundacja Rozwoju Systemu Edukacji, 2009.
111. A. Jakubiak, *Studenckie Koła Naukowe inkubatorami innowacji*, Materiały Konferencji „Szkoły wyższe kreatorem innowacyjności w gospodarce” (CD-ROM), Płock, maj 2009.
112. A. Jakubiak (red.), *Humanistyczne aspekty techniki*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2009.
113. K. Cabaj, P. Radziszewski, K. Szczypiorski, *Zastosowanie w dydaktyce zdalnego dostępu do sprzętu sieciowego*, Mat. XXV Krajowego Sympozjum Telekomunikacji i Teleinformatyki KSTiT 2009, wrzesień 2009; także „Przegląd Telekomunikacyjny — Wiadomości Telekomuniacyjne”, nr 8–9/2009, ss. 960–965.
114. J. Józwiak, R.Z. Morawski, *Spółeczna rola szkolnictwa wyższego i jego misja publiczna w perspektywie dekady 2010–2020*, w: *Polskie szkolnictwo wyższe: stan, uwarunkowania i perspektywy*, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2009, ss. 45–77.
115. A. Kraśniewski, *Kształcenie*, w: *Polskie Szkolnictwo Wyższe: stan, uwarunkowania i perspektywy*, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2009, ss. 213–272.
116. R.Z. Morawski, *Uwarunkowania międzynarodowe i internacjonalizacja szkolnictwa wyższego*, w: *Polskie szkolnictwo wyższe: stan, uwarunkowania i perspektywy*, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2009, ss. 133–212.
117. J. Woźnicki, *Strategia rozwoju szkolnictwa wyższego 2010–2020: przedstawienie projektu środowiskowego*, „Nauka”, nr 1/2010, ss. 97–114.
118. J. Woźnicki, *Zasada konwergencji sektorów publicznego i niepublicznego w szkolnictwie wyższym*, „PAUZA — Tygodnik Polskiej Akademii Umiejętności”, nr 80, Kraków 2010.
119. P. Kopciał, *Project Based E-learning: nowy model e-kształcenia*, „E-mentor”, nr 3 (35), czerwiec 2010.
120. B. Galwas, E. Grzejszczyk, P. Kopciał, *Funkcjonalność platformy edukacyjnej Fronter w odniesieniu do studiów podyplomowych e-Informatyka w przedsiębiorstwie*, Mat. X Konferencji „Uniwersytet Wirtualny: model, narzędzia, praktyka”, Warszawa, czerwiec 2010.
121. B. Gawlas, *Informatyka i Internet w modelu Edukacji Uniwersyteckiej XXI wieku*, Mat. X Konferencji „Uniwersytet Wirtualny: model, narzędzia, praktyka”, Warszawa, czerwiec 2010, ss. 1–10.
122. T. Gomułowska, B. Gawlas, *Charakterystyka procesu tworzenia globalnych zasobów Open Access*, Mat. X Konferencji „Uniwersytet Wirtualny: model, narzędzia, praktyka”, Warszawa, czerwiec 2010, ss. 1–7.
123. M. Pajer, B. Gawlas, *Otwarty system czasopism i jego zastosowania w środowisku edukacji elektronicznej*, Mat. X Konferencji „Uniwersytet Wirtualny: model, narzędzia, praktyka”, Warszawa, czerwiec 2010, ss. 1–5.

124. T. Popis, B. Gawlas, E. Piwowarska, *System teleinformatyczny INSPEKTON jako przykład narzędzia egzaminowania przez Internet*, Mat. X Konferencji „Uniwersytet Wirtualny: model, narzędzia, praktyka”, Warszawa, czerwiec 2010, ss. 1–12.
125. J. Chrzęszcz, K. Kompa, G. Mazur, *Moduł dydaktyczny z układem FPGA emulującym mikroprocesor*, „Pomiary–Automatyka–Kontrola”, vol. 56, No 7, 2010, ss. 796–798.
126. R. Galwas, M. Plebańska, P. Kopciał, *Rola platform edukacyjnych w stacjonarnym modelu kształcenia studiów inżynierskich*, w: *Postępy e-edukacji*, Wyd. PJWSTK, Warszawa 2010.
127. B. Galwas, *Web 2.0 — Nowe środowisko internetowe wspomagające edukację*, w: *Postępy e-edukacji*, Wyd. PJWSTK, Warszawa 2010.
128. K. Anders, K. Madziar, M. Jusza, I. Burska, P. Witoński, R. Piramidowicz, *Ćwiczenia laboratoryjne w systemie kształcenia zdalnego*, w: *Postępy e-edukacji*, Wyd. PJWSTK, Warszawa 2010.
129. J. Woźnicki, *2010–2020 Development Strategy for the Higher Education System. The Academic Community’s Proposal*, Materiały Konferencji IMHE-OECD, Paryż, 2010.
130. A. Jakubiak (red.), *Prace studenckich kół naukowych Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010.
131. B. Galwas, *Edukacja w przyszłości i przeszłość edukacji*, w: J. Kleer, A.P. Wierzbicki, B. Galwas, L. Kuźnicki, *Wyzwania przyszłości — szanse i zagrożenia*, Komitet Prognoz „Polska 2000 Plus” przy Prezydium PAN, Warszawa 2010, ss. 269–303.
132. A. Kraśniewski, *Krajowe Ramy Kwalifikacji*, w: *Autonomia programowa uczelni — ramy kwalifikacji dla szkolnictwa wyższego*, 2010, ss. 12–21.
133. A. Kraśniewski, *Wymagania dla obszarów kształcenia*, w: *Autonomia programowa uczelni — ramy kwalifikacji dla szkolnictwa wyższego*, 2010, ss. 22–89.
134. M. Próchnicka, T. Saryusz-Wolski, A. Kraśniewski, *Projektowanie programów studiów i zajęć dydaktycznych na bazie efektów kształcenia*, w: *Autonomia programowa uczelni — ramy kwalifikacji dla szkolnictwa wyższego*, 2010, ss. 91–116.
135. R. Łukaszewski, P. Bilski, K. Mroczek, *Wykorzystanie rekonfigurowalnych przyrządów pomiarowo-sterujących i systemów wbudowanych w dydaktyce*, Mat. IX Szkoły-Konferencji „Metrologia Wspomagana Komputerowo” MWK’2011 (CD-ROM), Waplewo, maj 2011.
136. B. Galwas, E. Grzeszczyk, P. Kopciał, *Funkcjonalność platformy edukacyjnej FRONTER w odniesieniu do studiów podyplomowych e-Informatyka w przedsiębiorstwie*, w: *Technologie i narzędzia e-Learningu*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2011, ss. 45–53.
137. P. Kopciał, *Project Based Learning na platformie zdalnego kształcenia*, „E-mentor”, nr 3 (40), czerwiec 2011.
138. R. Piramidowicz, K. Anders, M. Jusza, P. Gdula, P. Witoński, K. Madziar, *Zajęcia laboratoryjne w kształceniu na odległość. System e-LAB*, Mat. XI Konferencji „Uniwersytet Wirtualny: model, narzędzia, praktyka”, Warszawa, czerwiec 2011, ss. 1–5.
139. R. Piramidowicz, K. Anders, M. Jusza, P. Gdula, P. Witoński, K. Madziar, *Zajęcia laboratoryjne w kształceniu na odległość. System e-LAB*, Mat. XI Konferencji „Uniwersytet Wirtualny: model, narzędzia, praktyka”, Warszawa, czerwiec 2011.
140. I. Kula, M. Plebańska, E. Piwowarska, *Promocja e-learningu akademickiego — doświadczenia Ośrodka Kształcenia na Odległość Politechniki Warszawskiej, OKNO*, Mat. XI Konferencji „Uniwersytet Wirtualny: model, narzędzia, praktyka”, Warszawa, czerwiec 2011.
141. M. Pajer, B. Galwas, K. Madziar, *Otwarte repozytoria edukacyjne — jak to się robi?*, Mat. XI Konferencji „Uniwersytet Wirtualny: model, narzędzia, praktyka”, Warszawa, czerwiec 2011.
142. K. Anders, M. Jusza, R. Piramidowicz, *Ćwiczenia laboratoryjne w systemie e-LAB — Elektronika Półprzewodnikowa*, Mat. XI Konferencji „Uniwersytet Wirtualny: model, narzędzia, praktyka”, Warszawa, czerwiec 2011.

143. P. Gdula, K. Anders, R. Piramidowicz, *Ćwiczenia laboratoryjne w systemie e-LAB — aktywne elementy światłowodowe*, Mat. XI Konferencji „Uniwersytet Wirtualny: model, narzędzia, praktyka”, Warszawa, czerwiec 2011.
144. E. Piwowarska, R. Sobieraj, B. Galwas, *SEZAM-OKNO: Kolekcja-repozytorium podręczników elektronicznych*, Mat. XI Konferencji „Uniwersytet Wirtualny: model, narzędzia, praktyka”, Warszawa, czerwiec 2011.
145. P. Kopciał, *Project Based e-learning — nauczania projektowe na platformie edukacyjnej w świetle doświadczeń Ośrodka Kształcenia na Odległość Politechniki Warszawskiej*, Mat. XI Konferencji „Uniwersytet Wirtualny: model, narzędzia, praktyka”, Warszawa, czerwiec 2011.
146. B. Galwas, *Uniwersytety na progu XXI wieku*, Mat. XI Konferencji „Uniwersytet Wirtualny: model, narzędzia, praktyka”, Warszawa, czerwiec 2011.
147. M. Muraszkievicz, *Laboratorium zaawansowanych technik mobilnych i przedsiębiorczości — studium przypadku*, Edukacja. Studia, Badania, Innowacje, 2011.
148. P. Modliński, *Time Auction as a Tool of Setting up a Plan in Elastic System of Studies*, Materiały Konferencji Doktorantów i Młodych Naukowców „Młodzi naukowcy wobec wyzwań współczesnej techniki”, Warszawa, wrzesień 2011.





elektronika

SKĄD PRZYCHODZIMY I DOKĄD ZMIERZAMY?

Drogi Czytelniku, od naszego ostatniego opracowania na temat elektroniki minęło dziesięć lat. Można by zatem założyć, że w niniejszym artykule należy pominąć odległą historię (o której wspominaliśmy poprzednio) i skupić się na ostatniej dekadzie. Wydaje nam się jednak, że w ciągu tych dziesięciu lat pojawili się nowi Czytelnicy, którzy tamtej pracy nie mieli w ręku, postanowiliśmy więc pozostawić część poświęconą narodzinom elektroniki, a nawet ją uzupełnić.

Biorąc pod uwagę rozwój wydarzeń uznaliśmy również, że pisząc o elektronice, nie możemy pominąć fotoniki. Najlepszą skądinąd definicję tej dziedziny podał w 1967 roku wybitny francuski uczyony, Pierre Aigrain: *Fotonika jego zdaniem jest nauką o ujarzmianiu światła. Jest ona tym dla światła, czym elektronika dla elektryczności. Obejmuje generację, detekcję i zarządzanie światłem za pomocą przewodzenia, przetwarzania i wzmacniania, a przede wszystkim jego wykorzystanie dla dobra ludzkości. Aby jednak nie komplikować nadmiernie problemu, przyjmijmy, że fotonika jest „małżeństwem” elektroniki i optyki.*

Ten ścisły związek widoczny jest w podziale niektórych Nagród Nobla w dziedzinie fizyki przyznanych w ostatniej dekadzie. W 2000 roku nagrodę tę otrzymali Jack Kilby za opracowanie układu scalonego, Herbert Kroemer i Zhores Alferov za prace nad heterostrukturami półprzewodnikowymi stosowanymi zarówno w przyrządach mikro- jak i optoelektronicznych (np. laser hetero złączowy). W 2009 roku nagrodę otrzymali Charles Kao za prace nad transmisją światła w światłowodach oraz Willard Boyle i George Smith za opracowanie czujnika CCD obrazu. Warto zauważyć, że poza osiągnięciami Charlesa Kao, wymienieni nobliści pracowali nad przyrządami półprzewodnikowymi. Autorzy, którzy ze względu na zainteresowania zawodowe poświęcili w tym opracowaniu dużo miejsca właśnie przyrządom półprzewodnikowym, czują się więc usprawiedliwieni, choć jednocześnie z góry przepraszają zwolenników innych obszarów elektroniki i fotoniki.

Najbardziej chyba spektakularną ilustracją potencjału półprzewodników jest realizacja komputera ENIAC w wersji scalonej, która zajmuje powierzchnię około 40 mm² (University of Pennsylvania, 1997). Największym problemem projektantów scalonego ENIAC-a było zrozumienie działania lamp elektronowych. Przypomnijmy, że wersja oryginalna (pochodząca z 1946 roku) zajmowała pomieszczenie o powierzchni 170 m², ważyła około 30 ton i bez przerwy się psuła. ENIAC zużywał tyle mocy, że światło w Filadelfii przygasało, ilekroć był włączany.

Po tym być może nieco za długim wstępie wróćmy do zamierzonej historii.

Zdaniem autorów u podstaw rozwoju elektroniki leżała chęć zdobywania i przekazywania informacji. Liczba urządzeń elektronicznych obecnych w naszym życiu jest już tak poważna, że bez większych zastrzeżeń wiek XX można nazwać wiekiem elektroniki. Jak to zwykle jednak bywa, wszechobecność jakiegoś pojęcia powoduje jednocześnie, że trudno je zdefinio-

Andrzej Jakubowski

prof. dr hab.
Instytut Mikroelektroniki
i Optoelektroniki
Gmach Radiotechniki,
p. 336
ul. Koszykowa 75
00-662 Warszawa
tel. +48-22-234-7534
e-mail: a.jakubowski@
imio.pw.edu.pl

Lidia Łukasziak

prof. dr hab.
Instytut Mikroelektroniki
i Optoelektroniki
Gmach Elektroniki, p. 368
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. +48-22-234-7147
e-mail: l.lukasziak@
imio.pw.edu.pl

HISTORIA

1826	Rezystor	
1833	Pierwszy efekt półprzewodnikowy (Michael Faraday)	
1839	Efekt fotowoltaiczny (Alexander Becquerel)	
1873	Fotoprzewodnictwo w ciałach stałych (Willoughby Smith)	
1876	Fotorezystor	
1876	Efekt fotowoltaiczny w ciele stałym (William G. Adams i Richard E. Day)	
1883	Pierwsza bateria słoneczna (Charles Fritts)	
1897	Lampa Brauna	
1887–1901	Radio I (radiotelegrafia, radiotelefon)	
1904	Prostownik ostrzowy (Jagadis C. Bose)	
1904	dioda	Lampy elektronowe (Lee de Forest)
1907	trioda	
1917	Metoda Czochralskiego (monokryształizacja)	
1918	Radio II (superheterodyna)	
1920	Pierwsza publiczna rozgłównia radiowa	
1923	Ikonoskop (lampa analizująca)	
1924	Kineskop (lampa obrazowa)	
1926	Magnetron (lampa mikrofalowa)	

wać. Spróbujmy to mimo wszystko zrobić. Elektronika jest dziedziną wiedzy i techniki wykorzystującą do realizacji swoich celów elektron, jego zachowanie w próżni, gazach i ciałach stałych. Elektronika to zatem różnorodne przyrządy elektronowe: lampy próżniowe, tranzystory, układy scalone, fotodetektory, diody świecące, lasery itp. Ale elektronika to także urządzenia i systemy elektroniczne, które bez tych przyrządów istnieć by nie mogły (radioodbiornik, telewizor, komputer itp.). Już w tej niedoskonałej definicji widać związki z fotoniką.

Na marginesie pierwszych stron tego tekstu podano niektóre (arbitralnie przez autorów wybrane) ważniejsze wydarzenia z dziejów elektroniki i fotoniki. Ma to na celu nie tylko przypomnienie historii. Jeśli bowiem jednym z celów tego opracowania jest historia, dzień dzisiejszy i przyszłość prac badawczych na Wydziale Elektroniki i Techniki Informacyjnych Politechniki Warszawskiej, to nie sposób oderwać się od tego, co na świecie się dzieje i dzieje.

Trudno jest określić, kiedy rozpoczęła się era elektroniki: podobno termin elektron wprowadził w 1891 roku irlandzki nauczyciel George J. Stoney, a świat naukowy przyjął powszechnie istnienie elektronu po ukazaniu się pracy Josepha J. Thomsona opublikowanej w *Philosophical Magazine* w 1897 roku. Nie przypisujemy sobie (czyli elektronice) Guglielmo Marconiego, bo zaraz ogarnie nas pokusa włączenia także Alexandra G. Bella i Samuela Morse'a. Uznajmy z pokorą, że telegraf i telefon elektronikę poprzedziły i określmy jej początek na rok 1907, kiedy to Lee De Forest wynalazł triodę. Chwała nowej ery na tym nie ucierpi, możliwości, które pojawiły się bowiem w tej dziedzinie przez wprowadzenie lamp elektronowych, były i są zbyt oczywiste, aby je przeoczyć, czy też zapomnieć nawet w wieku nanoelektroniki.

De Forest nazwał (a ściślej zrobił to jego asystent Carl D. Babcock) swoje cudowne dziecko audionem (z łac. *audio, audire* — słyszeć; w owych czasach *słyszeć poruszenie się elektryczności*). Umawiamy się zatem, że audion (trioda próżniowa) to początek elektroniki. Warto jednak pamiętać, że nie byłoby elektroniki bez dokonań sprzed 1907 roku. Mamy zatem wiele szacunku dla Karla F. Browna i G. Marconiego, dlatego otrzymane przez nich Nagrody Nobla (1909) wymieniliśmy wśród tych, które przyczyniły się do rozwoju elektroniki, choć ją, zgodnie z naszą definicją, poprzedzały. K.F. Braun skonstruował w 1897 roku lampę katodową (zwaną także lampą Brauna). Każda lampa kineskopowa (także oscyloskopowa) zawiera w sobie ślad działalności tego wybitnego fizyka. Zasługi G. Marconiego jako twórcy radiofonii i radiotelegrafii są ogólnie znane.

Można wszakże zaryzykować stwierdzenie, że jego genialny wynalazek — radio — rodził się dwa razy. Drugi raz — dzięki triodzie De Foresta, heterodynie Reginalda A. Fessendena, sprzężeniu zwrotnemu i superheterodynie Edwina H. Armstronga, oraz nadajnikom Ernesta F.W. Alexandersona (przepraszamy tych, których pominęliśmy). Zresztą i sporów o pierwszeństwo było nie mało (m.in.: G. Marconi, Leo Solari, Paolo Castelli, Olivier Lodge, Edouard Branly, Jagadis Ch. Bose — detektor; De Forest, Armstrong — układ sprzężenia zwrotnego).

Tyle o zamierzczłej historii. Faktem jest, że bez lampy De Foresta nie byłoby współczesnej (na owe czasy) radiotechniki i telewizji. Wróćmy jednakże do głównego wątku tej wstępnej części historycznej i postawmy, być może kontrowersyjną, tezę: były trzy kamienie milowe (na coś trzeba się zdecydować) w rozwoju elektroniki: lampa Lee De Foresta, tranzystor Williama Shockleya, Johna Bardeena

i Waltera H. Brattaina oraz maser (laser) Charlesa Townesa, Nikołaja G. Basowa i Aleksandra M. Prochorowa. Zatrzymajmy się na chwilę przy tranzystorze. J. Bardeen i W. Brattain zrobili sobie piękny prezent na Święta Bożego Narodzenia 1947 roku — tranzystor ostrzowy urodził się bowiem 16 grudnia tegoż roku w Laboratoriach Bella. W tej samej instytucji Claude Shannon opracował teorię komunikacji, którą opublikował w 1948 roku (opis doniosłych konsekwencji tej teorii pozostawimy jednak specjalistom od telekomunikacji i teleinformatyki, gdyż uczynią to z pewnością lepiej od nas). W tym samym roku W. Shockley (23 stycznia 1948 roku; zgłoszenia patentowe 26 czerwca 1948 roku) zaproponował rewolucyjną koncepcję tranzystora złączowego (BJT — *Bipolar Junction Transistor*). W 1949 roku ukazała się jego fundamentalna, podstawowa do dziś dla elektroniki półprzewodnikowej praca *The Theory of p-n Junctions in Semiconductors and p-n Junction Transistors* (*Bell System Technical Journal*, July 1949). Ale nie tylko złącze p-n i bipolarny tranzystor złączowy zawdzięczamy Shockleyowi. To było genialne, to był przełom, ale za tym ruszyły dalsze idee, nowe przyrządy (m.in.: złącze p-i-n, struktura p-n-p-n, tranzystor polowy, złączowy JFET, koncepcja heterostruktur), nowe technologie, nowe rozwiązania układowe — w sumie 90 patentów.

I tak się to zaczęło. Kiedy w szranki wstąpił krzem (jego nie zabraknie, Ziemia jest wszakże planetą krzemową), rozpoczął się szybki rozwój elektroniki, którego rezultaty dziś obserwujemy i z którym wiążemy nadzieje na przyszłość. Dziesięć lat temu, opierając się na informacjach podanych przez ITRS (*International Technology Roadmap for Semiconductors*) napisaliśmy (a właściwie zrobił to Andrzej Jakubowski), że w latach 2015–2018 możliwa będzie produkcja pamięci dynamicznych o pojemności 256 Gb na powierzchni około 15 cm². To byłoby mniej więcej tyle, ile „ciał niebieskich” zidentyfikowano w naszej galaktyce. Zakładano wówczas, że zmniejszaniu wymiarów pojedynczych przyrządów będzie towarzyszył równie agresywny wzrost powierzchni układu. Okazało się to niemożliwe. Dzisiejsze prognozy ITRS przewidują na 2024 rok produkcję pamięci dynamicznych o pojemności 64 Gb na powierzchni około 40 mm². Warto jednak zauważyć, że chociaż przewidywana zarówno maksymalna pojemność pamięci, jak i powierzchnia układu są mniejsze niż przewidywano kilkanaście lat temu, to liczba bitów na jednostkę powierzchni wzrosła (od około 17 do prawie 22 Gb/cm²). Przewidywania (dotyczące dowolnej dziedziny) mają to do siebie, że często trzeba je rewidować. Przez lata przyzwyczajono nas do tego, że częstotliwości graniczne bipolarnych tranzystorów krzemowych osiągną maksymalnie wartości około 50 GHz, no może troszeczkę więcej. Tymczasem pojawił się krzemogerman, który umożliwił realizację heterozłączowych tranzystorów krzemowych o częstotliwości blisko 400 GHz. Nie bez powodu krzem można nazwać nośnikiem informacji obecnej epoki. Zróbmy takie, może ryzykowne, porównanie. Dwie rewolucje w dziedzinie nośników informacji wydarzyły się w odstępie 500 lat: Johan Gutenberg → William Shockley, drewno → piasek; kartka papieru → płytka krzemowa; ryza papieru → monokryształ krzemu; drukarnia → fabryka krzemowa; korekta → testowanie; tekst, język → układy logiczne; wydawnictwa artystyczne, niskonakładowe edycje → układy specjalizowane; gazety, tanie książki wielkonakładowe → układy standardowe itd. Może to przesada, ale coś w tym jest.

Wielkie nadzieje wzbudziła na początku tej dekady informacja, że ten cudowny dar natury — krzem — wspomagany nauką i techniką, zaświecił (*Nature*, 8 marca 2001 roku). Było to trochę wbrew

Cienkowarstwowy MESFET (idea) (J.E. Lilienfeld)		1926
Pentoda		1928
Kabel koncentryczny		1929
Telewizja		1934–1937
Orthicon (lampa analizująca)		1939
Magnetron wielonękowy		1939
Klustron (lampa mikrofalowa)		1939
Złącze p-n (Russell Ohl)		1940
Lampa z falą bieżącą		1945
Komputer ENIAC		1946
Tranzystor bipolarny (J. Bardeen, W. Brattain, W. Shockley)	ostrzowy	1947
	warstwowy	1948
Monokryształy Ge		1949
Vidicon (lampa analizująca)		1950
Monokryształy Si		1951
Diody świecące (LED)		1951
Tranzystor polowy złączowy (JFET)		1952
Radio III (tranzystorowe)		1953
TV kolorowa		1953

1953	Krzemowe ogniwo słoneczne	
1954	Maser (C.H. Townes, N.G. Basow, A.M. Prochorow)	
1954	Monokryształy GaAs, InAs	
1955	Złącze p-n (GaAs)	
1956	Tyrystor	
1957	Tranzystor heterozłączowy (HBT)	
1958	Układ scalony (J. Kilby, R.N. Noyce)	
1958	Dioda tunelowa	
1960	MOSFET	
1960	rubin	Laser (T. Maiman, A. Javan, M. Nathan)
1961	He-Ne	
1962	GaAs	
1961	Laser światłowodowy	
1961	bipolarne	Komercyjne układy scalone
1962	MOS	
1962	Złącze Josephsona	
1963	C MOS	
1964	SOS (krzem na szafirze)	
1966	MESFET	
1967	1T DRAM (jednotranzystorowa komórka pamięci DRAM)	

naturze krzemu, którego skośna przerwa energetyczna nie umożliwia wydajnej emisji promieniowania. Niemniej, prace nad poprawą parametrów świecenia trwają nadal. Obiecujące wyniki osiągnięto przy zastosowaniu nanostruktur Si/SiGe. Ze względu na wysoką przewodność cieplną oraz dużą odporność na narażenia optyczne, a także aspekt ekonomiczny, krzem jest znakomitym materiałem dla fotoniki. W szczególności płytki SOI bardzo dobrze nadają się jako podłoża do światłowodów planarnych kompatybilnych z technologią CMOS. Połączenie technologii krzemowej i organicznej umożliwia realizację bardzo szybkich modulatorów światła. Pośrednim dowodem na to, że krzem odnajduje się w fotonice, jest coraz większa popularność terminu „fotonika krzemowa” oraz fakt, że w 2009 roku *Proceedings of the IEEE* poświęciło tej dziedzinie cały lipcowy numer.

Bardzo ważnym rozszerzeniem możliwości technologii krzemowej jest integracja różnych materiałów z technologią krzemową. Stwarza to wiele kierunków zwiększenia funkcjonalności układów, systemów i mikrosystemów. Wiele się już wydarzyło, a jeszcze więcej zdarzyć się może. Obraz technologii półprzewodnikowej wygląda zresztą już dzisiaj zupełnie inaczej. Kiedyś był to krzem i kilka pierwiastków (domieszki, tlen, azot, ...). Dzisiaj na potrzeby przemysłu półprzewodnikowego pracuje niemal cała tablica Mendelejewa.

Często w historii nauki i techniki zdarza się, iż nowe wynalazki powstają akurat wtedy, gdy stają się nieodzowne dla właśnie powstających nowych dziedzin techniki. Tak było z lampą De Foresta, tak też było z tranzystorem Shockleya. Po nich zwykle następuje eksplozja nowych pomysłów i udoskonaleń. W przypadku lampy De Foresta były to szybkie postępy w dziedzinie techniki wysokiej próżni oraz katod lamp, a w przypadku tranzystora Shockleya — nowe przyrządy, monokryształy, nowe procesy...

Bywało też inaczej. W latach 1926–1928 Julius E. Lilienfeld (urodzony w Polsce w 1882 roku), zgłosił 5 patentów, wśród których były pierwowzory tranzystorów MESFET i MOSFET, zaś w 1933 roku Oskar Heil zgłosił patent na przyrząd będący także pierwowzorem tranzystora MOSFET (ściślej biorąc tranzystora TFT). Pomysły te, delikatnie mówiąc, nie wzbudziły entuzjazmu. O ile rozwiązania proponowane przez J. Lilienfelda były raczej nierealizowalne w owym czasie, o tyle pomysł O. Heila, jego propozycje materiałowe — chyba tak. Jakże inaczej mogłaby się potoczyć historia elektroniki. Shockley dopiero pobierał nauki, bądź w szkole średniej (pierwsze zgłoszenie patentowe Lilienfelda), bądź też w Massachusetts Institute of Technology (zgłoszenie patentowe Heila).

Powróćmy jednakże do dnia dzisiejszego i popatrzmy nieco w przyszłość. Dzień dzisiejszy elektroniki to zdecydowana dominacja krzemu i technologii CMOS. Technologia ta „uruchomiła” swoje rezerwy: struktury naprężone, heterostrukтуры z krzemogermanem (może także SiC i SiGeC) i supersieci, krzem na izolatorze (SOI), a w szczególności tranzystory wielobramkowe. Rezerwy „klasycznej” technologii krzemowej, jeśli tempo jej rozwoju się utrzyma i nie wydarzy się żadne nieszczęście, sięgają aktualnie 2024 roku. Zadziwiająca, że zarówno przeszłość, jak i prognozy rozwoju są odzwierciedleniem tzw. prawa Moore’a. W 1965 roku Gordon Moore zauważył, że liczba tranzystorów w układzie scalonym (czyli złożoność układu) odpowiadająca minimalnym kosztom wytworzenia podwaja się będzie co rok. Z czasem Moore zweryfikował swoje prawo, podając nowe tempo wzrostu złożoności układu (czyli jej podwojenie co 18 miesięcy). Inne aspekty rozwoju mikro-, a właściwie już nanoelektroniki wykazują podobną zależność, czyli rosną lub maleją wykład-

niczo z czasem (np. wymiar charakterystyczny, rozmiary tranzystora, cena, szybkość działania itd.).

Wymiar charakterystyczny można opisać następująco:

$$F = 10 \cdot \exp[-0,14(\text{rok} - 1970)] \quad [\mu\text{m}]$$

W 1970 roku wymiar ten był równy 10 μm , a jeżeli powyższe przewidywania okażą się słuszne, za dziesięć lat wyniesie on około 10 nm. Cena tranzystora maleje zgodnie ze wzorem:

$$P = 1 \cdot \exp[-0,454(\text{rok} - 1968)] \quad [\text{USD}]$$

W 1968 roku średni koszt tranzystora wynosił jeden dolar, a w 2020 roku będzie on wynosił około 50 piko-dolarów. W chwili kiedy Czytelnik otrzyma ten tekst liczba tranzystorów przypadających na głowę mieszkańca Ziemi wyniesie około 10 mld. Podobnymi wzorami można opisać wszystkie wskaźniki rozwoju technologii krzemowej, ale równania te należy traktować ostrożnie. W 2001 roku pisaliśmy, że pojedyncze, krzemowe tranzystory MOS osiągają w laboratoriach częstotliwości graniczne ponad 250 GHz, a ich możliwości teoretyczne sięgają częstotliwości 1 THz. W 2010 roku tranzystory realnie wytwarzane w najbardziej zaawansowanych układach scalonych miały częstotliwości graniczne rzędu 500 GHz, a prognozy na 2024 rok przewidują częstotliwości graniczne na poziomie 1 THz. Stało się to możliwe nie tylko dzięki miniaturyzacji, ale również wprowadzeniu inżynierii naprężeń. Tranzystory bazujące na związkach $A_{III}-B_{V}$, w szczególności struktury HEMT, w obniżonych temperaturach — to być może jeszcze większe częstotliwości, ale i większe koszty. Nasze dotychczasowe uwagi dotyczyły pojedynczego tranzystora. W układach o większej złożoności częstotliwości te są znacznie niższe (efekty pasożytnicze, sieć połączeń). Coroczne prognozy dotyczące częstotliwości zegara taktującego mikroprocesor są coraz bardziej wstrzemięźliwe. W 2006 roku przewidywano, że w 2020 roku częstotliwość ta będzie równa 70 GHz. Zgodnie z aktualną prognozą, częstotliwość ta wyniesie około 16,6 GHz w 2024 roku. Jakże przydałaby się zatem optyczna sieć połączeń wewnątrz układu. A gdyby jeszcze udało się uczynić grafen kompatybilnym z technologią CMOS, wzrost szybkości działania byłby naprawdę imponujący. Szybsze, złożone układy (systemy) to perspektywa realizacji nowych funkcji. Może wreszcie da się z tym komputerem po ludzku pogadać... Co mogą nam przynieść układy trójwymiarowe lub układy krzemowe z logiką wielowartościową? Ze względu na rozmiary, CMOS jest dziś technologią nano-, a nie mikroelektroniki. Wymiar charakterystyczny najbardziej zaawansowanych technologii produkcyjnych wynosi obecnie 35 nm, a następna generacja, którą próbuje się (z poważnymi problemami) wprowadzić do produkcji redukuje ten wymiar do 22 nm. Nie chodzi tu jednak tylko o rozmiary, ale także o przyrządy o innej konstrukcji. Głównym kandydatem wydaje się być dwubramkowy tranzystor MOS wytwarzany w technologii SOI w wersji FinFET. Równoległe dużym zainteresowaniem cieszy się integracja różnych materiałów z technologią krzemową. Wielkie możliwości (również dla mniejszych, ale pomysłowych wytwórców) kryją się w mikrosystemach wykorzystujących różne cechy materiałów, również te nowe, które pojawiają się w strukturach o rozmiarach atomowych. Chodzi także o nową generację przyrządów, a wśród nich m.in. wykorzystanie elektroniki jednego elektronu (tranzystor 1-elektronowy) i jego spinu (tranzystor spinowy), tunelowania (diody i tranzystory z rezonansem supersieci, złącza Josephsona, magneto-rezystancja tunelowa...), a także wykorzystanie molekuł chemicznych (elektronika molekularna). Dzisiaj pracuje się nad tym w labo-

Laser heterozłączowy	1969
Laser na swobodnych elektronach	1970
CCD (Charge Coupled Devices)	1970
ISFET (Ion Sensitive FET)	1971
Mikroprocesor	1971
Dioda z rezonansem tunelowym (Resonant Tunneling Diode — RTD)	1974
Laser ekscymerowy	1974
Komputer osobisty (Personal Computer — PC)	1975
Ogniwo słoneczne (krzem amorficzny)	1976
Gyrotron	1977
SOI (krzem na izolatorze)	1978
HEMT (High Electron Mobility Transistor)	1980
Optoelektroniczne układy scalone (OEIC)	1980
Koncepcja pamięci flash (Fujio Masuoka — Toshiba)	1980
BJT (diament)	1982
Płyta CD	1982
IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)	1982
Telefon komórkowy (Motorola)	1983
MESFET (SiC)	1984
Tranzystor 1-elektronowy (SET)	1985

1985	Mikrosystemy (MEMS)
1986	Wzmacniacz światłowodowy domieszkowany erbem
1986	Cyfrowy aparat fotograficzny (Nikon-Kodak)
1988	Pamięć flash (Intel)
1988	HBT (SiGe) (heterozłączowy tranzystor bipolarny)
1991	HEMT (diament)
1992	MOSFET (diament)
1993	BiCMOS (HBT — SiGe)
1994	Karta pamięci flash
1995	Płyta DVD
1995	Niebieski laser (GaN)
1996	Elektronika molekularna
1998	Odtwarzacz MP3
1999	SON Krzem na „niczym”
2001	Krzem świeci!!!
2001	Nowy tranzystor? — nanorurki węglowe
2001	Pendrive
2004	Grafen
2007	iPhone (Apple)
2010	iPad (Apple)

ratoriach, ale jutro...? Węgiel w postaci diamentu jest znakomitym materiałem dla przyrządów dużej mocy (szeroka przerwa energetyczna, wysokie przewodnictwo cieplne). Obecnie zamiast diamentu próbuje się stosować inne materiały o szerokiej przerwie energetycznej, głównie węgiel krzemu (SiC), dzięki czemu możliwe jest rozszerzenie zastosowań przyrządów półprzewodnikowych na obszar wysokich mocy. Na początku tej dekady koncern IBM doniósł o opracowaniu technologii nanorurek węglowych, stwarzających szansę na realizację struktur tranzystorowych o rozmiarach atomowych, wiele razy mniejszych od ówczesnych tranzystorów krzemowych (*Science*, 27 kwietnia 2001 roku). Nadzieje na zastosowanie unikatowych właściwości węgla odżyły w 2004 roku po doniesieniu o wytworzeniu grafenu, czyli pojedynczych warstw atomowych węgla. Transport elektronów w tym materiale zachodzi z dużo większą prędkością, niż ma to miejsce w krzemie i innych materiałach półprzewodnikowych. Dodatkowo grafen jest idealnym materiałem do budowy ogniw słonecznych i wyświetlaczy nowego typu. Niebagatelną zaletą grafenu i nanorurek jest niski koszt wytwarzania. Właśnie dzięki niskim kosztom znakomicie rozwija się elektronika organiczna. Stosuje się ją tam, gdzie wyśrubowane parametry użytkowe nie są potrzebne, np. elektronika tekstylna, elastyczne wyświetlacze itd.

Wróćmy jeszcze do drugiego, potężnego narzędzia elektroniki — optoelektroniki, zwanej dziś fotoniką. Maser (protoplasta lasera) urodził się 6 lat po tranzystorze, a jego „dziecko” — laser, to druga po tranzystorze rewolucja w ostatnim 50-leciu.

Dysponowanie niszczącym promieniem światła było jednym z najstarszych marzeń ludzkości. Mogło ono być podstawą starożytnej, prawdopodobnie apokryficznej legendy o tym, że Archimedes był w stanie podpalić okręty nieprzyjacielskie, używając dużych zwierciadeł do odbijania i ogniskowania światła słonecznego. Marzenie to zostało spełnione (przynajmniej po części) dopiero w XX wieku. W 1917 roku Albert Einstein odkrył i opisał zjawisko emisji wymuszonej. Jak dzisiaj wiemy, zjawisko to stało się podstawą działania generatorów spójnego promieniowania elektromagnetycznego. Jednak na uruchomienie pierwszego masera (generatora promieniowania elektromagnetycznego z zakresu mikrofal) trzeba było jeszcze poczekać około 35 lat. W 1954 roku niezależnie w Stanach Zjednoczonych (Charles H. Townes z Uniwersytetu Columbia i John Weber z Uniwersytetu Maryland) oraz w Związku Radzieckim (Nikołaj G. Basow i Aleksander M. Prochorow z Instytutu Fizyki Akademii Nauk im. Lebidiewa w Moskwie) zostaje uruchomiony maser. Byliśmy świadkami wielkiego przełomu, który w gruncie rzeczy uzmysłowił nam, jak łatwo generować silne, koherentne wiązki promieniowania elektromagnetycznego (na razie w zakresie mikrofal).

Twórcy techniki maserowej, nie do końca usatysfakcjonowani swoim bezspornym sukcesem, postawili sobie następne zasadnicze pytanie, czy możliwe jest osiągnięcie na tej drodze podobnego efektu w optycznym zakresie fal, a więc czy możliwa jest budowa „optycznego masera” — lasera. Uruchomienie akcji laserowej w zakresie optycznym przypadło w udziale Thomasowi H. Maimanowi, który w 1960 roku w laboratorium Hughes Aircraft Company uzyskał efekt laserowy w kryształach syntetycznego rubinu. W ten sposób po raz pierwszy wykorzystano zjawisko emisji wymuszonej do generacji fali świetlnej, o niespotykanej do tej pory spektralnej gęstości mocy oraz dużym stopniu spójności czasowej i przestrzennej.

Okres, który upłynął od uruchomienia pierwszego lasera po dzień dzisiejszy, był okresem niezwykle burzliwego rozwoju technik laserowych. Zbudowano setki typów laserów, w których generację pro-

mieniowania uzyskano w ośrodkach o wszystkich stanach skupienia (gazach, parach, cieczech, ciele stałym, zestalonych gazach). Generują one promieniowanie w zakresie długości fal rozciągających się od dalekiej podczerwieni (czyli kilkuset mikrometrów) do fal rentgenowskich (czyli nanometrów), o mocach od pojedynczych mikrowatów do mocy przekraczających terawaty, pracujących w sposób ciągły lub impulsowy, gdzie czas trwania impulsu dochodzi do pojedynczych femtosekund (tzw. superkrótkie impulsy). Oczywiście, na łamach tego opracowania trudno byłoby nie wspomnieć o reprezentantach poszczególnych typów laserów. Zatrzymajmy się może na chwilę przy półprzewodnikowym laserze złączowym — strukturze bliskiej elektronikom i optoelektronikom. Laser taki powstał jesienią 1962 roku prawie jednocześnie w trzech laboratoriach: w General Electric Co., w International Business Machines Corp. oraz w Massachusetts Institute of Technology. Pierwsze struktury laserowe, pracujące impulsowo w temperaturze ciekłego azotu — żyjące kilkanaście minut, wymagające prądów zasilania na poziomie kiloamperów i generujące wiązkę o słabej jakości optycznej — nie wzbudziły zachwyty ekspertów. Wręcz przeciwnie, sformułowali oni opinię, iż badania nad laserami półprzewodnikowymi prowadzą w ślepy zaulek, niewróżący sukcesu. Na szczęście słowa ekspertów nie osłabiły zapału badaczy pracujących nad udoskonalaniem laserów złączowych. Rozwój technologii materiałów półprzewodnikowych oraz dynamiczny rozwój technologii planarnych zaowocował pojawieniem się biheterostruktur i nieco później struktur ze studniami kwantowymi, charakteryzujących się bardzo dużą sprawnością działania. Dzisiaj lasery półprzewodnikowe stanowią jedną z największych rodzin laserowych, generujących promieniowania o mocach od mikrowatów do kilku watów w zakresie długości fal obejmującym przedział od głębokiej podczerwieni do promieniowania niebieskiego, bez których bardzo trudno się obejść zarówno w różnorodnych zastosowaniach specjalistycznych, jak i komercyjnych.

Uzyskanie wiązki laserowej, czyli strumienia światła o niespotykanych do tej pory cechach, dało początek nowym dziedzinom nauki, takim jak elektronika kwantowa, optyka nieliniowa, spektroskopia laserowa, chemia laserowa itd. Dało także początek wielu gałęziom wiedzy mającym duże znaczenie dla techniki, a w tym holografii, optyce fourierowskiej, optycznemu przetwarzaniu informacji (między innymi przy użyciu komputerów kwantowych), optoelektronice zintegrowanej, fotonice, nowym metodom tworzenia i obróbki materiałów, a także nowym technikom pomiarowym (zarówno na poziomie mikro-, jak i makroświata). Lasery zrewolucjonizowały systemy łączności, oferując możliwości tworzenia kanałów przesyłu o nieosiągalnych do tej pory pojemnościach (przekraczających terabity) zabezpieczonych kryptografią kwantową. Technika laserowa otworzyła nową epokę w biologii i medycynie, dając diagnostyce i terapii niezwykle wygodne narzędzie. Stała się też obecna w zastosowaniach o charakterze czysto komercyjnym (np. w tzw. showbiznesie). Nie sposób również pominąć zastosowań specjalnych, gdzie techniki laserowe — zarówno na poziomie taktycznym, jak i strategicznym — stały się niezastąpione w tworzeniu różnych systemów militarnych.

Dalszy rozwój technik laserowych związany jest z pokonywaniem barier mocy, tworzeniem zarówno systemów laserowych o wielkich mocach (między innymi na potrzeby syntezy jądrowej), jak i wiarygodnych źródeł jednofotonowych (kryptografia kwantowa, komputery kwantowe), pokonaniem bariery czasu — wygenerowaniem impulsów attosekundowych, uzyskaniem spójnych wiązek twardego

NAGRODY NOBLA ZA OSIĄGNIĘCIA, KTÓRE PRZYCZYNIŁY SIĘ DO ROZWOJU ELEKTRONIKI

Joseph J. Thomson (1906) — za teoretyczne i doświadczalne prace nad przewodnictwem elektrycznym gazów

Guglielmo Marconi, Carl F. Braun (1909) — za osiągnięcia w dziedzinie rozwoju telegrafii bezprzewodowej

Albert Einstein (1921) — za osiągnięcia w dziedzinie fizyki teoretycznej oraz odkrycie praw opisujących efekty fotoelektryczne (stworzył teoretyczne podstawy maserów i laserów)

Robert A. Millikan (1923) — za pionierskie prace związane z określaniem ładunku elektronu oraz zaobserwowanie i wyjaśnienie efektu fotoelektrycznego

Owen W. Richardson (1928) — za eksperymentalne i teoretyczne prace w dziedzinie termoemisji, a w szczególności zaproponowanie formuły opisującej ten efekt (prawo Richardsona wykorzystywane jest także aktualnie do opisu niektórych przyrządów półprzewodnikowych)

Irving Langmuir (chemia) (1932) — za wybitne osiągnięcia w dziedzinie chemii powierzchni (o dużym znaczeniu dla elektroniki: lampy elektronowe, wysoka próżnia, efekty powierzchniowe w ciałach stałych)

William Shockley, John Bardeen, Walter H. Brattain (1956) — za prace badawcze w dziedzinie półprzewodników, a w szczególności odkrycie efektu tranzystorowego (tranzystor ostrzowy, 23 grudnia 1947 r.), a także realizację i teorię złącza PN i tranzystora złączowego (BJT)

Charles H. Townes, Nikołaj G. Basow, Aleksander M. Prochorow (1964) — za fundamentalne prace w dziedzinie elektroniki kwantowej, w szczególności zaś za prace nad maserem i laserem

Alfred Kastler (1966) — m.in. za odkrycie możliwości optycznego pompowania poziomów energetycznych, a w konsekwencji stworzenie podstaw do uzyskiwania inwersji obsadzeń w ośrodkach wzmacniających promieniowanie elektromagnetyczne (masery, lasery)

John Bardeen, Leon N. Cooper, Robert J. Shrieffer (1972) — za opracowanie teorii nadprzewodnictwa

Leo Esaki, Ivar Giaever, Brian D. Josephson (1973) — za teoretyczne i doświadczalne prace w dziedzinie efektów tunelowych w półprzewodnikach i nadprzewodnikach (dioda tunelowa — dioda Esaki; złącze Josephona)

Nicolas Bloembergen, Artur L. Schawlow oraz Kai M. Siegbahn (1981) — za osiągnięcia w dziedzinie spektroskopii laserowej oraz spektroskopii elektronowej o wysokiej rozdzielczości

Klaus von Klitzing (1985) — za odkrycie kwantowego efektu Halla (precyzyjny wzorzec rezystancji, być może znajdzie zastosowanie w nowych generacjach przyrządów półprzewodnikowych?)

Ernst Ruska, Gerd Binnig, Heinrich Rohrer (1986) — za fundamentalne prace w dziedzinie optyki elektronowej oraz realizację pierwszego mikroskopu elektronowego (E. Ruska), a także za opracowanie pierwszego mikroskopu tunelowego

Georg Bednarz, Alexander Müller (1987) — za odkrycie wysokotemperaturowego nadprzewodnictwa w materiałach ceramicznych

Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji oraz William D. Phillips (1997) — za stwierdzenie możliwości schładzania i pułapkowania atomów promieniowaniem laserowym (uzyskiwanie ultraniskich temperatur, wzorzec częstotliwości)

Zhores I. Alferov, Herbert Kroemer (2000) — za pionierskie prace w dziedzinie heterostruktur półprzewodnikowych wykorzystywanych w ultraszybkich przyrządach mikroelektronicznych oraz nowych generacjach przyrządów optoelektronicznych

Jack S. Kilby (2000) — za koncepcję i wytworzenie pierwszego układu scalonego*

Alan J. Heeger, Alan G. McDiarmid, Hideki Shirakawa (2000) — za odkrycie i opracowanie metod wytwarzania polimerów przewodzących

promieniowania rentgenowskiego (i o krótszej długości fali), miniaturyzacją mikro- i nanostruktur laserowych pracujących bezprogowo. Może w niedalekiej przyszłości będziemy świadkami powstania spójnych źródeł innego rodzaju promieniowania, np. fal akustycznych czy fal grawitacyjnych, powodujących podobne przełomy, jakich dokonał laser w dwudziestym stuleciu.

Fotonika to jednak znacznie więcej niż tylko lasery. Nie do przecenienia jest rola światłowodów we współczesnej komunikacji. Warto przy tym wspomnieć o światłowodach fonicznych (weszły na rynek w 1996 roku), które ze względu na swoje unikatowe właściwości mogą m.in. przenosić wyższe moce niż światłowody konwencjonalne.

Warto też wspomnieć o obszarze zastosowań diod elektroluminescencyjnych, w którym szykuje się istotna rewolucja. Diody te, dzięki możliwości wytwarzania światła białego o dużym natężeniu przy jednocześnie małym zużyciu mocy i ogromnej trwałości, są na najlepszej drodze, aby zastąpić żarówkę jako podstawowe źródło oświetlenia. Odpowiednikiem prawa Moore'a dla układów elektronicznych jest prawo Haitza dla diod elektroluminescencyjnych. Mówi ono, że koszt na jednostkę natężenia światła maleje dziesięciokrotnie, a natężenie generowanego światła rośnie dwudziestokrotnie w ciągu dekady.

Kolejną ważną dziedziną są fotodetektory, niezbędne do odbioru sygnału w systemach telekomunikacyjnych, ale nie tylko. Umożliwiają detekcję światła o długości fali od dalekiej podczerwieni do głębokiego ultrafioletu. Szczególnym przypadkiem fotodetektorów są baterie słoneczne. Głównym materiałem stosowanym do ich produkcji jest krzem, w szczególności krzem amorficzny. Zaletą tego rozwiązania jest stosunkowo niska cena, okupiona jednak niską sprawnością. Tam, gdzie potrzebna jest większa sprawność (np. systemy satelitarne), można użyć związków półprzewodnikowych (np. A^mB^v).

Drugą szczególną kategorią fotodetektorów są czujniki obrazu, które zrewolucjonizowały fotografię. Jest to jeszcze jeden przykład współdziałania fotoniki i elektroniki półprzewodnikowej.

Miniaturyzacja to wspólny mianownik tendencji rozwojowych mikroelektroniki i optoelektroniki. Małe jest nie tylko piękne. Małe jest inne. Dochodzimy do prób wykorzystania praw podstawowych rządzących cząstkami elementarnymi, czyli fotonem i elektronem. Chcemy wykorzystać zjawiska kwantowe do realizacji nowych generacji nanoprzyrządów elektronicznych i fonicznych.

Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki rozpoczynające (2000 rok — Jack S. Kilby, Zhores I. Alferov, Herbert Kroemer) i kończące (2009 rok — Willard S. Boyle, George E. Smith, Charles K. Kao) pierwszą dekadę XXI wieku podsumowały lawinowy wzrost przesyłania i przetwarzania informacji. Oszacowano (*Science*, 2011), że w 2007 roku całkowita objętość przechowywanej informacji wynosiła $2,9 \times 10^{20}$ bajtów, przesłano niemal 2×10^{21} bajtów, a w ciągu jednej sekundy na komputerach ogólnego zastosowania wykonywano $6,4 \times 10^{18}$ instrukcji. Telefon komórkowy, komputer i Internet stały się narzędziami powszechnego użytku.

Przetwarzanie i przesyłanie informacji jest związane z wydatkiem energetycznym. Minimalna energia niezbędna do przesłania jednego bitu w obecności szumu termicznego wynosi zgodnie z teorią Shannona $kT \ln 2$. W przyrządach półprzewodnikowych minimalna wysokość bariery energetycznej umożliwiającej jednoznaczne określenie położenia elektronu (po jednej lub drugiej stronie tej

* J.S. Kilby dzieliłby tę nagrodę z Robertem N. Noycem, gdyby ten nie zmarł w 1990 roku.

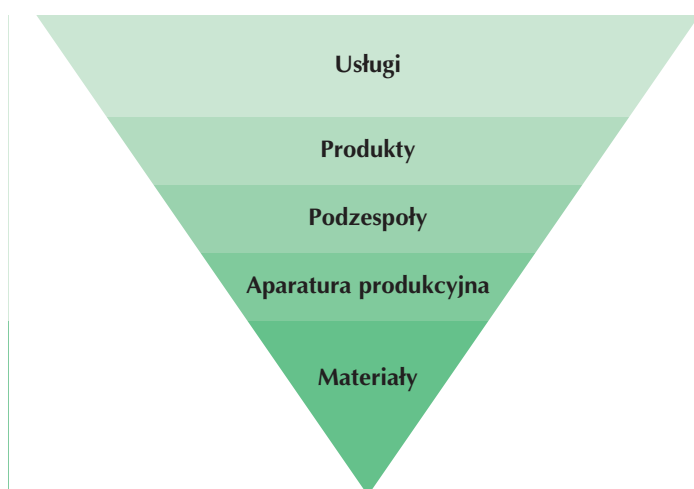
bariery) również wynosi $kT \ln 2$. Taka też jest minimalna energia niezbędna do zmiany spinu elektronu.

W przypadku przyrządów półprzewodnikowych można na tej podstawie oszacować maksymalną gęstość upakowania i szybkość działania oraz minimalne rozmiary. Nie wiemy, czy uda się osiągnąć te granice, w dzisiejszych realiach jednak, dowolne urządzenie o tak wyśrubowanych parametrach spaliłoby się natychmiast po włączeniu ze względu na niemożliwą do odprowadzenia gęstość mocy. Na szczęście jest to zmartwienie następnych pokoleń.

Tym ogólnym, z pewnością niepełnym i ułomnym, wprowadzeniem autorzy chcieli przypomnieć o tym, co wydarzyło się w XX i na początku XXI wieku w elektronice. Bez tego wprowadzenia trudno bowiem chyba zrozumieć logikę rozwoju tej dyscypliny na naszym Wydziale. Przedstawione wydarzenia to arbitralny wybór autorów, ich daty także mogą być dyskusyjne. Mamy nadzieję, że Czytelnik wybaczy nam błędy i usterki.

Zanim przejdziemy do tego, czym w dziedzinie elektroniki zajmowaliśmy się, zajmujemy i chcemy zajmować na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej, przyjrzyjmy się jeszcze strukturze przemysłu elektronicznego i fotonicznego przedstawionej na rysunku 1. Gdyby rozpatrywać ją na przykładzie półprzewodników, to trzeba rozpocząć od materiałów — głównie krzemu, ale nie tylko. Wytworzenie tych materiałów i wykonanie z nich przyrządów półprzewodnikowych oraz układów scalonych (czyli podzespołów) wymaga odpowiedniej aparatury produkcyjnej i narzędzi projektowych. Końcowym produktem jest szeroko rozumiana aparatura elektroniczna, obecna na każdym kroku. Inteligentna aparatura jest podstawą wielu usług o charakterze teleinformatycznym, bez których trudno byłoby się nam dziś obejść (np. Internet, telefonia komórkowa). Nie podajemy tutaj przykładów liczbowych, ale można zaryzykować stwierdzenie, że wartość sprzedanych w 2010 roku systemów elektronicznych to około 1200 mld USD, a udział przyrządów półprzewodnikowych i układów scalonych to około 300 mld USD. Jeżeli dołączymy do tego sferę usług związanych z przemysłem elektronicznym (i fotonicznym), to wszystko razem stanowi około 20% światowej gospodarki.

Wróćmy zatem do Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych. Bylibyśmy bardziej zadowoleni, gdyby naszym zadaniem było opisanie osiągnięć Wydziału w takim układzie, jak ten przedstawiony na rysunku 1. Stało się, niestety, inaczej. Uzgodniona struktura opi-



Rysunek 1. Struktura przemysłu elektronicznego i fotonicznego

Alexei A. Abrikosov, Vitaly L. Ginzburg, Anthony J. Leggett (2003) — za prace teoretyczne w dziedzinie nadprzewodnictwa i supercieczy

John L. Hall, Theodor W. Hänsch (2005) — za wkład w rozwój precyzyjnej spektroskopii laserowej

Roy J. Glauber (2005) — za teoretyczny opis zachowania cząstek światła

Albert Fert i Peter Grünberg (2007) — za odkrycie gigantycznej magnetorezystancji

Charles K. Kao (2009) — za prace w nad transmisją światła w światłowodach

Willard S. Boyle, George E. Smith (2009) — za opracowanie czujnika CCD obrazu

Andre Geim, Konstantin Novosielov (2010) — za przełomowe prace eksperymentalne nad grafenem (materiałem dwuwymiarowym)

su ma charakter bardziej instytutowy i zakładowy niż problemowy. Dlatego też autorzy niniejszego opracowania nie podjęli się redakcji jego dalszej części, pozostawiając tę kwestię Instytutom (choć służyli niekiedy pomocą).

ELEKTRONIKA NA WYDZIALE ELEKTRONIKI I TECHNIK INFORMACYJNYCH (2001–2011)

Niniejszy rozdział obejmuje informację o badaniach w dziedzinie elektroniki prowadzonych tylko w dwóch Instytutach: Mikroelektroniki i Optoelektroniki (IMiO) oraz Systemów Elektronicznych (ISE). Nie są w nim prezentowane osiągnięcia w tej dziedzinie pozostałych instytutów Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej. W konsekwencji opracowania tego nie można uważać za bezpośrednią kontynuację publikacji powstałej z okazji 50-lecia Wydziału. Przedstawione materiały są zbiorem opracowań przygotowanych przez dyrekcje Instytutów, a przede wszystkim kierowników Zakładów. Z tego powodu materiały opisujące poszczególne Zakłady są zredagowane w różny sposób, są prezentowane na różnym poziomie szczegółowości, mają różną objętość i różną formę ujęcia. Mimo to wyrażamy nadzieję, że dostarczą one Czytelnikowi cennych i interesujących informacji o pracach badawczych prowadzonych w obu Instytutach i ich dokonaniach naukowych w dziedzinie elektroniki w ciągu ostatnich dziesięciu lat.

ELEKTRONIKA W INSTYTUCIE MIKROELEKTRONIKI I OPTOELEKTRONIKI¹

W 1970 roku na ówczesnym Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej utworzono 6 instytutów, w tym Instytut Technologii Elektronowej (od 1987 roku Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki). Instytut powstał w wyniku połączenia trzech Katedr: Katedry Elektroniki Ciała Stałego, Katedry Przyrządów Elektronowych oraz Katedry Wysokiej Próżni. Korzenie Instytutu są jednak znacznie starsze i sięgają 1929 roku, kiedy to profesor Janusz Groszkowski utworzył Katedrę Radioelektroniki. Jeśli sięgamy do przeszłości, to obok profesora Groszkowskiego należy jeszcze wspomnieć nazwiska dwóch (niestety, już wśród nas nieobecnych) wybitnie zasłużonych dla Instytutu profesorów, Bohdana Paszkowskiego i Alfreda Świta. Ich osobowość i dokonania wywarły największy wpływ na oblicze Instytutu w dniu dzisiejszym.

Instytut prowadzi prace badawcze w obszarze technologii stanowiących podstawę współczesnej elektroniki i technik informacyjnych. W uproszczeniu można powiedzieć, że rozwój technik informacyjnych opiera się na czterech technologiach: przetwarzania, przesyłania, przechowywania i prezentacji danych. Imponujący postęp w dziedzinie przetwarzania danych jest możliwy głównie dzięki szybkiemu rozwojowi technologii projektowania oraz wytwarzania układów scalonych, będących domeną mikroelektroniki, a coraz częściej również nanoelektroniki. Do przesyłania danych coraz powszechniej są obecnie stosowane światłowody oraz lasery, a więc coraz częściej wykorzystywane są zdobycze optoelektroniki i fotoniki. Przechowywanie lawinowo narastającej liczby danych wymaga coraz pojemniejszych pamięci, zarówno półprzewodnikowych, jak i optycznych. Zastosowanie znajdują tu najnowsze osiągnięcia mikroelektroniki i optoelektroniki. Z kolei do prezentacji danych potrzebne są nie tylko różnorodne układy optyczne, których projektowanie i realizacja są przedmiotem intensywnych badań w obszarze optoelektroniki, ale również odpowiednie techniki przetwarzania obrazu z wykorzystaniem specjalizowanych układów mikroelektronicznych. Rozwój elektroniki, który wiele lat temu spowodował pojawienie się układów scalonych, prowadzi obecnie do realizacji całych systemów w jednej strukturze, a w ostatnich latach także do mikrosystemów integrujących wiedzę z wielu dziedzin nauki, m.in. technologii materiałów, mi-

¹ Podrozdział ten opracował dr hab. Ryszard Kisiel na podstawie tekstów otrzymanych od kierowników zakładów: prof. Romualda Becka, prof. Wiesława Kuźmicza, prof. Michała Malinowskiego, prof. Jana Szmida i prof. Jerzego Woźnickiego.

kroelektroniki, optoelektroniki i fotoniki. Przedmiotem aktywności badawczej Instytutu Mikroelektroniki i Optoelektroniki jest w większym lub mniejszym stopniu każdy z wymienionych obszarów.

W skład Instytutu wchodzi 5 zakładów naukowo-dydaktycznych:

- **Zakład Fotoniki Obrazowej i Mikrofalowej**, kierowany przez profesora Jerzego Woźnickiego,
- **Zakład Metod Projektowania w Mikroelektronice**, kierowany przez profesora Wiesława Kuźmicza,
- **Zakład Optoelektroniki**, kierowany przez profesora Michała Malinowskiego,
- **Zakład Przyrządów Mikroelektroniki i Nanoelektroniki**, kierowany przez profesora Romualda Becka,
- **Zakład Technologii Mikrosystemów i Materiałów Elektronicznych**, kierowany przez profesora Jana Szmida.

Kadra Instytutu liczy około 70 pracowników (w tym 13 profesorów), a jej potencjał naukowy jest wzmacniany przez doktorantów (aktualnie ponad 30) oraz studentów realizujących prace inżynierskie i magisterskie.

Instytut prowadzi liczne projekty badawcze zarówno międzynarodowe, jak i krajowe. Spośród ważniejszych projektów międzynarodowych, zrealizowanych lub będących w fazie realizacji w latach 2001–2011, należy wymienić :

- NANOSIL (*Silicon-Based Nano-structures and Nanodevices for Long Term Nanoelectronic Applications*),
- PULLNANO (*Pulling the Limits of nanoCMOS Electronics*),
- NEMO (*Network of Excellence in Micro-Optics*),
- CLEAN (*Controlling Leakage Power in nanoCMOS SoCs*),
- IDESA (*Implementation of Widespread IC Design Skills in Advanced Deep Submicron Technologies at European Academia*),
- REASON (*Research and Training Action for System on Chip*),
- BiPC (*CIS Improved Building Integration of PV by Using Thin Film Modules in CIS Technology*).

Instytut koordynuje aktualnie projekt rozwojowy *Elektroniczne detektory i przyrządy chemoczułe z warstwami diamentowymi i diamentopodobnymi* oraz koordynował projekt zamawiany *Nowe technologie na bazie węgla krzemu i ich zastosowania w elektronice wielkich częstotliwości, dużych mocy i wysokich temperatur*.

W Instytucie realizowane są także liczne projekty badawcze Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Jako przykłady tych projektów można tu wymienić:

- *Wytwarzanie i charakteryzacja cienkich warstw metalicznych i dielektrycznych dla potrzeb nanoelektroniki i techniki mikrofalowej*,
- *Modelowanie struktur krzemowych z niskowymiarowym gazem elektronowym*,
- *Modelowanie i charakteryzacja wielobramkowych struktur MOS SOI*,
- *Właściwości emisyjne aktywnych materiałów tlenkowych o periodycznym uporządkowaniu*.

Istotnym rozszerzeniem aktywności naukowej Instytutu są realizowane w nim projekty badawcze strukturalne:

- POIG.02.01.00-14-138/08 *Utworzenie grupy innowacyjnych, komplementarnych laboratoriów badawczych mikro-, nano- i optoelektroniki*, Centrum Nanofotoniki,
- POIG.01.03.01-00-014/08 *Mikro- i Nanosystemy w Chemii i Diagnostyce Biomedycznej (MNS-DIAG)*,
- POIG.01.03.01-00-159/08 *Innowacyjne technologie wielofunkcyjnych materiałów i struktur dla nanoelektroniki, fotoniki, spintroniki i technik sensorowych InTechFun*,
- POIG.01.03.02-14-071/08 *Opracowanie technologii nowej generacji czujnika wodoru i jego związków do zastosowań w warunkach ponadnormatywnych DeTech*,
- POIG.01.01.02-00-045/09 *Inżynieria Internetu Przyszłości*.

W swojej działalności badawczej Instytut współpracuje z wieloma zagranicznymi ośrodkami badawczymi w Europie, Ameryce, Azji i Australii, a także uczestniczy w międzynarodowych programach edukacyjnych. Prowadzi ponadto działalność edukacyjną w ramach specjalności Elektroniki i Inżynieria Komputerowa w dziedzinie mikroelektroniki, optoelektroniki, fotoniki mikrofalowej, nanotechnologii i mikrosystemów. Pracownicy Instytutu zainicjowali i są współorganizatorami kształcenia internetowego w Ośrodku Kształcenia na Odległość Politechniki Warszawskiej (OKNO).

Do dyspozycji pracowników Instytutu stoją unikatowe i dobrze wyposażone laboratoria, wykorzystywane zarówno do prac badawczych, jak i w procesie kształcenia, m.in.:

- Laboratorium Technologii Struktur Półprzewodnikowych (*clean-room*),
- Laboratorium Projektowania Układów Scalonych,
- Laboratorium Techniki Mikroprocesorowej,
- Laboratorium Fotoniki Mikrofalowej,
- Laboratorium Cyfrowego Przetwarzania Obrazu,
- Środowiskowe Laboratorium Mikrosystemów i Mikroukładów Hybrydowych,
- Laboratorium Spektroskopii Laserowej,
- Laboratorium Charakteryzacji Struktur Półprzewodnikowych.

Instytut jest organizatorem cyklicznego międzynarodowego sympozjum *Diagnostics & Yield — Advanced Silicon Device and Technologies for ULSI Era* oraz współorganizatorem: *International Travelling Summer School on Microwave and Lightwaves*, *International Conference „Mixed Design of Integrated Circuits and Systems” — MIXDES*, a także *International Conference on Microwaves, Radar and Wireless Communications — MIKON*. Od lat pod auspicjami Instytutu organizowane jest Sympozjum Naukowe *Techniki Przetwarzania Obrazu — TPO*. Instytut jest również współorganizatorem Krajowej Konferencji Naukowej *Technologia Elektronowa — ELTE* oraz *Sympozjum Techniki Laserowej STL*. Pracownicy Instytutu są zapraszani do komitetów naukowych prestiżowych konferencji międzynarodowych, m.in. ESSDERC, MIXDES, DIAMOND, EUROSOI, INFOS.

W Instytucie działają cztery Studenckie Koła Naukowe:

- Koło Naukowe Mikroelektroniki i Naoelektroniki,
- Koło Naukowe Mikrosystemów „ONYKS”,
- Koło Naukowe Optoelektroniki,
- Koło Naukowe Przetwarzania Obrazu.

Pracownicy Instytutu Mikroelektroniki i Optoelektroniki piastowali i piastują także obecnie bardzo ważne funkcje we władzach Uczelni i Wydziału oraz prestiżowych organizacjach społecznych i naukowych.

Instytut może pochwalić się imponującym dorobkiem publikacyjnym, na który składają się w znaczącym stopniu artykuły opublikowane w najważniejszych czasopismach o cyrkulacji międzynarodowej, a także liczne wydawnictwa książkowe. Prace te są licznie cytowane w literaturze światowej. Wiele prac naukowo-badawczych realizowanych w Instytucie doczekało się wdrożeń w postaci m.in. aparatury kontrolno-pomiarowej wykorzystywanej w wielu laboratoriach na świecie.

Zakład Fotoniki Obrazowej i Mikrofalowej

Kierownik Zakładu — profesor Jerzy Woźnicki

Zakład powstał z połączenia Zakładu Elektroniki i Fotoniki Mikrofalowej z Zakładem Przetwarzania Obrazu. Nowa nazwa zakładu dobrze oddaje jego tematykę badawczą.

W obszarze fotoniki mikrofalowej, która wyrosła na styku techniki mikrofalowej i optoelektroniki i jest związana silnie z lawinowym rozwojem telekomunikacji światłowodowej, a także nowymi technikami modulacji i detekcji promieniowania podczerwonego, badania naukowe prowadzone są równolegle na kilku frontach:

- nad optycznymi metodami sterowania, kontroli i stabilizacji częstotliwości oscylatorów mikrofalowych z wykorzystaniem fotonicznych filtrów mikrofalowych i fotowaraktorów (B. Galwas, J. Piotrowski, Z. Szczepaniak, K. Madziar);
- nad teorią działania i konstrukcją mieszaczy optomikrofalowych, z wykorzystaniem fotodiod PIN i modulatorów elektrooptycznych (B. Galwas, J. Dawidczyk);

- nad wykorzystaniem optycznych łączy analogowych do transmisji sygnałów mikrofalowych oraz technikami pomiaru macierzy rozproszenia elementów optomikrofalowych (B. Galwas, J. Skulski, K. Madziar).

W obszarze fotoniki obrazowej jesteśmy świadkami dynamicznego rozwoju metod analizy danych obrazowych w postaci sekwencji obrazów trójwymiarowych. Podstawowe etapy procesu wizji trójwymiarowej determinują cztery kierunki rozwoju technik przetwarzania obrazu w zakresie technik wizji 3D/4D: układy pozyskiwania obrazów 3D i 4D, przetwarzanie obrazów trójwymiarowych, wizualizacja danych obrazowych 3D oraz ich analiza. W ostatnich latach jest obserwowany szybki rozwój technologii pozyskiwania danych trójwymiarowych o obiektach zmiennych w czasie z wykorzystaniem aktywnych i pasywnych metod pomiaru kształtu. Drugi z kierunków niesie ze sobą nowe wyzwania z zakresu opracowania efektywnych algorytmów poprawy jakości, segmentacji i ekstrakcji cech dla nowego typu reprezentacji danych obrazowych. Rozwój technik wizualizacji obrazów 3D to przede wszystkim nowe rozwiązania — o coraz doskonalszych parametrach użytkowych — z zakresu stereoskopii, autostereoskopii, zobrazowania integralnego oraz holografii cyfrowej. Automatyczna ekstrakcja informacji z obrazów trójwymiarowych ma coraz więcej zastosowań w różnych dziedzinach, poczynając od systemów bezpieczeństwa, poprzez układy widzenia maszynowego, a skończywszy na systemach multimedialnych. Systemy wykorzystujące trójwymiarową reprezentację obiektu lub kontrolowanego procesu pozwalają na pewniejszą i dokładniejszą jego analizę i kontrolę.

Jesteśmy również świadkami dynamicznego rozwoju metod przetwarzania i analizy obrazów dla coraz szerszego zakresu zastosowań. Jednym z nich są systemy monitoringu wizyjnego. Systemy takie stały się nieodzowną częścią wszelkich miejsc użytku publicznego, a szczególnie tam, gdzie bezpieczeństwo jest problemem kluczowym. Na lotniskach, dworcach, pasażach handlowych wspomagają pracowników ochrony, sygnalizując podejrzanę zachowania ludzi lub innych obiektów, informując o pozostawionych przedmiotach lub wkroczeniu niepożądanych osób do zastrzeżonych części budynków. Nowoczesne układy fotoniki obrazowej pozwalają na znaczne zwiększenie skuteczności tego typu rozwiązań przez zwiększenie zakresu spektralnego rejestrowanego obrazu (od UV do THz), wzbogacanie informacji o dodatkowe parametry promieniowania elektromagnetycznego, zwiększenie czułości itd.

Badania naukowe prowadzone w Zakładzie Fotoniki Obrazowej i Mikrofalowej w latach 2009–2010 (do 2009 roku Zakładzie Przetwarzania Obrazu) dotyczyły:

- wizualizacji hologramów cyfrowych z wykorzystaniem przetworników ciekłokrystalicznych (M. Sutkowski, J. Parka, P. Garbat),
- badania właściwości optycznych i elektrooptycznych przetworników ciekłokrystalicznych wielokrotnego zapisu na potrzeby holografii (J. Parka, M. Sutkowski),
- opracowania metod analizy sekwencji obrazów cyfrowych w celu określania parametrów elementów nawiewnych układów wentylacji (P. Garbat),
- opracowania metodyki pozyskiwania i przetwarzania obrazów 3D z wykorzystaniem metod aktywnych (P. Garbat, W. Skarbek z zespołem z Zakładu Telewizji Instytutu Radioelektroniki),
- badań nad zastosowaniem spektralno-polaryzacyjnych przetworników ciekłokrystalicznych w przetwarzaniu obrazu (J. Woźnicki, J. Parka, P. Garbat, M. Sutkowski, H. Górkiewicz-Galwas),
- badań nad układami analizy parametrów polaryzacji w zastosowaniach monitoringu wizyjnego (P. Garbat).

Liczne prace prowadzone były w ramach projektów realizowanych wspólnie z innymi ośrodkami badawczymi, m.in:

- *Spektralno-polaryzacyjny filtr ciekłokrystaliczny w systemie cyfrowego przetwarzania i analizy obrazu* — wspólnie z Wojskową Akademią Techniczną (lata 2004–2007),
- *Analiza obrazu w określaniu parametrów wentylacyjnych strumieni nawiewnych* — wspólnie z Wydziałem Inżynierii Środowiska (2008),
- *Strukturalna kamera 3D-HD* — wspólnie z Zakładem Telewizji, Instytutu Radioelektroniki (2010–2012).

Zakład Metod Projektowania w Mikroelektronice

Kierownik Zakładu — profesor Wiesław Kuźmicz

Problematyka badawcza Zakładu jest obejmująca projektowanie i realizację układów scalonych. Działalność Zakładu po roku 2000 zaczęła być coraz bardziej dostrzegana na europejskim „rynku naukowym”. W latach 2002–2005 w 5. Programie Ramowym UE prowadzony był projekt REASON, który zainicjował i koordynował profesor Wiesław Kuźmicz, a niektóre pakiety zadań były koordynowane przez innych pracowników Zakładu (dr. hab. W. Pleskacza, doc. dr E. Piwowarską). Tym ogromnym i bardzo skomplikowanym organizacyjnie projektem (22 partnerów z 18 krajów) Zakład śmiało wkroczył między najlepszych w Europie, o czym świadczą zaproszenia do innych poważnych projektów europejskich. W latach 2006–2008 prowadzone były badania w ramach projektu CLEAN (6. PR UE), w którym unikatowe doświadczenie i oprogramowanie IMiOCAD były wykorzystywane do badań wpływu rozrzutów produkcyjnych na wielkość statycznego poboru mocy w nanometrowych układach CMOS. Poczynając od 2008 roku, pracownicy Zakładu (W. Kuźmicz, W. Pleskacz, A. Wielgus, A. Łuczyk, T. Borejko) uczestniczą w charakterze wykładowców oraz prowadzących zajęcia praktyczne w kursach projektów IDESA i IDESA-2 (7. PR UE), których słuchaczami są wykładowcy i młoda kadra naukowa licznych europejskich uniwersytetów, a tematyka dotyczy najbardziej zaawansowanych nanometrowych technologii CMOS. W tych kursach pracownicy Zakładu stają jako wykładowcy w jednym szeregu z kolegami z najlepszych ośrodków europejskich (IMEC, EPFL, KU Leuven, TU Delft). W kolejnej dekadzie Zakład podejmuje nowe wyzwania i wkracza w projektowanie układów na częstotliwości mikrofalowe (realizowany jest obecnie projekt wielosystemowego odbiornika GPS).

W Zakładzie prowadzone są prace nad modelowaniem zupełnie nowych rodzajów przyrządów półprzewodnikowych, które można wytworzyć w technologii VESTIC. Technologia VESTIC może zrewolucjonizować przemysł półprzewodnikowy, bowiem umożliwi wytwarzanie układów, które będą miały lepsze parametry, znacznie mniejsze zużycie energii, a przy tym będą prostsze i tańsze w produkcji od układów wytwarzanych dzisiaj przy użyciu najbardziej zaawansowanych technologii CMOS. Prace nad technologią VESTIC, której autorem jest profesor Wojciech Mały, prowadzone są pod jego kierunkiem oraz profesora Andrzeja Pfitznera wspólnie i równocześnie z wieloma partnerami zagranicznymi z takich ośrodków, jak Carnegie Mellon University, University of California at Santa Barbara, Technical University Munich, Institute of Microelectronics A*Star in Singapore, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne.

Zakład Optoelektroniki

Kierownik Zakładu — profesor Michał Malinowski

W Zakładzie Optoelektroniki prowadzone są badania z szeroko rozumianej optoelektroniki. W ostatnich latach rozwijano badania optyczne i spektroskopowe ośrodków światłowodowych, planarnych i włókowych. Prace te były prowadzone równolegle z analizą teoretyczną oraz badaniami generacji w tych ośrodkach. W szczególności, we współpracy z Instytutem Technologii Materiałów Elektronicznych opracowano metodę wytwarzania aktywnych struktur planarnych $\text{Re}^{3+}:\text{YAG}/\text{YAG}$. Doświadczenia zdobyte w omawianym obszarze badań zostały podsumowane w przygotowywanej w 2003 roku w Oficynie Wydawniczej Politechniki Warszawskiej książce M. Malinowskiego *Lasery światłowodowe*, która jest pierwszą w tej dziedzinie monografią w naszym kraju. Właściwości otrzymanych metodą epitaksjalną warstw granatów zostały następnie zebrane i opisane w rozdziale zaproszonym w specjalnym tomie *Spectroscopy Letters* (M. Malinowski, M. Nakielska, R. Piramidowicz, J. Sarnecki).

W ostatnich latach w coraz większym stopniu przedmiotem prac badawczych Zakładu są efekty będące następstwem zmniejszania rozmiarów ośrodka czynnego do rozmiarów porównywalnych z długością fali świetlnej, prowadzące do ujawniania się nowych efektów rozmiarowych. Rozwijany od 2008 roku nowy kierunek badawczy obejmuje luminofory nanokrystaliczne. Materiały tego typu są wydajnymi emiterami i okazały się ośrodkami o dużej wydajności konwersji wzbudzenia. Do prac włączonych jest troje doktorantów pracujących nad technologią nanoproszków oraz ich wykorzystaniem w układach fotowoltaicznych do konwersji długości fali promieniowania słonecznego, w układach wzmacniaczy optycznych oraz w układach czujnikowych, np. w termometrii fluorescencyjnej. Rozwijane na terenie Zakładu laboratorium badań spektroskopowych zapewnia obecnie szeroki wachlarz optycz-

nych metod charakteryzacji nowych materiałów i struktur fotonicznych, takich jak: domieszkowane jonami metali przejściowych i ziem rzadkich kryształy i szkła dielektryczne w postaci objętościowej, włóknowej, planarnej bądź nanostrukturalnej, ośrodki półprzewodnikowe o różnej wymiarowości, materiały organiczne i hybrydowe. Laboratorium to w ostatnim roku podległo gruntownej modernizacji i zostało wyposażone w unikatową aparaturę w wyniku pozyskania środków w wysokości około 5 mln zł z Programu Operacyjnego „Innowacyjna Gospodarka” działanie 2.1 i 2.2 w ramach projektów Centrum Nanofotoniki *Utworzenie grupy innowacyjnych, komplementarnych laboratoriów badawczych w obszarze mikro-, nano- i optoelektroniki oraz Fotonika i technologie terahercowe — rozwój Wydziałowego Centrum Badawczego*.

Zakład Przyrządów Mikroelektroniki i Nanoelektroniki

Kierownik Zakładu — profesor Romuald Beck

Badania prowadzone w Zakładzie Przyrządów Mikroelektroniki i Optoelektroniki można podzielić na trzy obszary: technologię, charakteryzację oraz modelowanie struktur półprzewodnikowych. Prace technologiczne prowadzone w Zakładzie w ostatnich 10 latach wymagały poprawy jakości pomieszczeń laboratoryjnych oraz ich wyposażenia. W głównej części laboratorium udało się osiągnąć klasę czystości 1.000, a w pomieszczeniu do fotolitografii 100. Znacząco ulepszono także infrastrukturę laboratoriów technologicznych, m.in. system klimatyzacji i filtracji powietrza, instalację wody dejonizowanej oraz gazów technologicznych. Dokonano także zakupu używanej aparatury technologicznej, która osiągnęła pełną sprawność dzięki wysiłkom pracowników technicznych Zakładu W. Ciemiewskiego oraz K. Dalbiaka. Zakład pozyskał także nową aparaturę, m.in. urządzenia do osadzania i trawienia w atmosferze plazmy. Dzięki temu możliwości technologiczne Zakładu zostały znacznie rozszerzone.

Prace technologiczne w latach 2001–2010 koncentrowały się na wytwarzaniu ultracienkich warstw dielektrycznych o grubościach rzędu kilku warstw atomowych). Obejmowały one optymalizację procesów wysokotemperaturowych (T. Bieniek, R.B. Beck), wytwarzanie warstw w niskich temperaturach (poniżej 400°C), eksperymenty z alternatywnymi dielektrykami bramkowymi (np. azotki krzemu, tlenko-azotki krzemu — R. Mroczyński, R.B. Beck). Badania te umożliwiły powrót do tematyki struktur pamięciowych opartych na podwójnej warstwie dielektryka (R. Mroczyński). Dzięki nowym możliwościom związanym z urządzeniami do procesów plazmowych opracowano unikatową metodę ultrapłytkiej (czyli na głębokość kilku warstw atomowych) implantacji azotu (T. Bieniek) i fluoru (M. Kalisz, R.B. Beck). W pierwszym przypadku uzyskano możliwość manipulowania składem nawet ultracienkich dielektryków, a także optymalizacji niejednorodnego składu dla konkretnego zastosowania, w drugim — niezwykle skuteczną i kompatybilną z technologią układów scalonych metodę uzyskiwania przyrządów krzemowych odpornych na duże dawki promieniowania.

Dalszy rozwój technologii nastąpił dzięki zakupom aparaturowym i modyfikacjom infrastruktury technologicznej sfinansowanym ze środków projektu POIG.02.01.00-14-138/08 *Utworzenie grupy innowacyjnych, komplementarnych laboratoriów badawczych mikro-, nano- i optoelektroniki*. Urządzenia do trawienia w plazmie chlorowej oraz magnetron pozwoliły na rozszerzenie prac badawczych nad ultracienkimi dielektrykami także na obszar dielektryków o wysokiej przenikalności elektrycznej, które są niezbędne dla przyszłych technologii MOS-ULSI.

Prace badawcze Zakładu dotyczyły także porowatego krzemu (K. Domański). Początkowo porowaty krzem miał służyć wytwarzaniu podłoży SOI, szybko jednak okazało się, że jest on przydatny w czujnikach, a także w strukturach MEMS/MOEMS. W wyniku dużego zainteresowania tego typu strukturami Zakład nawiązał współpracę międzynarodową w ramach Centrum Doskonałości COMBAT (5. PR UE) koordynowanego przez Instytut Systemów Elektronicznych, a później współpracę z Wydziałami Chemii i Mechatroniki Politechniki Warszawskiej.

Uzyskanie emisji światła w krzemie umożliwiło Zakładowi współpracę z Zakładem Optoelektroniki w dziedzinie nanofotoniki. Prowadzony aktualnie wspólny projekt badawczy obejmuje wytwarzanie struktur zawierających cienką warstwę amorficznego tlenku krzemu, w której ułożone są nanokryształy krzemu. W zależności od rozmiarów i gęstości nanokryształów, a także grubości warstwy amorficznej, struktury takie mogą służyć do wytwarza-

nia struktur kwantowych przyrządów wykorzystujących rezonans tunelowy (np. kropek kwantowych), pamięci NVMOS, a nawet kryształów fonicznych.

Prace w dziedzinie charakteryzacji struktur półprzewodnikowych koncentrują się wokół badania jakości powierzchni granicznej dielektryk–półprzewodnik, co ma ogromne znaczenie w przypadku przyrządów zawierających warstwy dielektryków o wysokiej przenikalności elektrycznej. Oprócz najbardziej rozpowszechnionych metod charakteryzacji (analiza charakterystyk prądowo- i pojemnościowo-napięciowych) głównym narzędziem badawczym jest metoda pompowania ładunku (L. Łukasiak, S. Szostak, G. Głuszko, M. Iwanowicz, J. Jasiński, A. Jakubowski). Zainteresowanie wynikami charakteryzacji wśród zagranicznych partnerów umożliwiło Zakładowi badania zaawansowanych struktur MOS. Dzięki temu po raz pierwszy przeprowadzono pomiary prądu pompowania ładunku w pionowych tranzystorach MOS oraz w tranzystorach MIS z dielektrykiem bramkowym GdSiO, zaproponowano mechanizm generacji pałapek powierzchniowych w strukturach z dielektrykiem GdSiO, zastosowano także po raz pierwszy trójpoziomą metodę pompowania ładunku do charakteryzacji struktur SOI (L. Łukasiak, G. Głuszko, M. Iwanowicz, J. Jasiński, A. Jakubowski).

Dalszy rozwój badań Zakładu w obszarze charakteryzacji nastąpił dzięki zakupom aparaturowym sfinansowanym ze wspomnianego projektu POIG. System do pomiaru charakterystyk pojemnościowo-napięciowych i prądowo-napięciowych umożliwił rozpoczęcie charakteryzacji struktur MOS metodą split C-V (J. Jasiński).

Konsekwencją opisanych badań jest konstruowanie aparatury do charakteryzacji struktur półprzewodnikowych. W Zakładzie powstała już trzecia wersja generatora wymuszeń do metody pompowania ładunku oraz innych metod impulsowych, a także system do charakteryzacji struktur półprzewodnikowych metodami impulsowymi (M. Iwanowicz, Z. Pióro, L. Łukasiak). W przeciwieństwie do dwóch poprzednich wersji, w nowym generatorze zastosowano cyfrową syntezę sygnału, dzięki czemu analogowa część generatora została zredukowana do absolutnego minimum, co umożliwiło znaczną redukcję szumów. Generator pełni rolę serwera pomiarowego sterującego pracą innych urządzeń, dzięki czemu w pewnym zakresie system może być obsługiwany zdalnie.

Prace w dziedzinie modelowania skupiają się głównie na efektach miniaturyzacji tranzystora MOS. Zaproponowano opis charakterystyk elektrycznych różnorodnych struktur MOS z bardzo cienkim dielektrykiem bramkowym z uwzględnieniem efektów kwantowych, w tym przyrządów MOS SOI wykorzystujących efekty tunelowania i transport w ultracienkich warstwach półprzewodnikowych (B. Majkusiak, J. Walczak). Prace profesora B. Majkusiaka zostały uhonorowane zaproszeniem do napisania rozdziałów w dwóch prestiżowych książkach: *FinFETS and Other Multi-Gate Transistors* (Springer, 2008) oraz *Nanoscale CMOS* (John Wiley & Sons, 2010). Opracowano także proste modele charakterystyk prądowo-napięciowych (z uwzględnieniem wybranych efektów krótkiego kanału) oraz napięcia progowego w dwubramkowych tranzystorach MOS (L. Łukasiak, A. Sawicka, P. Sałek, A. Jakubowski). We współpracy z Uniwersytetem w Nagoyi oraz Instytutem Technologii Elektronowej w Warszawie prowadzone są prace nad modelowaniem i technologią tranzystorów FinFET, głównie krzemowych, ale również węglowych (A. Malinowski, A. Jakubowski, L. Łukasiak). Modelowaniu i charakteryzacji przyrządów MOS poświęcona została monografia habilitacyjna profesora Lidii Łukasiak *Modele i elektryczne metody charakteryzacji przyrządów MOS i MOS SOI* (Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2002).

Zakład zajmuje się także modelowaniem struktur półprzewodnikowych z krzemogermanu. Zbadano wpływ zawartości germanu i jego profilu w kanale oraz innych parametrów konstrukcyjnych na charakterystyki pojemnościowo-napięciowe kondensatora MOS oraz charakterystyki prądowo-napięciowe tranzystora MOS z kanałem SiGe. Przeanalizowano wpływ zawartości germanu w podłożu na charakterystyki elektryczne kondensatora i tranzystora MOS z kanałem z naprężonego krzemu (L. Łukasiak, A. Jakubowski). Zbadano także wpływ superpozycji pól elektrycznych będących wynikiem niejednorodnego rozkładu domieszkania i zawartości germanu w bazie SiGe heterozłączowego tranzystora bipolarnego na jego charakterystyki elektryczne oraz wybrane parametry użytkowe (A. Jakubowski, A. Zaręba, L. Łukasiak).

Rezultaty badań w obszarach technologii, charakteryzacji i modelowania były na tyle interesujące (wiele opracowanych modeli i metod charakteryzacji cytuje się w literaturze poświęconej przyrządom MOS, a niektóre metody charakteryzacji zastosowano w systemach pomiarowych w kraju i zagranicą), że umożliwiły Zakładowi udział w dużym i bardzo pre-

stżowym projekcie badawczym 5. PR UE — *NoE Silicon-Based Nanodevices* — SINANO. Sukces tego projektu i uznanie dla prowadzonych w IMiO prac spowodowały, że Zakład znalazł się wśród znacznie mniej licznych (niż miało to miejsce w przypadku SINANO) uczestników programu kontynuującego tę tematykę — *Silicon-Based Nanodevices and Nanostructures NANOSIL*.

Zakład od lat organizuje międzynarodowe sympozjum *Diagnostics & Yield: Advanced Silicon Devices for ULSI Era*, które gromadzi wielu wybitnych specjalistów z Europy i USA i cieszy się niezmiennie dużym powodzeniem.

Zakład Technologii Mikrosystemów i Materiałów Elektronicznych

Kierownik Zakładu — profesor Jan Szmidt

W Zakładzie Technologii Mikrosystemów i Materiałów Elektronicznych prowadzona jest działalność badawcza w następujących obszarach: technologia i charakteryzacja właściwości materiałów kondukcyjnych, rezystywnych, dielektrycznych oraz półprzewodnikowych, technologia montażu elektronicznego oraz technologia wytwarzania i montażu mikrosystemów. Lata 2001–2010 były bardzo burzliwym okresem w rozwoju i intensywności prowadzonych w Zakładzie badań. Początkowo Zakład funkcjonował pod nazwą *Zakład Układów Optoelektronicznych i Hybrydowych*. Jego kierownikiem był profesor Jerzy Kruszewski. Po jego śmierci w 2004 roku, nowym kierownikiem został profesor Jan Szmidt. Rozpoczął on proces formowania od nowa profilu dydaktyczno-badawczego Zakładu. W wyniku przejścia do zakładu niektórych adiunktów z Zakładu Przyrządów Mikroelektroniki i Nanoelektroniki, a także grupy ówczesnych doktorantów (m.in. Mariusza Sochackiego, Mateusza Śmietany, Piotra Firka, Ryszarda Gronau, Artura Szczęsnego) i po zmianach programowych, Zakład zmienił nazwę na Zakład Technologii Mikrosystemów i Materiałów Elektronicznych, wchłaniając Samodzielną Pracownię Charakteryzacji Materiałów kierowaną przez profesora Jerzego Krupkę (Mikołaj Baszun, Zdzisław Mąceński, Janusz Rogowski). Zakład utrzymał dotychczasowy profil w obszarze dydaktyki, ale podjęto nowe działania na rzecz rozwoju badań w zakresie mikrosystemów (przy współpracy z Zakładem Mikrosystemów i Systemów Pomiarowych ISE, kierowanym przez profesora Ryszarda Jachowicza) oraz badań w zakresie nanotechnologii. Wprowadzono także do oferty programowej Wydziału przedmioty obieralne *Nanotechnologie* oraz *Nanostruktury i Nanosystemy*.

W Zakładzie prowadzone są prace technologiczne nad półprzewodnikami z szeroką przerwa zabronioną. Spośród tego typu półprzewodników największą dynamikę rozwojową osiągnął węgiel krzemu. Prace dotyczące technologii węgla krzemu (SiC) zostały zapoczątkowane w Instytucie Mikroelektroniki i Optoelektroniki w 1999 roku w grupie profesora Jana Szmidta. Rozpoczęto od badań nad możliwością wytwarzania tego szerokopasmowego materiału półprzewodnikowego (2,36–3,26 eV) na podłożu krzemowym. Pierwsze wyniki dotyczące technologii SiC w postaci wytworzonych i scharakteryzowanych przyrządów zostały zaprezentowane w 2000 roku na konferencji ELTE w Polanicy Zdroju i na międzynarodowej konferencji *Diagnostics & Yield* organizowanej przez profesora Andrzeja Jakubowskiego w Warszawie. Pomysł na rozszerzenie tematyki badań w tym niezwykle atrakcyjnym obszarze zrodził się w 2001 roku w trakcie międzynarodowej konferencji *Novel Application of Wide Bandgap Layers*, zorganizowanej w Zakopanem przez lidera grupy profesora Jana Szmidta, podczas dyskusji z przedstawicielami polskich jednostek naukowo-badawczych i uczelni wyższych (Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych, Wydział Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej, Instytut Technologii Elektronowej, Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej, Wydział Elektroniki Mikrosystemów Politechniki Wrocławskiej, Wydział Elektroniki i Informatyki Politechniki Koszalińskiej, Akademia Górniczo-Hutnicza). W efekcie w 2005 roku zgłoszony został przez Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych za pośrednictwem Polskiej Platformy Technologicznej Opto- i Nanoelektroniki temat Projektu Badawczego Zamawianego (PBZ), a po akceptacji zgłoszonej propozycji przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, sformułowany został tytuł projektu: *Węgiel krzemu i jego zastosowania w elektronice wielkich częstotliwości, dużych mocy i wysokich temperatur*. Realizacja tego projektu została uruchomiona w 2007 roku, a koordynatorem całego przedsięwzięcia został profesor Jan Szmidt. W Instytucie Mikroelektroniki i Optoelektroniki realizowano w ramach PBZ dwa podprojekty — *Przyrządy unipolarne i struktury tranzystorowe na potrzeby elektroniki wysokotemperaturowej*

kierowany przez profesora Jana Szmidta i *Technologia kontaktów i montażu dla przyrządów z węgliku krzemu do zastosowań wysokotemperaturowych, wysokomocowych i wysokoczęstotliwościowych* kierowany przez doktora Ryszarda Kisiela. W ramach tych projektów opracowano technologie zmierzające do wytworzenia pierwszych w Polsce przyrządów półprzewodnikowych na bazie SiC (dioda Schottky'ego, dioda pin, tranzystor MISFET, tranzystor JFET). Opracowana została jednocześnie technologia wykonania obudowy i montażu struktur SiC, zapewniająca im stabilną pracę w temperaturze 300°C. Realizacja PBZ została zakończona w 2010 roku.

W ostatnich latach największą barierą rozwoju tej technologii okazała się niedoskonałość uzyskiwanych obecnie dielektryków bramkowych i obszaru przejściowego dielektryk/SiC, co spowolnia w sposób skuteczny proces wdrażania tranzystorów MOSFET SiC na rynku przyrządów komercyjnie dostępnych. Badania w tym zakresie, wsparte intensywnymi pracami modelowymi, zarówno w obszarze charakterystyk elektrycznych tranzystorów, jak i procesów technologicznych, prowadzone są obecnie w ramach projektu rozwojowego *Innowacyjne technologie wielofunkcyjnych materiałów i struktur dla nanoelektroniki, fotoniki, spintroniki i technik sensorowych (InTechFun)* finansowanego z Programu Operacyjnego „Innowacyjna Gospodarka” (prof. A. Konczakowska).

W Zakładzie prowadzone są także prace technologiczne związane z mikrosystemami zarówno hybrydowymi, jak i monolitycznymi opartymi na nowych materiałach i strukturach prowadzące do opracowywania całych systemów pomiarowych. W tym zakresie rozwinęła się zarówno tematyka charakteryzacji materiałów technikami mikrofalowymi (zespół kierowany przez profesora J. Krupkę), klasycznymi technikami badania ciała stałego (SIMS, mikroskopia AFM, mikroskop konfokalny, SEM, profilometr), jak i technologii nowych materiałów, głównie pod kątem ich zastosowań w sensoryce monolitycznej opartej na krzemie i węgliku krzemu. Tradycyjnym obszarem działalności naukowej prowadzonej w zakładzie były technologie grubowarstwowe (J. Kalenik, Z. Szczepański), a także problematyka technologii i charakteryzacji kontaktów oraz montażu struktur półprzewodnikowych i układów (R. Kisiel, Z. Szczepański). W ramach tych badań zostało powołane do życia Środowiskowe Laboratorium Grubowarstwowych Mikroukładów Hybrydowych i Mikrosystemów. Zgromadzenie w jednym miejscu pełnego zestawu urządzeń, pozwoli na wykonanie powtarzalnych serii mikroukładów, począwszy od wykonywania projektu konstrukcji, przez wykonanie podłoży o pożądanych właściwościach, w tym folii ceramicznych, wytworzenie i aplikację materiałów grubowarstwowych o określonych właściwościach, w tym światłoczułych i do LTCC oraz past do specjalnych zastosowań (np. materiałów o wysokim przewodnictwie cieplnym, past do czujników itp.), po precyzyjny montaż elementów półprzewodnikowych i hermetyzację całego układu. Zostanie stworzony w ten sposób unikatowy w skali kraju ciąg technologiczny, umożliwiający w swojej końcowej fazie produkcję krótkich serii bardzo wyszukanych mikroukładów i mikrosystemów.

Za dynamicznym rozwojem produkcji układów scalonych z trudnością nadążają technologie montażu elektronicznego. Dodatkowo obszar materiałów i technik montażu nabiera szczególnego znaczenia w dobie ograniczeń prawnych związanych z ochroną środowiska (Dyrektywa Unii Europejskiej WEEE oraz RoHS z 2006 roku). Dlatego też w Zakładzie pod koniec lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku podjęto szereg prac badawczych związanych z charakteryzacją materiałów ekologicznych (polimery oraz luty bezołowiowe) oraz opanowaniem ekologicznych technologii montażu elektronicznego. Prowadzono prace dotyczące opracowania nowych materiałów dla połączeń (polimery, lutownia bezołowiowa) oraz nad materiałami i technologią dla montażu MCM (*Multi-Chip-Module*), a także dla mikrosystemów. Wyniki tych prac zostały podsumowane w monografii dr. hab. inż. Ryszarda Kisiela *Połączenia lutowane w montażu elektronicznym z zastosowaniem materiałów ekologicznych* (Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2009).

W Zakładzie prowadzone są także badania z zakresu wytwarzania, technologii i charakteryzacji cienkich warstw materiałów nanoszonych metodami wspomaganymi plazmą (A. Werbowy, P. Firek). Zaczęto rozwijać tematykę związaną z materiałami ferroelektrycznymi, początkowo dla zastosowań w układach mikroelektrycznych. Działania realizowano w ramach projektu badawczego KBN (kierownik A. Werbowy). Prace te pozwoliły na opracowanie metody wytwarzania tytanianu baru przez rozpylanie targetu w plazmie o częstotliwości radiowej oraz wskazały kolejne kierunki badań na potrzeby mikrosystemów i sensoryki (N. Kwietniewski, P. Firek). Dalsze prace badawcze nad tym materiałem zaowocowały

rozprawą doktorską Piotra Firka oraz integracją działań studentów w ramach dwóch Projektów Rektorskich przyznanych Kołu Naukowemu Mikroelektroniki i Nanoelektroniki. Działania te, a także badania realizowane w ramach projektu rozwojowego, stały się źródłem prac związanych z realizacją matryc struktur jonoczułych typu ISFET z szeroką gamą materiałów dielektrycznych używanych jako dielektryk bramkowy w tych tranzystorach (M. Śmietana, P. Firek). W obszarze tym rozwinięta została znacznie współpraca z Wydziałem Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej (prof. A. Sokołowska, prof. A. Olszyną, prof. K. Zdunkiem) i Instytutami Inżynierii Materiałowej Politechnik Łódzkiej i Koszalińskiej (prof. P. Niedzielskim, prof. S. Miturą). Elementem prowadzonych od wielu lat działań dotyczących wytwarzania cienkich warstw dielektrycznych przy użyciu plazmy impulsowej (współpraca z prof. K. Zdunkiem) są badania dotyczące materiałów, takich jak Al_2O_3 i AlN (P. Firek, M. Waśkiewicz). Jest to istotny element prac związanych z poszukiwaniem alternatywnych dielektryków dla węgla krzemu (M. Sochacki).

W obszarze nanotechnologii podjęto współpracę z Zespołem profesora Teodora Gotszalka z Politechniki Wrocławskiej, a wspólne badania skupiały się wokół właściwości piezoelektrycznych cienkich warstw i nanoziaren tytanianu baru oraz modyfikacji tych właściwości przez oddziaływanie temperatury.

W Zakładzie badane są również technologiczne możliwości integracji elementów przetworników optoelektronicznych (M. Borecki, M. Śmietana) i mikroelektronicznych (J. Kalenik, Z. Szczepański, M. Śmietana), z zastosowaniem technik mikroelektronicznych i hybrydowych w tym cienkowarstwowych oraz grubowarstwowych. Ciekawymi warstwami czułymi w domenie elektrycznej są nanorurki węglowe, a w domenie optycznej warstwy modyfikujące parametry promieniowania optycznego, np. warstwy rozpraszające (białka i tłuszcze), wprowadzające kontrolowaną absorpcję (nanocząstki Ag, Au) lub zmieniające propagację (DLC).

Obecnie widoczny jest intensywny rozwój mikrosystemów, które znajdują lub mogą znaleźć zastosowania w diagnostyce biomedycznej. W nurcie tym znalazł się Zespół Technologii Mikrosystemowej, kierowany przez dr. inż. Michała Boreckiego. Badania podstawowe zespołu dotyczą możliwości realizacji i integracji przyrządów przez wprowadzanie warstw czułych, zabezpieczających i przetworników wieloparametrycznych. Badane są także przetworniki wieloparametryczne (M. Borecki), rozpoczęto też badania matryc przetworników mikroelektronicznych z warstwami czułymi (P. Firek).

W zespole opracowano ciekawe oryginalne podzespoły optoelektroniczne przetworników, takie jak optroda kapilarna i asymetryczny sprzęgacz kierunkowy. Umożliwiły one realizację głowic do badania cieczy na podstawie próbek o bardzo małych objętościach z wykorzystaniem przetwarzania w sieciach neuronowych nieliniowego sygnału z wymuszonych cykli czasowych. Wykazano, że metody te charakteryzują się bardzo wysoką selektywnością i specyficznością w porównaniu do klasycznej detekcji z wykorzystaniem sensorów liniowych i przetwarzania progowego.

Zespół pracujący pod kierunkiem dr. inż. Michała Boreckiego (M. Bełłowska, J. Kalenik, J. Szmidt, A. Jakubowski oraz M.L. Korwin-Pawłowski z Département d'Informatique et d'Ingénierie, Université du Québec en Outaouais, Canada) prowadzi prace projektowe, konstrukcyjne i technologiczne w obszarze wieloparametrycznych czujników cieczy i klasyfikatorów stanu procesu lub organizmu charakteryzujących się nowatorskim podejściem do interdyscyplinarnych zagadnień.

Od 2005 roku wspólnie z SGGW i WAT badano właściwości opracowanych metod i konstrukcji głowic. Wykazano możliwości klasyfikacji paliw ciekłych, jakości mleka, fazy płodności u ssaków, poprawności działania lokalnych systemów oczyszczania ścieków szarych. Metodę przedstawiono w renomowanych czasopismach: *IEEE Sensors* i *MS & T, Sensors, Acta Physica P.* oraz w zaproszonych rozdziałach w książkach *Nanosensors — Theory and Applications in Insustry, Healthcare and Defense* (CRC, 2011) i *Waste Water*, (InTech, 2011). Opracowane rozwiązania konstrukcyjne zastrzeżono w Urzędzie Patentowym RP, opracowując 3 niezależne zgłoszenia. Podstawy teoretyczne metod i aspekty konstrukcyjne klasyfikatorów przedstawiono w monografii M. Boreckiego pt. *Modelowanie i konstrukcja wieloparametrycznych natężeniowych czujników światłowodowych* (Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2010).

Obecnie rozpoczęto badania aplikacji metody kapilarnej do monitorowania stanów żywności, płynów ustrojowych i parametrów użytkowych biopaliw ciekłych.

I wreszcie ważny nurt prac Zakładu to prace w obszarze fotowoltaiki, między innymi nad technologią amorficznego krzemu i jego zastosowań jako ogniwa słonecznego. Prace te prowadzone są od wielu lat we współpracy z ośrodkami zagranicznymi (Korea Płd., Indie, USA) i przyniosły wiele osiągnięć poznawczych i praktycznych (dr inż. Stanisław Pietruszko). Powstałe w latach 2003–2008 nowoczesne laboratorium fotowoltaiki (przeniesione w 2008 roku na poziom laboratorium ogólnowydziałowego podległego Dziekanowi), zwane w niektórych opracowaniach „Centrum Fotowoltaiki”, było wynikiem wieloletnich prac związanych z tą tematyką prowadzonych przez dr. inż. Stanisława Pietruszkę. Powstało ono z jego inicjatywy przy ścisłej współpracy m.in. z mgr. inż. Maciejem Jóźwikiem. W latach 2004–2008 zrealizowany został duży projekt firmowy, m.in. z funduszy europejskich programów badawczych, a także Fundacji Ekofundusz, Biura Ochrony Środowiska Urzędu m.st. Warszawy oraz Rektora Politechniki Warszawskiej. W jego wyniku powstało najnowocześniejsze w Polsce centrum charakteryzacji struktur, przyrządów i modułów fotowoltaicznych wraz z zespołem największej w Polsce zlokalizowanej na elewacji i dachu budynku Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej oraz Gmachu Radiotechniki Politechniki Warszawskiej (IMiO PW).

W Zakładzie budowana jest od 2005 roku baza aparaturowa służąca charakteryzacji materiałów na potrzeby nano- i mikroelektroniki oraz mikrosystemów z wykorzystaniem technik mikrofalowych. Tematyką tą zajmuje się profesor Jerzy Krupka. Jego dorobek naukowy dotyczy bardzo ważnego obszaru dla współczesnej elektroniki, a mianowicie miernictwa elektromagnetycznych właściwości materiałów elektronicznych w paśmie częstotliwości mikrofalowych. W tej dziedzinie profesor J. Krupka jest ekspertem o renomie światowej. Jest twórcą nowych metod pomiaru elektromagnetycznych właściwości materiałów w paśmie mikrofalowym. Gotowe urządzenia pomiarowe jego autorstwa wraz z oprogramowaniem zostały w ostatnich kilku latach sprzedane do kilkudziesięciu największych firm na świecie (m.in. INTEL, IBM, General Electric, 3M, Raytheon, Ericsson National Institute of Standards and Technology, National Physical Laboratory, Ericsson, EPCOS, Gore, Infineon), w kilkunastu najbardziej uprzemysłowionych krajach świata: USA, Kanada, Japonia, Niemcy, Wielka Brytania, Francja, Szwecja, Belgia, Dania, Austria, Tajwan, Singapore, Australia. Urządzenia te są sprzedawane także do laboratoriów narodowych kreujących standardy w przemyśle i nauce, takich jak National Institute of Standards and Technology (USA) i National Physical Laboratory (Wielka Brytania). Należy nadmienić, że urządzenia pomiarowe produkowane są jednostkowo zgodnie z wymaganiami odbiorców przez polską firmę QWED, a dominującym elementem ich ceny jest oryginalna autorska myśl techniczna. Osiągnięcia profesora J. Krupki w tej dziedzinie zostały uhonorowane w 2007 roku Indywidualną Nagrodą Prezesa Rady Ministrów za wybitne osiągnięcia naukowo-techniczne.

ELEKTRONIKA W INSTYTUCIE SYSTEMÓW ELEKTRONICZNYCH²

Instytut Systemów Elektronicznych jest, obok Instytutu Mikroelektroniki i Optoelektroniki, jednym z dwóch instytutów utworzonych w 1970 roku na ówczesnym Wydziale Elektroniki, którego profil badawczy i dydaktyczny jest od początku jego działalności ściśle związany z dziedzina elektroniki. Początkowo Instytut funkcjonował pod nazwą „Instytut Podstaw Elektroniki”. Obecną nazwę przyjął w 1998 roku.

Instytut Podstaw Elektroniki został utworzony z połączenia Katedry Układów Elektronicznych i większej części Katedry Elektrotechniki Teoretycznej „A”. Pierwszym dyrektorem, a zarazem organizatorem Instytutu Podstaw Elektroniki był profesor Jerzy Osiowski (1970–1978). Jego misję kontynuowali kolejno profesor Andrzej Filipkowski (1978–1984 i 1987–1990), profesor Jacek Kudrewicz (1984–1987) oraz profesor Janusz Dobrowolski (1990–2005). Od 2005 roku Instytutem Systemów Elektronicznych kieruje profesor Jerzy Szabatin.

W początkowym okresie w Instytucie Podstaw Elektroniki rozwijane były głównie badania w zakresie dyscyplin podstawowych: teorii obwodów, układów elektronicznych i miernictwa elektronicznego, stanowiących fundament ówczesnych nauk elektronicznych. Z biegiem

² Podrozdział ten opracował prof. Jerzy Szabatin na podstawie tekstów otrzymanych od kierowników zakładów: dr. hab. Marka Nałęczca, prof. Ryszarda Jachowicza, prof. Leszka Opalskiego, prof. Janusza Dobrowolskiego i prof. Jana Mulawki.

lat, wraz z niezwykle dynamicznym rozwojem technologii elektronicznych, szeroko postępującą komputeryzacją i pojawieniem się nowych dyscyplin naukowych i obszarów tematycznych, profil badawczy Instytutu przesunął się coraz bardziej w kierunku dyscyplin systemowych i badań aplikacyjnych. Zmiana nazwy Instytutu była naturalną konsekwencją tego procesu.

W toku ewolucji tematyki badawczej podejmowanej w Instytucie ukształtowała się też obecna struktura Instytutu. W skład Instytutu Systemów Elektronicznych wchodzi pięć zakładów naukowo-dydaktycznych:

- **Zakład Teorii Obwodów i Sygnałów**, kierowany przez doktora hab. Marka Nałęcza,
- **Zakład Mikrosystemów i Systemów Pomiarowych**, kierowany przez profesora Ryszarda Jachowicza,
- **Zakład Układów i Systemów Elektronicznych**, kierowany przez profesora Leszka Opalskiego,
- **Zakład Układów i Aparatury Mikrofalowej**, kierowany przez profesora Janusza Dobrowskiego,
- **Zakład Sztucznej Inteligencji**, kierowany przez profesora Jana Mulawkę.

Kadra Instytutu liczy obecnie 80 pracowników, w tym 65 pracowników naukowo-dydaktycznych oraz 15 pracowników administracyjno-technicznych. Kadre samodzielnej stanowi 12 profesorów i 4 adiunktów ze stopniem naukowym doktora habilitowanego. Pod ich opieką pozostaje aktualnie 41 doktorantów, biorących czynny udział zarówno w zajęciach dydaktycznych, jak i pracach badawczych prowadzonych w Instytucie.

Działalność naukowa Instytutu jest prowadzona w 12 zespołach naukowo-badawczych. Problematyka badawcza obejmuje szeroki i zróżnicowany wachlarz zagadnień. Lista obszarów tematycznych rozwijanych aktualnie w Instytucie jest długa i obejmuje: cyfrowe metody przetwarzania sygnałów, systemy przetwarzania sygnałów radiolokacyjnych, metody modelowania zakłóceń radiolokacyjnych, adaptacyjne i odporne metody detekcji i estymacji sygnałów, metody projektowania, analizy i testowania monolitycznych układów mikrofalowych RF, mikrofalowe systemy pomiarowe, analogowe i impulsowe układy i systemy elektroniczne, metody wspomagania komputerowego projektowania układów elektronicznych, systemy cyfrowe i mikroprocesorowe, projektowanie elementów i układów fotoakustycznych, cyfrowe metody przetwarzania sygnałów biomedycznych i ich zastosowania w audiologii, ryнологii i foniatryi, metody projektowania mikrosystemów i mikroczuJNIKÓW dla zastosowań w mierznictwie wielkości nieelektrycznych i w medycynie, systemy pomiarowe i sterowania w eksperymentach fizyki wysokich energii, optoelektroniczne, światłowodowe i internetowe systemy pomiarowe.

Tematyka badawcza Instytutu została wzbogacona ostatnio o zagadnienia leżące na styku elektroniki i informatyki bądź należące już wyraźnie do dziedziny informatyki. W Zakładzie Układów i Systemów Elektronicznych prowadzone są badania w zakresie kryptologicznych metod i systemów ochrony informacji i bezpieczeństwa danych oraz metod informatyki śledczej, w Zakładzie Teorii Obwodów i Sygnałów rozwijane są badania nad metodami wnioskowania przybliżonego i logiki rozmytej, zaś w Zakładzie Sztucznej Inteligencji badania w dziedzinie metod ewolucyjnych, systemów uczących się oraz bioinformatyki.

Wymiernym efektem badań podstawowych i aplikacyjnych prowadzonych w wymienionych obszarach tematycznych są liczne publikacje pracowników Instytutu. Na dorobek publikacyjny Instytutu składa się w skali roku średnio ponad 200 artykułów i referatów konferencyjnych. Wiele z nich jest publikowanych w czasopismach z listy filadelfijskiej lub materiałach prestiżowych konferencji międzynarodowych.

W wielu wymienionych dziedzinach Instytut współpracuje z licznymi ośrodkami naukowymi i badawczymi w kraju i zagranicą. Stałymi krajowymi partnerami, z którymi od 1980 roku Instytut prowadzi wspólne prace badawcze i wdrożeniowe na potrzeby polskiego przemysłu radiolokacyjnego. Partnerami Instytutu w realizacji tych prac są Przemysłowy Instytut Telekomunikacji i Warszawskie Zakłady Radiowe RADWAR. Partnerska współpraca jest utrzymywana także z Instytutem Problemów Jądrowych, Instytutem Fizjologii i Patologii Słuchu, Instytutem Technologii Materiałów Elektronicznych, Wydziałem Elektrycznym Politechniki Białostockiej, Wydziałem Chemicznym Politechniki Warszawskiej, Wydziałem Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego oraz Wojskową Akademią Techniczną.

Od wielu lat trwa owocna współpraca Instytutu z ośrodkami CERN (Organisation Européenne La Recherche Nucleaire) w Genewie, DESY (Deutsches Elektronen Synchrotron) w Hamburgu, FERMILAB (Fermi National Laboratory) w Chicago, Jefferson National Laboratory w Newport News VA, Max Planck Institute for Solar System Research w Lindau w Niemczech oraz European Southern Observatory w Chile. W ośrodkach tych nasi pracownicy i doktoranci uczestniczą w badaniach w zakresie eksperymentów fizyki wysokich energii i techniki akceleratorowej. Żywe kontakty naukowe utrzymywane są także z Clinical School of Medicine Uniwersytetu w Cambridge oraz Uniwersytetem w Southampton w Wielkiej Brytanii, Uniwersytetami w Kadyksie i Walencji w Hiszpanii, Uniwersytetami di Catania i La Sapienza we Włoszech, Uniwersytetem w Singapurze, Inphi Corporation w Kalifornii oraz z NATO Advanced Study Institute.

Aktywność badawcza Instytutu przejawia się także w uczestnictwie w licznych międzynarodowych i krajowych projektach badawczych. Instytut koordynował m.in. zakończone niedawno dwa obszerne europejskie projekty badawcze: COMBAT, kierowany przez profesora Ryszarda Jachowicza i realizowany w ramach *Centrum Doskonałości Projektowania i Technologii Mikrosystemów* oraz SEWING (*System for European Water Monitoring*), realizowany pod kierownictwem profesora Andrzeja Filipkowskiego w ramach programu europejskiego FP5. W ramach programu FP6 Instytut brał czynny udział w projekcie CARE (*Coordination of Accelerator Research in Europe*), kierowanym przez profesora Ryszarda Romaniuka. W 2009 roku zakończona została realizacja dużego projektu europejskiego WARMER (*Water Risk Management in Europe*) wykonywanego w programie FP6 (prof. Andrzej Filipkowski), a obecnie w programie FP7 prowadzone są dwa tematy projektu EUCARD (*European Coordination of Accelerator R & D*) (prof. Ryszard Romniuk i dr inż. Krzysztof Czuba). W ubiegłym roku zakończone zostały także prace w dwóch wiodących tematach obszernego krajowego projektu zamawianego *Zaawansowane Technologie Radarowe w Zastosowaniach Wojskowych oraz Cywilnych* (prof. Krzysztof Kulpa).

Instytut jest inicjatorem i organizatorem czterech cyklicznych konferencji naukowych, na stałe już wpisanych w kalendarz krajowych konferencji tematycznych. Konferencja *Algorytmy Ewolucyjne i Optymalizacja Globalna* (KKAIEIOG), o 12-letniej już tradycji, integruje całe środowisko krajowe naukowców zajmujących się tą tematyką. Ważnymi wydarzeniami naukowymi w skali kraju są także: Sympozjum *Fotoniki i Inżynierii Internetu* — organizowane tradycyjnie w Wildze, w tym roku już po raz 24., oraz *Sympozjum Przetwarzania Sygnałów* — organizowane w Jachrance. Sympozja te odbywają się pod auspicjami Student Branch IEEE oraz Student Branch SPIE i są adresowane głównie do młodych pracowników nauki. Stanowią one dla młodych naukowców tradycyjnie już miejsce wymiany myśli naukowej i prezentacji własnego dorobku. Instytut organizował ponadto kilka edycji Krajowej Konferencji *Inżynieria Biomedyczna i Telemedycyna* (IBITEL).

Dalszy rozwój działalności naukowo-badawczej Instytutu będzie następował w kilku priorytetowych kierunkach. Przede wszystkim planowana jest intensyfikacja aktywności badawczej w szeroko pojętym obszarze krajowych i europejskich systemów bezpieczeństwa i obronności. Instytut dysponuje w tym zakresie ugruntowanym już potencjałem badawczym opartym na polskiej szkole naukowej w dziedzinie radiolokacji, której twórcą jest emerytowany już pracownik Instytutu, profesor Andrzej Wojtkiewicz. Po zakończeniu prac we wspomnianym wcześniej projekcie zamawianym z zakresu radiolokacji, rozpoczęto badania w trzech projektach europejskich realizowanych dla European Defence Agency (EDA): projekcie DAFNE (*Distributed and Adaptive Multisensor Fusion Engine*), kierowanym przez dr. inż. Jacka Misiuręwicza i wykonywanym w ramach programu europejskiego JIP-FP (*Joint Investment Programme on Force Protection*), projekcie SARINA (*SARbased Augmented Integrity Navigation Architecture*), kierowanym przez profesora Krzysztofa Kulpę i wykonywanym w ramach programu JIP-ICET (*Joint Investment Programme on Innovative Concepts and Emerging Technologies*) oraz projekcie SARAPE (*Synthetic Aperture Radar for all Weather Penetrating*), kierowanym przez dr. inż. Mateusza Malanowskiego. Ostatnio Instytut pozyskał także dwa projekty rozwojowe w dziedzinie radiolokacji, które realizowane są we współpracy z Przemysłowym Instytutem Telekomunikacji oraz Warszawskimi Zakładami Radiowymi RADWAR (prof. Krzysztof Kulpa i dr hab. Marek Natęcz).

Kontynuowane i intensyfikowane będą prace w niezwykle dynamicznie rozwijającej się ostatnio dziedzinie mikrosystemów. Obejmować one będą projektowanie, modelowanie, symulację i testowanie nowego typu mikroczytników, w tym półprzewodnikowych czujników

inteligentnych, a także opracowywanie protokołów i interfejsów na potrzeby bezprzewodowej transmisji sygnałów czujnikowych. Część planowanych badań będzie realizowana w ramach pozyskanego ostatnio projektu rozwojowego.

Instytut będzie nadal silnie zaznaczać swoją obecność w badaniach prowadzonych w ramach długoletniej współpracy z ośrodkami CERN, DESY i innymi zagranicznymi ośrodkami badawczymi w zakresie zastosowań techniki mikrofalowej, światłowodowej i akceleratorowej w eksperymentach fizyki wysokich energii. Program tych badań jest bardzo szeroki i obejmuje prace nad rozproszonymi systemami pomiarowymi i układami na potrzeby eksperymentów fizyki wysokich energii, terabitowymi internetowymi łączami optycznymi, systemami elektronicznymi i fonicznymi dla lasera na swobodnych elektronach oraz systemami osadzonymi i optyczną transmisją multigigabitową.

Rozwijane będą także badania w dziedzinie metod sztucznej inteligencji i ich zastosowań w praktyce. Znaczący potencjał kadrowy i badawczy w tej szczególnej dla profilu badawczego Instytutu dziedzinie rokuje nadzieję, że problematyka metod ewolucyjnych, układów samouczących się, uczenia się ze wzmacnianiem, metod pozyskiwania wiedzy, sieci neuronowych, statystycznych metod uczenia maszynowego oraz bioinformatyki będzie w nim dalej intensywnie rozwijana.

Wyrażamy nadzieję, że te ambitne plany badawcze i uzyskane w ich ramach rezultaty stanowiąc będą dalszy trwały wkład Instytutu w rozwój polskiej myśli naukowej w dziedzinie elektroniki.

Zakład Teorii Obwodów i Sygnałów

Kierownik Zakładu — dr hab. Marek Nałęcz

W skład Zakładu wchodzi następujące zespoły naukowo-badawcze:

- **Zespół Adaptacyjnych Systemów Przetwarzania Informacji**, kierowany przez profesora Anatolija Płatonowa,
- **Zespół Cyfrowych Metod Przetwarzania Sygnałów**, kierowany przez profesora Jerzego Szabatina,
- **Zespół Metod Detekcji, Estymacji i Przetwarzania Sygnałów**, kierowany przez doktora hab. Marka Nałęcza,
- **Zespół Technik Radiolokacyjnych**, kierowany przez profesora Krzysztofa Kulpe.

Jak na to wskazuje już sama nazwa Zakładu, reprezentowana w nim tematyka badawcza skupia się wokół dwóch uzupełniających się wątków: obwodowego i sygnałowego. Teoria obwodów, jako dyscyplina naukowa, jest obecnie uważana przez wielu badaczy za dyscyplinę zamkniętą, a przez to mało interesującą, w której od dziesiątków lat nie osiągnięto znaczących rezultatów teoretycznych i praktycznych. Obraz ten jest jednak z gruntu fałszywy — teoria obwodów przeżywa obecnie drugą młodość. W połączeniu z najnowszymi osiągnięciami technologicznymi i z innymi dziedzinami nauki, przed teorią obwodów otwierają się ostatnio nowe szerokie perspektywy rozwoju. Ilustracją tego mogą być choćby trzy wybrane charakterystyczne przykłady.

W 1971 roku profesor Leon Chua z Berkeley University odkrył na drodze czysto myślowej spekulacji memrystor — nieznaną dotąd podstawowy element elektroniczny, opisany związkiem między strumieniem magnetycznym i ładunkiem elektrycznym. Przez wiele lat uchodził on za „akademicką” ciekawostkę i powoli popadał w zapomnienie, aż do chwili, gdy w 2008 roku naukowcy z HP Labs, pracujący pod kierunkiem Stana Williamsa, odkryli, że bardzo cienka (nanometrowa) warstwa tlenku tytanu IV, umieszczona między elektrodami platynowymi, zachowuje się dokładnie tak jak memrystor. Wyniki swojej pracy opublikowali w prestiżowym czasopiśmie *Nature*. Zainspirowało to ponownie profesora Chuę i jego współpracowników, którzy w sierpniu 2009 roku odkryli kolejne nieznanne dotąd elementy elektroniczne. Są to: kondensator o pojemności zależnej od strumienia i cewka o indukcyjności zależnej od ładunku. Elementy te mogą w przyszłości posłużyć np. do konstrukcji komputerów, które wyłączają się od razu, bez „zamykania” systemu operacyjnego i które potem włączają się w ułamku sekundy.

Inne spektakularne osiągnięcie teorii obwodów w ostatnich latach związane jest z ... wyścigami Formuły 1. Otóż w 2002 roku profesor Smith (z Uniwersytetu Cambridge) odkrył i opatentował inerter — nowy element mechaniczny. Należy tu podkreślić, że odkrycie to

wynikało z przesłanek teorii obwodów. Rok później przedstawiciele stajni wyścigowej McLaren zainteresowali się możliwością wykorzystania tego elementu w zawieszeniu bolidów wyścigowych. Zachowywana w ścisłej tajemnicy współpraca między firmą McLaren a profesorem Smithem trwała przez cały rok 2004, kiedy to McLaren ogłosił, dla zmylenia konkurencji, że pracuje nad tzw. J-damperem, czyli „amortyzatorem typu J”. Była to typowa zasłona dymna, bowiem inerter amortyzatorem nie jest, a „J” było losowo wybraną literą alfabetu. W 2005 roku, podczas pierwszego zastosowania J-dampera w wyścigu Formuły 1 o Grand Prix Hiszpanii, Kimi Raikkonen na McLarenie wygrał bezapelacyjnie. W 2006 roku inne stajnie próbowały system ten naśladować, a skutkiem tych starań była największa afera szpiegowska Formuły 1 ostatnich lat.

Trzecim przykładem kierunku dalszego rozwoju badań współczesnej teorii obwodów, blisko związanym z trudnymi i nowoczesnymi działami matematyki wyższej, jest modelowanie tak podstawowych elementów elektronicznych, jak kondensatory i cewki indukcyjne. Okazuje się, że w przypadku nowoczesnych kondensatorów o wielkich pojemnościach oraz elementów pracujących przy skrajnie wysokich napięciach, prąd wcale nie jest (jak tego uczymy) proporcjonalny do pochodnej napięcia. Związek ten jest znacznie bardziej skomplikowany i wyraża się tzw. pochodną rzędu ułamkowego. Właściwości takich pochodnych są obecnie w fazie intensywnych badań na gruncie zaawansowanej matematyki teoretycznej.

Również w przypadku teorii sygnałów, stanowiącej drugą i obecnie dominującą część działalności naukowej Zakładu, jej rozwój na świecie w ostatnich latach nic nie stracił na swej dynamice. W kontekście specyfiki działań Zakładu należy podkreślić zwłaszcza fakt występowania silnego dodatniego sprzężenia zwrotnego między rosnącymi wymaganiami zastosowań praktycznych i stale zwiększającą się mocą obliczeniową urządzeń używanych do przetwarzania sygnałów. Do urządzeń tych należy zaliczyć w ostatnich latach układy logiki programowalnej, specjalizowane procesory sygnałowe i nowoczesne platformy wielordzeniowe. Odpowiednie wykorzystanie tych technologii pozwala na praktyczną implementację w czasie rzeczywistym coraz bardziej złożonych algorytmów przetwarzania sygnałów, w tym algorytmów filtracji nieliniowej i adaptacyjnych metod przetwarzania sygnałów.

Najważniejsze osiągnięcia naukowe Zakładu w ostatnich latach związane były właśnie z praktyczną realizacją złożonych algorytmów przetwarzania sygnałów radiolokacyjnych. Prace te są prowadzone w dwóch zespołach naukowo-badawczych: Zespole Metod Detekcji, Estymacji i Przetwarzania Sygnałów, kierowanym przez dr. hab. Marka Nałęcz, oraz Zespole Technik Radiolokacyjnych, kierowanym przez profesora Krzysztofa Kulpę. Są one pokłosiem realizowanego w latach 1995–2002, we współpracy z krajowym przemysłem radiolokacyjnym, rządowego programu strategicznego LOARA. W wyniku prac w ramach tego programu, które prowadzone były pod kierunkiem profesora Andrzeja Wojtkiewicza, został zrealizowany w Zakładzie i wdrożony do produkcji pierwszy polski, a zarazem jeden z pierwszych na świecie, tzw. radar programowy. Zebrane wówczas doświadczenia zostały wykorzystane w latach 2003–2004 przy konstrukcji pierwszego polskiego radaru lotniczego z syntetyczną aperturą (SAR) (prof. Krzysztof Kulpa) oraz przy konstrukcji nowatorskich wielowiązkowych radarów wykorzystujących wielokanałową filtrację dopplerowską, w celu poprawy wykrywalności obiektów na tle zakłóceń (dr hab. Marek Nałęcz). Opracowane stacje radiolokacyjne okazały się konkurencyjne nie tylko na rynku krajowym, a unikatową cechą prac prowadzonych w Zakładzie było doprowadzenie tych wyrobów aż do fazy ich wdrożenia do produkcji przemysłowej. Oprócz prac wdrożonych, duże znaczenie miały także prace zakończone wprawdzie na etapie modelu czy demonstratora urządzenia, ale niosące duży ładunek teoretyczny i unikatowe w skali światowej rozwiązania. Trzeba tu wymienić przede wszystkim prace nad analizą mikrodopplerowską sygnałów w radarze z falą ciągłą (dr hab. Marek Nałęcz, dr Jacek Misiurewicz, dr Rafał Rytel-Andranik) oraz nad konstrukcją bistatycznych radarów pasywnych, nieemitujących własnego promieniowania elektromagnetycznego, a korzystających z obcych źródeł emisji (prof. Krzysztof Kulpa, dr Mateusz Malanowski). Ostatnio podjęto w Zakładzie także badania nad radarami wykorzystującymi sygnały o charakterze szumowym (prof. Krzysztof Kulpa). Na kanwie badań o tematyce radiolokacyjnej umacniał się też dorobek formalny pracowników Zakładu. Wyrazem tego są dwie habilitacje (dr hab. Marek Nałęcz — w 2007 roku i prof. Krzysztof Kulpa — w 2009 roku) oraz trzy wyróżnione doktoraty (Rafał Rytel-Andranik — w 2005 roku, Mateusz Malanowski — w 2009 roku i Piotr Samczyński — w 2010 roku). W ostatnim czasie w Zakładzie rozwijane są także badania, związane ściśle z przetwarzaniem sygnałów radarowych i biomedycznych, a doty-

czące wykorzystania nowoczesnych platform, zawierających od kilku, aż do tysiąca rdzeni obliczeniowych w pojedynczym systemie,

Bardzo ważną gałąź działalności naukowej Zakładu w ostatnich latach stanowi tematyka projektowania analogowo-cyfrowych adaptacyjnych systemów estymacji, a w szczególności inteligentnych cyklicznych przetworników analogowo-cyfrowych. Badania w tym obszarze tematycznym są prowadzone w Zespole Adaptacyjnych Systemów Przetwarzania Informacji kierowanym przez profesora Anatolija Płatonowa. Rezultaty analizy teoretycznej tych przetworników, potwierdzone pomiarami rzeczywistego, zrealizowanego w Zespole prototypowego systemu, wskazują na ich duże potencjalne możliwości zastosowań. Rozwijane podejście jest nowatorskie w skali światowej i spotyka się z dużym zainteresowaniem na konferencjach międzynarodowych. Inteligentne przetworniki zdolne są np. do wyodrębnienia i konwersji składowych użytecznych w wejściowych sygnałach występujących wraz z pasywnymi składowymi harmonicznymi. Badania teoretyczne wykazały, że analogiczne metody projektowania mogą znaleźć zastosowanie do idealnych systemów bezprzewodowej transmisji z kanałem zwrotnym, pracujących z efektywnością bliską teoretycznej granicy Shannona. Również i ten nurt badań naukowych znalazł uwierścienie w habilitacji (prof. Anatolij Płatonow — w 2007 roku) oraz doktoracie (Jakub Jasnos — w 2007 roku).

Do ważnych osiągnięć naukowych Zakładu należy także zaliczyć zaawansowane prace nad zastosowaniami metod przetwarzania sygnałów w cyfrowych systemach telekomunikacyjnych. Prace te są prowadzone w Zespole Cyfrowych Metod Przetwarzania Sygnałów, kierowanym przez profesora Jerzego Szabatina. Dotyczyły one m.in. wykorzystania transmisji DS-CDMA w systemach radiowej identyfikacji obiektów oraz synchronizacji systemów radiokomunikacji ruchomej z transmisją OFDM. Oba te zagadnienia zostały rozwiązane w unikalny na skalę światową sposób i uwierczone rozprawami doktorskimi obronionymi z wyróżnieniem (Gustaw Mazurek — w 2009 roku i Magdalena Purchla-Malanowska — w 2010 roku).

Z przytoczonego przeglądu najważniejszych osiągnięć badawczych Zakładu w ostatnim dziesięcioleciu wynika wyraźnie, że są one związane głównie z jego „sygnałową”, a nie „obwodową” nitką działalności i są w znaczącym stopniu stymulowane zastosowaniami praktycznymi. Jest to zresztą zgodne ze światowymi tendencjami w tych dziedzinach. Można jednak wyrazić nadzieję, że kierunek związany z teorią obwodów i jej głębszymi podstawami matematycznymi będzie również w najbliższej przyszłości przedmiotem aktywności naukowej pracowników Zakładu.

Zakład Mikrosystemów i Systemów Pomiarowych

Kierownik Zakładu — profesor Ryszard Jachowicz

Działalność Zakładu Mikrosystemów i Systemów Pomiarowych w obszarze elektroniki jest ściśle związana z zastosowaniami elektroniki w dziedzinie metrologii i systemów pomiarowych. Z tego względu szczegółowe informacje o Zakładzie, jego profilu badawczym i osiągnięciach znajdzie Czytelnik w eseju pt. *Automatyka, robotyka i metrologia*.

Zakład Układów i Systemów Elektronicznych

Kierownik Zakładu — profesor Leszek Opalski

Zakład Układów i Systemów Elektronicznych składa się z następujących zespołów:

- **Zespołu Analogowych Układów Elektronicznych**, kierowanego przez profesora Jana Ogrodzkiego,
- **Zespołu Układów i Aparatury Impulsowej i Cyfrowej**, kierowanego przez doktora hab. Tomasza Stareckiego,
- **Zespołu Systemów Cyfrowych i Przetwarzania Sygnałów**, kierowanego przez profesora Tomasza Adamskiego,
- **Zespołu Aparatury Biocybernetycznej**, kierowanego przez profesora Antoniego Grzanekę.

Prace badawcze prowadzone przez Zakład obejmują problematykę projektowania, analizy i optymalizacji układów, aparatury i systemów elektronicznych, zarówno analogowych, jak i cyfrowych, o różnej skali integracji, różnej złożoności i różnym zastosowaniu. W Zakładzie rozwijane są także badania w zakresie projektowania i konstrukcji aparatury cybernetycznej oraz kryptografii, ochrony informacji, bezpieczeństwa danych i informatyki śledczej.

Poszczególne wątki tematyczne są rozwijane w wymienionych wyżej zespołach naukowo-badawczych Zakładu.

■ Zespół Analogowych Układów Elektronicznych

Charakteryzując krótko stan wiedzy w obszarze tematycznym będącym domeną Zespołu, należy podkreślić, że współczesne projektowanie złożonych wyrobów, w tym także układów i systemów elektronicznych, posługuje się skomplikowanymi modelami badanych zjawisk i stosowanych procesów wytwarzania po to, by możliwie dobrze przewidzieć właściwości powstającego produktu, a więc nie ponieść strat na poprawki, skrócić czas opracowywania (*time to market*) i uzyskać dużą powtarzalność wyrobów, co jest cechą produktów o wysokiej jakości. Automatyzacja poprawy jakości na etapie projektowania jest przedmiotem zainteresowania Zespołu od wielu lat. Zespół miał swój wkład w rozwój narzędzi CAD (symulacji i optymalizacji układów i systemów elektronicznych), a obecnie wykorzystuje swoje kompetencje do rozwoju metod modelowania i projektowania systemów mieszanych, czyli analogowo-cyfrowych, elektrycznych, chemicznych, mechanicznych oraz układów przełączanych. Takie właśnie systemy sprawiają, że urządzenia elektroniczne są wszechobecne w działalności człowieka, poprawiając m.in. bezpieczeństwo i jakość życia ludzi. W ostatnich latach duży nacisk w światowych badaniach nad automatyzacją procesu projektowania został położony na rozwój algorytmów optymalizacji wielokryterialnej, które uzyskują szybką poprawę miary jakości w sytuacji, gdy model projektowanego systemu może być wyznaczony niezbyt dokładnie (np. przez rozwiązywanie dużych układów równań różniczkowych), a pojedyncza symulacja wymaga bardzo dużych nakładów obliczeniowych. Znane są spektakularne zastosowania algorytmów tego typu do projektowania elementów samolotów, turbin, skomplikowanych elementów techniki mikrofalowej, ale oczekuje się dalszego postępu — by sprostać nowym wyzwaniom projektowym. Zespół ma osiągnięcia w opracowaniu i wdrożeniu algorytmów tego typu.

W sytuacji aktualnego zagrożenia środowiska naturalnego wielkiego znaczenia nabierają systemy elektroniczne z czujnikami chemicznymi do automatycznego pomiaru czystości wody, powietrza itp. Kraje UE zostały zobowiązane przez tzw. Ramową Dyrektywę Wodną do działań, które przywrócą do 2015 roku „dobry stan wód”. Zespół odpowiedział na to wyzwanie włączając się w rozwój metod pomiarowych i projektowania urządzeń umożliwiających pomiar *on-line* parametrów wody przy wykorzystaniu czujników *in situ*, a także satelitarnych środków obserwacji powierzchni Ziemi. Wyrazem tego jest aktywny udział Zespołu w jednym projekcie krajowym i dwóch projektach europejskich SEWING (5. PR UE) i WARMER (6. PR UE).

Do dorobku naukowego Zespołu uzyskanego w toku prac nad wymienionymi projektami europejskimi należy: opracowanie metod i algorytmów fuzji danych pomiarowych z zestawów potencjometrycznych czujników zawartości jonów w wodzie, opracowanie modeli czujników chemicznych i stanowiska pomiarowego (PW-uLFA) do charakteryzacji czujników oraz opracowanie procedur pomiarowych i oprogramowania realizującego metodykę fuzji danych pomiarowych *on-line* w przenośnych systemach pomiarowych stężeń jonów w wodzie. Opracowanie (we współpracy z partnerami z Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej i Uniwersytetu Katalońskiego w Barcelonie) oryginalnych metod pomiaru jonów w wodzie za pomocą czujników potencjometrycznych i techniki wstrzykowej (*Sequential Injection Analysis*) oraz wykorzystanie odpowiedzi czasowej sensorów i odpowiednich algorytmów przetwarzania danych umożliwiło pomiar stężeń wybranych jonów w obecności silnych zakłóceń ze strony postronnych jonów, obecnych w wodach naturalnych.

Prace naukowe Zespołu dotyczyły również badania zjawiska metastabilności, objawiającego się m.in. dłuższym czasem odpowiedzi układów cyfrowych, wskutek niekorzystnej koincydencji sygnałów sterujących. Stanowi to poważny problemem przy konstrukcji i eksploatacji asynchronicznych układów cyfrowych i synchronizatorów. W Zespole opracowano nową metodą modelowania zjawiska metastabilności. Zrealizowano ponadto (w ramach przygotowywanej pracy doktorskiej) stanowisko pomiarowe do badania metastabilności przerzutników.

Prace nad teorią, rozwojem i zastosowaniami symulatorów układów elektronicznych analogowych i cyfrowych są prowadzone w Zespole od 30 lat. W ich wyniku powstały dwie znaczące monografie: *Komputerowa analiza układów elektronicznych* (PWN) oraz *Circuit*

Simulation Methods and Algorithms (CRC Press, New York). Opracowano ponadto symulator układów elektronicznych OPTIMA z językiem opisu HDL. W ostatnich latach opracowano kierowany zdarzeniami symulator układów cyfrowych SYMULAK oraz środowisko do komputerowego projektowania przełączanych układów elektronicznych mocy. Zawiera ono m.in. oryginalne produkty Zespołu: symulator SWITCH i narzędzie do optymalizacji wielokryterialnej SCAD.

W Zespole są od wielu lat rozwijane metody i algorytmy projektowania układów elektronicznych pod kątem kryteriów jakości, z zastosowaniem optymalizacji jedno- i wielokryterialnej. Do ważniejszych osiągnięć należy oprogramowanie GOSSIP (powstałe we współpracy z Texas A & M University), przeznaczone do projektowania systemów elektronicznych pod kątem statystycznych kryteriów jakości. W ostatnich latach Zespół podjął wyzwanie opracowania algorytmu optymalizacji wielokryterialnej do wspomagania projektowania systemów o małej liczbie zmiennych decyzyjnych, który cechuje się dużą początkową szybkością zbieżności w przypadku wykorzystywania intensywnych obliczeniowo modeli projektowanego systemu o ograniczonej dokładności. Algorytm ten został wdrożony w komercyjnym oprogramowaniu do projektowania urządzeń mikrofalowych (jako QW-OptimizerPlus).

■ Zespół Układów i Aparatury Impulsowej i Cyfrowej

Przedmiotem aktywności badawczej Zespołu są dwa główne wątki tematyczne. Pierwszym z nich jest generacja i rejestracja ultraszybkich impulsów elektrycznych. Źródłem najszybszego opisanego w literaturze sygnału elektrycznego (o czasie narastania około 0,5 ps) są przełączniki optyczne wykorzystujące specjalne instalacje laserowe. Inne współczesne techniki generacji ultraszybkich impulsów elektrycznych są oparte m.in. na układach tranzystorowych (czasy narastania około 10 ps), tranzystorach lawinowych (100 ps przy amplitudzie rzędu 1kV), czy diodach tunelowych (kilka ps).

W zakresie rejestracji sygnałów opisano m.in. oscyloskop próbkujący stroboskopowy o paśmie zastępczym 100 GHz, rejestrator elektrooptyczny oparty na instalacji laserowej z pasmem zastępczym około 1,7 THz, a także laboratoryjne układy próbkujące z pasmem zastępczym około 700 GHz.

W zespole Układów i Aparatury Impulsowej i Cyfrowej powstają tanie, oparte na łatwo dostępnych technologiach, układy i przyrządy do generacji szybkich impulsów (m.in. generatory z tranzystorem lawinowym 150 ps, 15 V; generatory z diodami lawinowymi 100 ps, 15 V) oraz układy i przyrządy do rejestracji impulsów (m.in. oscyloskop próbkujący z pasmem około 5 GHz, precyzyjne układy odmierzania czasu z rozdzielczością subpikosekundową oraz układy podstawy czasu do próbkowania przypadkowego). Pracownicy Zespołu opracowali także różne nietypowe i tanie przyrządy pomiarowe, jak np. miernik małych pojemności (poniżej 0,1 pF) i indukcyjności (do około 2 nH), miernik częstotliwości granicznej tranzystorów bipolarnych, bolometryczny miernik napięcia skutecznego TRUE-RMS na pasmo 500 MHz, miernik typu TDR do linii abonenckiej DSL i dwupunktowe generatory LC z dużym zakresem strojenia częstotliwości. Obecnie zespół pracuje nad systemem rejestracji szybkich niepowtarzalnych impulsów elektrycznych.

Drugim obszarem tematycznym będącym przedmiotem intensywnych badań Zespołu jest fotoakustyka. Współczesne zastosowania fotoakustyki, czyli techniki pomiarowej, która wykorzystuje akustyczną odpowiedź substancji na ich pobudzenie światłem, obejmują m.in. analizę zjawisk relaksacyjnych w gazach i ciałach stałych, reakcji chemicznych i zjawisk fotochemicznych, badania procesów termicznych, przejść fazowych i zjawisk sorpcyjnych, pomiary grubości, analizy powierzchni i warstw podpowierzchniowych, czy nawet mikroskopię i tomografię. Ze względu na nieniszczący charakter pomiarów, fotoakustyka ma bardzo szerokie możliwości wykorzystania w medycynie i biologii. Przykładowymi, zweryfikowanymi doświadczalnie zastosowaniami fotoakustyki w tych dziedzinach są badania materiałów roślinnych, bakterii, krwi, tkanek oraz leków w tkankach, procesów dojrzewania, a nawet soczewek ludzkiego oka. Fotoakustyka wykorzystywana jest zarówno do analiz ilościowych konkretnych związków, a zwłaszcza do detekcji ich śladowych ilości, jak i do jakościowych badań składu substancji.

Zespół zajmuje się opracowywaniem nowych metod realizacji pomiarów fotoakustycznych, konstrukcją oraz optymalizacją systemów i pojedynczych elementów przyrządów fotoakustycznych, algorytmów detekcji sygnału fotoakustycznego itp. Znacząca część prac jest

poświęcona opracowywaniu nowych rozwiązań fotoakustycznych komór pomiarowych i ich modelowaniu. Rezultatem intensywnych badań w dziedzinie fotoakustyki była rozprawa habilitacyjna *Wybrane aspekty optymalizacji przyrządów fotoakustycznych* dr. hab. Tomasza Stareckiego obroniona w 2010 roku.

■ Zespół Systemów Cyfrowych i Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów

Wśród najważniejszych obszarów badawczych będących w polu zainteresowania członków Zespołu w okresie ostatnich 10 lat należy wymienić: przetwarzanie sygnałów losowych, badanie zjawisk losowych w układach i systemach elektronicznych, w tym ditheringu i zjawisk typu jitteru i wanderingu, rozwiązywanie problemów źle postawionych, reflektometrię czasową oraz problematykę kryptografii, ochrony informacji i bezpieczeństwa danych.

W ramach badań ditheringu i zjawisk jitteru i wanderingu w układach i systemach elektronicznych opracowano w Zespole system korekcji jitteru i głowic próbkujących dla szerokopasmowych systemów pomiarowych z próbkowaniem, m.in. oscyloskopu szerokopasmowego PZ-1079-2. Opracowano także nowe metody poprawy dokładności systemów z ditheringiem i zastosowano zjawisko jitteru i ditheringu w nowoczesnych zasilaczach impulsowych.

Liczne prace Zespołu dotyczyły metod rozwiązywania problemów źle postawionych i zastosowania w tym celu algorytmów regularyzacji. Problematyka ta była przedmiotem badań w aspekcie zastosowań w metrologii i w komputerowych systemach pomiarowych, a także w cyfrowym przetwarzaniu sygnałów i przetwarzaniu obrazu.

Prowadzono także badania nad reflektometrią czasową TDR i identyfikacją metodami reflektometrycznymi układów o stałych rozłożonych. Zakończony został m.in. projekt realizowany dla firmy amerykańskiej, którego wynikiem był system TDR do testowania kabla telefonicznego i system pomiaru parametrów kabla telefonicznego.

Przedmiotem intensywnych prac Zespołu jest kryptografia i ochrona informacji, w tym rozwój i zastosowanie metod matematycznych w kryptografii, w szczególności metod algebraicznych, teorioliczbowych i probabilistycznych. Badania w tym obszarze tematycznym dotyczą w przede wszystkim systemów kryptograficznych z kluczem publicznym opartych na wykorzystaniu krzywych eliptycznych i hipereliptycznych. Koncentrują się one obecnie na systemach odpornych na ataki za pomocą komputerów kwantowych, takich jak systemy oparte na teorii krat teorioliczbowych i kodów korekcyjnych. Poszukiwane są także rozwiązania układowe w kryptografii. W ramach rozprawy doktorskiej (mgr Krzysztof Gołofit) prowadzone są prace nad rozwiązaniami układowymi w postaci szybkich sieci systolicznych odpornych na ataki typu „power attack”.

Bardzo dynamicznie rozwija się ostatnio działalność edukacyjna Zespołu związana z bezpieczeństwem systemów komputerowych i polityką bezpieczeństwa komputerowego. Pracownicy Zespołu prowadzą m.in. kursy z zakresu audytu informatycznego (dr Magdalena Szeżyńska) oraz kursy dla przemysłu prowadzone wspólnie z firmą Kerberos (prof. Tomasz Adamski).

Zespół prowadził również prace nad projektowaniem generatorów bitów i liczb losowych ze szczególnym uwzględnieniem bezpieczeństwa kryptograficznego tych generatorów. Opracowano szereg generatorów własnych wykorzystujących jitter, chaos i najnowsze koncepcje teoretyczne z zakresu stochastycznej teorii układów dynamicznych. Część badań w tym zakresie była prowadzona we współpracy z Instytutem Radioelektroniki Politechniki Warszawskiej. Generatory były starannie testowane i ich jakość nie odbiegała od poziomu światowego.

Wspólnie z Instytutem Radioelektroniki prowadzone są badania w dziedzinie bezpiecznych bezprzewodowych sieci sensorowych z ograniczoną silnie mocą zasilania. Uzyskane w tej tematyce wyniki były prezentowane na szeregu konferencjach międzynarodowych, budząc powszechne zainteresowanie.

■ Zespół Aparatury Biocybernetycznej

Badania prowadzone przez Zespół Aparatury Biocybernetycznej, kierowany przez profesora Antoniego Grzankę, mają charakter wybitnie interdyscyplinarny i koncentrują się na projektowaniu i realizacji układów i systemów elektronicznych dedykowanych wyraźnie zastosowaniom w dziedzinie inżynierii biomedycznej. Informacje o Zespole i jego osiągnięciach zamieszczamy zatem w eseju pt. *Inżynieria biomedyczna i jądrowa*.

Zakład Układów i Aparatury Mikrofalowej

Kierownik Zakładu — profesor Janusz Dobrowolski

Zakład Układów i Aparatury Mikrofalowej od niemal czterdziestu lat prowadzi działalność naukowo-badawczą i dydaktyczną w zakresie teorii i praktycznych zastosowań techniki mikrofalowej.

Od lat siedemdziesiątych w Zakładzie Układów i Aparatury Mikrofalowej są prowadzone prace poświęcone metodom i systemom do pomiaru parametrów szumowych oraz parametrów rozproszenia mikrofalowych elementów aktywnych, takich jak tranzystory BJT, MESFET, HEMT i MOSFET. Obecnie w Zakładzie Układów i Aparatury Mikrofalowej jest prowadzony projekt badawczy *Statystyczna metoda szerokopasmowej kalibracji wektorowych analizatorów obwodów oparta na parametrycznym modelowaniu wzorców*. Jego celem jest udoskonalenie kalibracji wektorowych analizatorów obwodów, zwłaszcza w zakresie małych i bardzo wielkich częstotliwości. Opiera się na zastosowaniu wzorców impedancji o dużym współczynniku odbicia. Model systemu pomiarowego uwzględnia zarówno związki zachodzące między wynikami pomiaru wzorców na każdej częstotliwości, jak i podobne związki między pomiarami na różnych częstotliwościach.

Od początku istnienia Zakładu prowadzono prace nad biernymi elementami i układami mikrofalowymi, ze szczególnym naciskiem na filtry mikrofalowe. Już w latach siedemdziesiątych projektowano i realizowano filtry z rezonatorami dielektrycznymi, filtry palczaste i grzebieniowe oraz filtry planarne w technologii MUS na różnych podłożach, w tym Al_2O_3 . Intensywnie rozwijano również metody analizy elektromagnetycznej struktur rezonansowych oraz metody pomiaru parametrów materiałów. W latach osiemdziesiątych realizowano wiele projektów obejmujących projektowanie i wykonanie filtrów, rezonatorów sprzęgaczy i innych elementów mikrofalowych do aparatury naukowo-badawczej i oraz przemysłowej. W ostatnim dziesięcioleciu kierunki badań koncentrują się na mikrofalowych filtrach szerokopasmowych.

Od 2001 roku Zakład prowadzi współpracę z Instytutem naukowo-badawczym DESY w Hamburgu. Najważniejsze dziedziny współpracy obejmują konstruowanie układów analogowych i mikrofalowych na potrzeby systemów sterowania akceleratorami oraz opracowywanie rozwiązań układowych tzw. „front-end”, na styku nowoczesnych szybkich układów cyfrowych i układów analogowych.

W Zakładzie opracowywane są także nowoczesne układy analogowe na potrzeby współczesnych systemów cyfrowych z wykorzystaniem standardu telekomunikacyjnego ATCA jako platformy do budowy systemów sterujących akceleratorami.

Do najważniejszych osiągnięć naukowych Zakładu w ostatnich latach należą:

- Rozprawa doktorska dr. inż. Krzysztofa Czuby pt. *RF Phase Reference Distribution System for the Tesla Technology Based Projects* (2007).
- Rozprawa habilitacyjna dr. hab. Adama Abramowicza pt. *Filtry mikrofalowe w systemach radiokomunikacyjnych* (2008).
- Rozprawa doktorska dr. inż. Arkadiusza Lewandowskiego pt. *Multi-frequency Approach to Vector-Network-Analyzer Scattering Para-meter Measurements* (2010).
- Monografia prof. dr hab. Janusza Dobrowolskiego pt. *Microwave Network Design Using Scattering Matrix* (Artech House, Boston–London 2010).
- Opracowanie i zrealizowanie wspólnie z DESY projektu systemu generatora wzorcowego (*Master Oscillator*) i systemu dystrybucji sygnałów odniesienia dla akceleratora FLASH. Główna częstotliwość wykorzystywana w akceleratorze FLASH, 1300 MHz jest uzyskiwana za pomocą generatora stabilizowanego rezonatorem dielektrycznym objętego pętlą fazową. Uzyskano znakomite parametry generowanych sygnałów. Poziomy szumów fazowych w sygnale o częstotliwości 1,3 GHz wynosi około -105 dBc dla 100 Hz i -140 dBc dla 10 kHz odległości od częstotliwości nośnej. Takie poziomy szumów zapewniają jitter fazy rzędu 30 fs, obliczony jako całka z szumów fazowych w zakresie częstotliwości od 10 Hz do 1 MHz. Tak wysoka stałość krótkoterminowa sygnału jest jednym z czołowych wyników w skali światowej w systemach synchronizacji akceleratorów.
- Opracowanie i zrealizowanie wspólnie z DESY kart wielokanałowych układów przemiału częstotliwości na częstotliwości 1300 MHz, 3000 MHz oraz 3900 MHz. Bardzo wy-

soka liniowość przetwarzania sygnałów, niskie poziomy szumów oraz bardzo małe wartości przesłuchów międzykanałowych umożliwiają uzyskanie przez system sterowania akceleratora FLASH bardzo wysokiej precyzji sterowania polem elektromagnetycznym w rezonansowych wnękach przyspieszających cząstki elementarne.

- Opracowanie kart AMC z układami precyzyjnych generatorów sygnałów zegarowych oraz modulatorem wektorowym, a także opracowanie rozwiązań do rozprowadzania sygnałów analogowych i wielkiej częstotliwości wewnątrz kaset standardu ATCA. Zaprojektowane urządzenia posłużyły do pierwszej w świecie demonstracji sterowania polem w nadprzewodzących wnękach rezonansowych akceleratora wykonanej wspólnie z naukowcami z DESY, Politechniki Łódzkiej oraz Instytutu Problemów Jądrowych w Świerku.

Zakład Sztucznej Inteligencji

Kierownik Zakładu — profesor Jan Mulawka

Zakład Sztucznej Inteligencji składa się z 3 zespołów naukowo-badawczych:

- **Zespołu Bioinformatyki**, kierowanego przez profesora Jana Mulawkę,
- **Zespołu Statystycznych Układów Uczących się**, kierowanego przez doktora inż. Stanisława Jankowskiego,
- **Zespołu Zastosowań Sztucznej Inteligencji**, kierowanego przez profsora Jarosława Arabasa.

Zakład Sztucznej Inteligencji powstał w wyniku przekształcenia w Zakład Samodzielnej Pracowni Sztucznej Inteligencji, której początki sięgają 1992 roku. Pracownia ta skupiła młodych badaczy zajmujących się różnymi zagadnieniami sztucznej inteligencji, głównie inspirowanymi przez naturę rozumianą w szerokim sensie. Przesłanką do podjęcia badań nad tą problematyką było przenikanie do dziedziny informatyki i elektroniki wątków takich nauk przyrodniczych, jak biologia, medycyna, chemia, biochemia, a nawet tak odległej nauki jak filozofia. Ścisłej mówiąc, badania w tym zakresie miały na celu próbę zbudowania nowego rodzaju maszyn obliczeniowych, których działanie jest oparte na koncepcjach zaczerpniętych z wymienionych nauk.

W początkowym okresie swego rozwoju Pracownia zajmowała się systemami ekspertowymi i przetwarzaniem symbolicznym. Tematyka ta została następnie poszerzona o sztuczne sieci neuronowe i algorytmy genetyczne. Atrakcyjność tej tematyki i element „nowości” przyciągnął do Pracowni liczne grono uzdolnionych doktorantów, którzy przyczynili się do szybkiego rozwoju tej dziedziny wiedzy na Wydziale, a szerzej także całej Uczelni. Dużą rolę w intensyfikacji prac badawczych odegrały tutaj liczne granty KBN i granty promotorskie realizowane przez pracowników i doktorantów skupionych wokół Pracowni.

Mocnym akcentem zaznaczył się kierunek poświęcony metodom ewolucyjnym. Opracowano w tym zakresie kilka nowych metod i algorytmów, obroniono kilka prac doktorskich oraz wprowadzono tę tematykę do dydaktyki. Wiele interesujących wyników uzyskano w zakresie rozwoju obliczeń opartych na sieciach neuronowych. Badania te zaowocowały kilkoma pracami doktorskimi. Inny nurt badawczy dotyczył algorytmów uczenia się maszyn i metod odkrywania wiedzy z baz danych. Prace te koncentrowały się głównie na opracowaniu nowych algorytmów uczenia się ze wzmocnieniem. Także i ta tematyka znalazła swoje odzwierciedlenie w programach nauczania.

W 1997 roku w kręgu zainteresowania Pracowni pojawił się nowy nurt badawczy: obliczenia na bazie DNA (tzw. *DNA computing*). Ideą było tu zbudowanie komputera molekularnego, działającego w sposób przepływowy w roztworach z cząsteczkami kwasu dezoksyrybonukleinowego (DNA). Ta dziedzina badawcza jest silnie związana z inżynierią genetyczną, a więc dziedziną wybitnie interdyscyplinarną i w sposób oczywisty jest inspirowana przez naturę. Algorytm działania takiej maszyny obliczeniowej jest całkowicie oparty na warsztacie laboratoryjnym inżynierii genetycznej i w związku z tym badania w tym zakresie wymagają dużej wiedzy z biochemii i genetyki molekularnej. Prace badawcze w tym kierunku koncentrowały się głównie na opracowaniu algorytmów implementacji (metodami *in vitro*) maszyn wnioskujących wykorzystywanych w sztucznej inteligencji, a w szczególności w systemach ekspertowych. Badania w tym zakresie przyniosły interesujące wyniki w postaci licznych publikacji o zasięgu światowym, patentów i dwóch obronionych prac dok-

torskich. Badania miały głównie charakter teoretyczny, choć podejmowano również próby doświadczeń laboratoryjnych. Nie doprowadziły one jednak do implementacji technologicznych i zastosowań praktycznych. W ostatnich latach pojawiła się nadzieja przezwyciężenia istniejących trudności, a mianowicie realizacja systemów ekspertowych w formie przepływowych laboratoriów na płycie krzemowej, tzw. *lab-on-a-chip*. Urządzenia tego typu realizowane są metodami nanotechnologii i stwarzają nadzieję na rewolucjonizację sposobu prowadzenia badań laboratoryjnych w zakresie chemii, biochemii, a także w medycynie. Należy jednak obiektywnie przyznać, że pierwsze próby wykorzystania *lab-on-a-chip*ów na potrzeby obliczeń molekularnych nie przyniosły jak dotąd zadowalających rezultatów i wdrożenie tej koncepcji w praktyce wymaga jeszcze wielu dalszych badań.

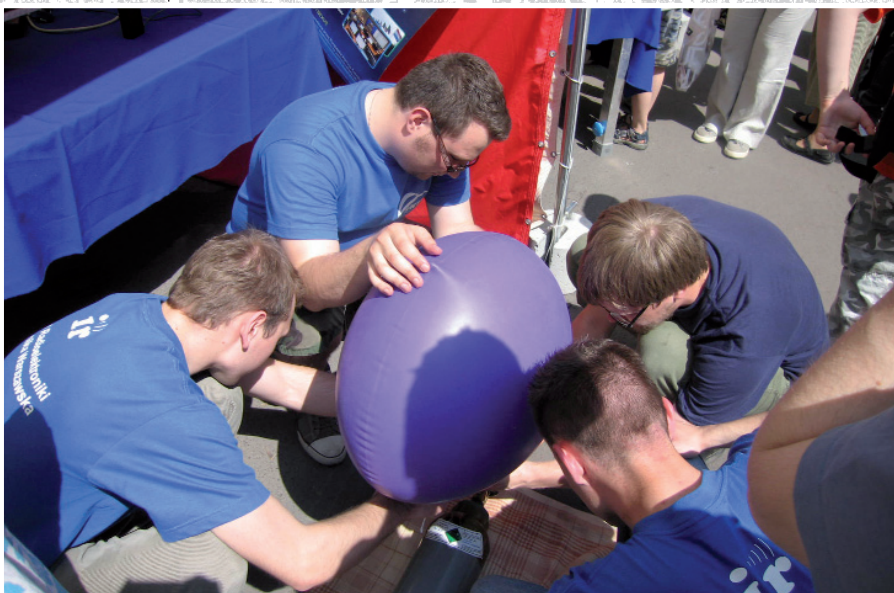
Obliczenia na bazie DNA pozwoliły na poznanie problemów obliczeniowych występujących przy obróbce danych biologicznych i medycznych, należących do problemów tzw. bioinformatyki. W tym zakresie prowadzono badania dotyczące wspomaganie projektowania sekwencji DNA kodujących rekombinowane białka, badania markerów genetycznych dla celów kryminalistyki, badania rozkładu haplotypów przy uwzględnieniu występowania niemych wariantów, jak również badania zależności statystycznych w danych pochodzących z mikromacierzy DNA.

Innym z rozwijanych tematów było odkrywanie wiedzy z medycznych baz danych. W ramach współpracy z Centrum Zdrowia Dziecka, a także Warszawskim Uniwersytem Medycznym eksplorowano różne kliniczne bazy danych z takich dziedzin jak neurologia, gastroenterologia, okulistyka i neonatologia. W rezultacie powstało wiele materiałów do opracowania nowych standardów medycznych. Wyniki badań prezentowano na różnych konferencjach.

Osobnym zagadnieniem rozwijanym w ostatnim czasie jest modelowanie działania mózgu ludzkiego. Tematyka ta jest podejmowana we współpracy z neurologami i psychiatrami i dotyczy automatycznego rozpoznawania sygnałów elektroencefalograficznych (EEG). W badaniach tych sygnałów stosuje się różne rodzaje rozkładów sygnałów, elementy analizy statystycznej i uczenia się maszyn. Prace te mają na celu zbudowanie dobrych interfejsów między mózgiem ludzkim a komputerem.

Prowadzone są także prace z zakresu zastosowań sztucznej inteligencji w metafizyce. Bliższe zapoznanie się z tą tematyką prowadzi do wniosku, że metafizyka jest nauką o czystym poznaniu rozumowym, więc jest bardzo bliska modelowaniu danych, bazom danych, bazom wiedzy i uczeniu się maszyn. Wprowadzenie do niej poszukiwań komputerowych może otworzyć nowe horyzonty badawcze.

Po przekształceniu Samodzielnej Pracowni w Zakład, co nastąpiło w 2007 roku, wymienione wcześniej kierunki badawcze są dalej kontynuowane. W Zespole Bioinformatyki trwają badania nad zagadnieniami genomiki, metabolomiki, odkrywaniem wiedzy z medycznych baz danych, modelowaniem działania mózgu, a także zastosowaniami w metafizyce. Są to badania interdyscyplinarne, obejmujące szeroki horyzont działań i wymagające przez to głębszego poznania problemów medycyny, biologii, biochemii oraz metafizyki. Zespół Zastosowań Sztucznej Inteligencji zajmuje się głównie zagadnieniami optymalizacji globalnej. Z kolei w Zespole Statystycznych Systemów Uczących się prowadzone są przede wszystkim badania nad problemami klasyfikacji. Badania we wszystkich trzech zespołach są prowadzone w ścisłej współpracy z licznymi ośrodkami badawczymi w kraju i na świecie.



telekomunikacja

Niniejszy tekst jest suplementem do tekstu opracowanego w 2001 roku z okazji jubileuszu 50-lecia Wydziału. Opisu dokonał Instytutu w latach 2000–2010 dokonano z udziałem na jego Zakłady — jak w tekście z 2001 roku — na podstawie materiałów dostarczonych przez ich kierowników.

W Instytucie jest obecnie zatrudnionych 13 profesorów i doktorów habilitowanych, 3 docentów, 34 adiunktów, 8 starszych wykładowców, a także kilku asystentów oraz rosnąca grupa młodych pracowników zaangażowanych okresowo do realizacji projektów badawczych. Ogólna liczba pracowników Instytutu w ostatniej dekadzie nie ulegała istotnym zmianom.

W latach 2001–2006 dyrektorem Instytutu był Andrzej Dąbrowski, po którym kierownictwo objął Józef Lubacz.

W związku z prowadzonymi pracami badawczymi, w ostatniej dekadzie powstało blisko 50 prac doktorskich pod kierunkiem pracowników Instytutu. W tym okresie czterech pracowników Instytutu uzyskało stopień doktora habilitowanego: Andrzej Jakubiak — w 2001 roku, Przemysław Dymarski — w 2004 roku, Witold Czarnecki — w 2010 roku, Krzysztof Perlicki — w 2010 roku. W najbliższych kilku latach spodziewane jest przeprowadzenie kilku dalszych przewodów habilitacyjnych. Tytuł profesora nauk technicznych uzyskali: Michał Pióro — w 2002 roku, Wojciech Burakowski — w 2003 roku, Jerzy Siuzdak — w 2004 roku, Andrzej Kraśniewski — w 2006 roku, Andrzej Dąbrowski — w 2007 roku, Zbigniew Kotulski — w 2008 roku.

Charakterystyczną cechą prac badawczych prowadzonych w Instytucie w ostatniej dekadzie było ich umiędzynarodowienie, wyrażające się udziałem w licznych projektach realizowanych w ramach inicjatyw europejskich i w projektach realizowanych na podstawie umów bilateralnych. Instytut niewątpliwie należy do najbardziej aktywnych jednostek pod tym względem w Politechnice Warszawskiej. Wiąże się z tym znaczący wzrost liczby publikacji naukowych w renomowanych periodykach i monografiach międzynarodowych. Instytut miał też istotny wkład w doprowadzeniu do uruchomienia i realizacji krajowych projektów badawczych o strategicznym znaczeniu dla rozwoju polskiej telekomunikacji i teleinformatyki. Należy jednak odnotować, że stopień wykorzystania potencjału badawczego Instytutu przez krajowy przemysł jest wciąż, niestety, niezadowalający.

Stosunkowo szczegółowy opis prac badawczych prowadzonych przez Instytut w ostatnich latach zawarto w specjalnym numerze *Przeglądu Telekomunikacyjnego* (nr 2/2010), wydanym z okazji jubileuszu 40-lecia Instytutu.

Poniżej skupiono się na przedstawieniu prac badawczych. Instytut jest jednostką uczelnianą, nie sposób więc nie wspomnieć, że znaczna część jego aktywności poświęcona jest kształceniu. Kształcimy w dwóch specjalnościach: **Systemy i Sieci Telekomunikacyjne** oraz **Teleinformatyka i Zarządzanie w Telekomunikacji** na studiach polskojęzycznych, a także w dwóch specjalnościach studiów angielskojęzycznych: **Telecommunications** oraz **Computer Systems and Networks**. Pracownicy Instytutu prowadzą ponad 70 różnych przedmiotów nauczania. Pod ich opieką studia I i II stopnia kończy rocznie prawie 180 osób. Warto też pod-

Józef Lubacz

prof. dr hab.
Instytut Telekomunikacji
Gmach Elektroniki, p. 339
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. +48-22-234-5893
e-mail: jl@tele.pw.edu.pl

kreślić, że Instytut od wielu lat prowadzi różnego rodzaju kursy specjalistyczne (około 4500 uczestników z ponad 400 firm w ostatnich 20 latach), a także studia podyplomowe (około 300 absolwentów).

Zakład Podstaw Telekomunikacji (ZPT)

Kierownik — Tadeusz Łuba

Źródłem profilu badawczego Zakładu można się doszukiwać w pracach z drugiej połowy lat dziewięćdziesiątych XX wieku, związanych z syntezą i projektowaniem układów cyfrowych, w szczególności w strukturach PLD/FPGA oraz komputerowymi narzędziami do prototypowania i aplikacji przemysłowych. Znaczne uznanie na arenie międzynarodowej uzyskały prace w obszarze metod i algorytmów syntezy logicznej realizowane w ramach grantów MNiSW, MEN, Air Force Office of Scientific Research (USA), NATO, przy współpracy z uniwersytetami w Eindhoven (Holandia), Waterloo (Kanada), Portland (USA). Pracami w tym obszarze kieruje Tadeusz Łuba; uczestniczy w nich także zespół pod kierunkiem Andrzeja Kraśniewskiego.

Największe efekty w tym zakresie uzyskano w pracy badawczej *Novel Digital Signal and Image Processing Software and Hardware for Information Systems*, realizowanej w latach 2006–2009 w ramach polsko-singapurskiej współpracy naukowo-technicznej, zorganizowanej przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji oraz singapurską Agency for Science, Technology and Research A*STAR. Pracami kierował Tadeusz Łuba.

Do oryginalnych osiągnięć należy zaliczyć opracowanie metody syntezy algorytmów DSP w strukturach mieszanych zbudowanych z komórek LUT oraz pamięci wbudowanych ROM, opierającej się na oryginalnej procedurze dekompozycji zrównoważonej zaimplementowanej w programie DEMAIN. Wykazano, że procedura dekompozycji zrównoważonej pozwala realizować typowe algorytmy DSP w strukturach znacznie prostszych od struktur uzyskiwanych w oprogramowaniu komercyjnym.

Prace prowadzone pod kierunkiem Andrzeja Kraśniewskiego dotyczyły projektowania wiarygodnych systemów cyfrowych zawierających złożone układy programowalne FPGA/CPLD. Zaproponowano m.in. nową metodę testowania tego typu układów (testowanie aplikacyjne), która umożliwia w szczególności uzyskanie pożądanej jakości wykrywania uszkodzeń opóźnieniowych. Opracowano zestaw technik detekcji błędów występujących podczas pracy systemów zrealizowanych z wykorzystaniem układów programowalnych. Przeprowadzono także wiele badań układów przetwarzania i ochrony informacji w systemach i sieciach telekomunikacyjnych o wysokiej wiarygodności przy użyciu struktur programowalnych FPGA/CPLD. Prace związane z projektowaniem wiarygodnych systemów cyfrowych dotyczyły również implementacji algorytmów kryptograficznych w strukturach programowalnych.

Opracowane w Zakładzie metody projektowania oraz wykonane eksperymenty wykazały, że układy programowalne umożliwiają stworzenie efektywnych realizacji algorytmów przetwarzania sygnałów i informacji, m.in. dzięki zastosowaniu zrównoleglenia obliczeń (zwłaszcza w strukturach potokowych) oraz wykorzystaniu wbudowanych bloków pamięci dostępnych w układach FPGA. Dlatego w pracach badawczych dotyczących metod projektowania układów cyfrowych dużą wagę przywiązywano do zadań upowszechniania wyników zarówno w środowisku naukowym, jak też wśród potencjalnych użytkowników (publikacje w materiałach konferencyjnych oraz książkach i czasopismach). Zadanie to w szczególności wypełniają monografie: T. Łuba, B. Zbierchowski, *Komputerowe projektowanie układów cyfrowych* (WKŁ, 2000); T. Łuba (red.), M. Rawski, P. Tomaszewicz, B. Zbierchowski, *Synteza układów cyfrowych* (WKŁ, 2003) oraz *Programowalne układy przetwarzania sygnałów i informacji* (WKŁ, 2008). W książkach tych, oprócz prezentacji nowych metod projektowania układów cyfrowego przetwarzania sygnałów i informacji, omówiono metody projektowania uwzględniające współdziałanie systemów komercyjnych z systemami opracowanymi i wykonanymi w ramach prac badawczych Zakładu, a także opisy zrealizowanych w ten sposób projektów. Książki te skutecznie przyczyniają się do propagowania w Polsce najnowszych metod projektowania układów cyfrowych w strukturach programowalnych.

Zapoczątkowane w latach dziewięćdziesiątych prace Krzysztofa Gaja, Karola Górskiego i Andrzeja Paszkiewicza, dotyczące szyfrów z kluczem publicznym, metod podpisu cyfrowego, teorii chaosu oraz programowo-sprzętowych implementacji szyfrów, zaowocowały stworzeniem narzędzi do projektowania i oceny szyfrów blokowych za pomocą metod kryp-

toanalizy różnicowej i liniowej. Wykazano, że oba rodzaje kryptoanalizy można łączyć i implementować sprzętowo, co stwarza nową jakość przy projektowaniu szyfrów i daje możliwość analizy kryptograficznej szyfrów blokowych typu Markowskiego.

Ponadto zostały rozwinięte, głównie przez Andrzeja Paszkiewicza, techniki obliczeń rozproszonych z wykorzystaniem lokalnych sieci komputerowych oraz sieci Internet. Techniki te posłużyły do badań i rozwiązania pewnych zagadnień związanych z obliczeniową teorią liczb i pośrednio kryptografią (m.in. do wyszukiwania anomalii w rozkładzie statystycznym liczb pierwszych o zadanych pierwiastkach pierwotnych, do znajdowania nieprzywiedlnych nad ciałami skończonymi wielomianów sedymentarnych). Opanowano pod względem teoretycznym i na poziomie implementacyjnym ważne algorytmy wywodzące się z teorii liczb i geometrii algebraicznej, a wśród nich metody MPQS, SNFS, ECM oraz test pierwszości oparty na sumach Jacobiego.

Prace w zakresie projektowania i analizy szerokopasmowych sieci telekomunikacyjnych (zarówno szkieletowych jak i dostępowych) gwarantujących — zgodną z wymaganiami na QoS/GoS/SLA — jakość transferu usług, były prowadzone pod kierunkiem Mirosława Słomińskiego, także w ramach współpracy z operatorami sieci telekomunikacyjnych. W szczególności, dla systemów radiowego dostępu abonenckiego typu punkt–punkt oraz punkt–wiele punktów, opracowano wiele narzędzi programistycznych wspomagających projektowanie i analizę sieci, m.in. *WinNetDesign* — do planowania zasobów transmisyjnych warstwy ATM-BISDN, *SYRES* — do modelowania trasowania połączeń wirtualnych z transferem usług multimedialnych (2003–2004), *Wireless Self-Healing Ring Network Designer* — do projektowania sieci cyfrowych linii radiowych typu punkt–punkt w strukturach pierścieniowych (2006), symulator *Always Best Connected Networks* — do modelowania procesu trasowania połączeń sieciowych w środowiskach usług telekomunikacyjnych od wielu dostawców (2008), *WiMAX Projekt* — do projektowania nomadycznych sieci bezprzewodowych w standardzie IEEE 802.16d (2008), symulator procesu routingu w sieciach typu *Wireless Mesh Networks* IEEE 802.11s (2009) i *COGMES* — symulator sieci dostępu radiowego typu *Cognitive Mesh* (2009).

Pracownicy Zakładu są także zaangażowani w innowacyjną działalność w zakresie organizacji procesu kształcenia na Wydziale, na Uczelni i na poziomie kraju. Opracowany i stale doskonalony przez Andrzeja Kraśniewskiego, pełniącego od 1999 roku funkcję kierownika Studiów Doktoranckich na Wydziale, model kształcenia doktorantów stał się wzorem dla rozwiązań przyjętych w Politechnice Warszawskiej, a także w innych uczelniach. Andrzej Kraśniewski brał udział w realizacji licznych projektów badawczo-wdrożeniowych prowadzonych przez Politechnikę Warszawską, Centrum Badań Polityki Naukowej i Szkolnictwa Wyższego, Instytut Spraw Publicznych, Fundację Rektorów Polskich oraz Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Jest autorem lub współautorem ponad pięćdziesięciu publikacji poświęconych problematyce szkolnictwa wyższego, a także jednym z autorów opracowania *Strategia rozwoju szkolnictwa wyższego: 2010–2020* — projekt środowiskowy, przyjętego jako podstawa do opracowania rządowej strategii rozwoju szkolnictwa wyższego w Polsce.

Działalność ekspercka Andrzeja Kraśniewskiego za granicą wiąże się głównie z projektami realizowanymi przez *European University Association* (EUA) — stowarzyszenie będące głównym partnerem Komisji Europejskiej w kształtowaniu polityki w zakresie szkolnictwa wyższego. Jest on obecnie członkiem *Steering Committee* projektu *Autonomy Scorecard* oraz członkiem *Advisory Board* projektu *Accountable Research Environments for Doctoral Education*.

Zakład Systemów Telekomunikacyjnych (ZST)

Kierownik — Andrzej Dąbrowski

Na tematykę badawczą Zakładu w początkowych latach ostatniej dekady składały się następujące trzy grupy tematyczne:

- systemy teletransmisyjne, w szczególności systemy SDH i systemy dostępne, w tym typu xDSL; należy tu odnotować opracowanie pierwszej w Polsce monografii *Systemy i Sieci SDH* (WKiŁ, 1996), pod redakcją Andrzeja Dąbrowskiego i Sławomira Kuli oraz opublikowanie przez Sławomira Kulę monografii *Systemy teletransmisyjne* (WKiŁ, 2004) oraz *Systemy i sieci dostępne xDSL* (WKiŁ, 2009),
- systemy satelitarne i systemy radiowe WLL (Andrzej Dąbrowski, Krzysztof Włostowski),
- przetwarzanie sygnału mowy i przetwarzanie sygnałów audio/wideo w zaawansowanych usługach telekomunikacyjnych (Przemysław Dymarski, Sławomir Kula, Artur Janicki).

W ostatnich kilku latach tematyka badawcza Zakładu uległa rozszerzeniu przede wszystkim o zagadnienia warstw pośrednich (*middleware*) dla usług mobilnych i kontekstowych, ze szczególnym uwzględnieniem modeli programistycznych, inteligencji otoczenia (*pervasive/ubiquitous computing*), *Internet of Things*, bezprzewodowych sieci czujników i elementów wykonawczych (*Wireless Sensor/Actuator Networks, WSAN*). Zespół Aplikacji Mobilnych i Wbudowanych, kierowany przez Jarosława Domaszewicza, powstał w 2002 roku. Przedmiotem prac zespołu są warstwy pośrednie ułatwiające tworzenie usług, przede wszystkim w dziedzinie inteligencji otoczenia (*ambient intelligence, pervasive computing, ubiquitous computing, Internet of Things*). Zespół jest szczególnie aktywny w zakresie projektów międzynarodowych.

Obecnie zakres prac badawczych Zakładu jest stopniowo rozszerzany o tematykę:

- zarządzania zasobami radiowymi kratowych sieci bezprzewodowych standardu IEEE 802.11 oraz zagadnienia dotyczące architektury autonomicznych sieci MANET z mechanizmami samoorganizacji (Sławomir Kukliński),
- zaawansowanych usług telekomunikacyjnych wykorzystujących nowe funkcje telefonów komórkowych (usługi lokalizacyjne, wykorzystanie czujników ruchu, zbliżenia i kamer), wykorzystania ontologii w modelowaniu funkcji systemów i interfejsów w oprogramowaniu (Michał Rój),
- bezprzewodowych systemów i sieci ad-hoc o strukturze spójnej (MANET) i niespójnej (DTN) (Radosław Schoeneich).

Prace badawcze Zakładu ZST prowadzone były/są między innymi w ramach następujących projektów międzynarodowych:

- TELEDOKTORATE, projekt UNESCO, 2002. Interaktywne, multimedialne kursy realizowane w formie przekazu satelitarnego z zakresu telekomunikacji kierowane do odbiorców (doktorantów) na terenie Europy. Kierownikiem projektu był Andrzej Dąbrowski, a najbardziej zaangażowanymi realizatorami Marcin Golański i Krzysztof Włostowski.
- TWISTER — *Terrestrial Wireless Infrastructure Integrated with Satellite Telecommunications for E-Rural Applications*, projekt 6. Programu Ramowego UE, 2004–2007. Główni partnerzy: Astrium S.A.S., Aramiska N.V, Eutelsat S.A., Cnes, Cemagref, Nera Broadband Satellite A.S., University of Malta, Diputacion Provincial De Zaragoza, Aneto S.A.R.L, Forth-ICS, Picopoint B.V. Celem projektu było wspieranie rozwoju oraz adaptacja szerokopasmowych usług telekomunikacyjnych przeznaczonych dla terenów słabo zurbanizowanych, realizowanych z wykorzystaniem systemów satelitarnych. Wykonano instalacje sieci dostępnych o architekturze mieszanej wykorzystującej segment satelitarny (standard DVB-RCS — Digital Video Broadcasting — Return Channel Satellite) oraz naziemny system transmisji bezprzewodowej (WLAN). W ramach projektu rozwijano inteligentne aplikacje szerokopasmowe. Kierownikiem projektu był Andrzej Dąbrowski, a najbardziej zaangażowanymi realizatorami Marcin Golański i Krzysztof Włostowski.
- SIMS — *Semantic Interfaces for Mobile Services*, projekt 6. Programu Ramowego UE, 2006–2008. Partnerzy: SINTEF (Norway), Retevisión Móvil, S.A. AMENA (Spain), Appear Networks AB (Sweden), Gentleware AG (Germany), Gintel AS (Norway), Norwegian University of Science and Technology, NTNU (Norway). Celem projektu (w zakresie realizo-

wanym przez ITPW) było semantyczne adnotowanie komponentów oprogramowania używanych do tworzenia usług telekomunikacyjnych. W ramach projektu opracowano, między innymi, ontologię usług i technologii telekomunikacyjnych. Zespół realizatorów: Jarosław Domaszewicz (kierownik projektu), Michał Rój, Paweł Cieślak, Tomasz Rybicki i inni.

- MIDAS — *Middleware Platform for Developing and Deploying Advanced Mobile Services*, projekt 6. Programu Ramowego UE, 2006–2008. Partnerzy: SINTEF (Norway), Appear Networks AB (Sweden), Telefonica (Spain), Capgemini BV (Netherlands), Paris Local Transport Authority, 51Pegasi (France), Universitetet i Oslo (Norway). Celem projektu (w zakresie realizowanym przez Zakład) było opracowanie i implementacja usługi mobilnej dostarczania wiadomości z tzw. adresowaniem kontekstowym. Zaproponowano innowacyjne podejście do adresowania: podstawą modelu kontekstu użytkownika jest ontologia, a adres jest konstruowany jako nowa klasa w tej ontologii. Zespół realizatorów: Jarosław Domaszewicz (kierownik projektu), Michał Koziuk, Radosław Schoeneich, Bartłomiej Żołnierkiewicz i inni.
- POBICOS — *Platform for Opportunistic Behaviour in Incompletely Specified, Heterogeneous Object Communities*, projekt 7. Programu Ramowego UE. Partnerzy: VTT Technical Research Centre of Finland (Finland), Center for Research and Technology Thessaly (Greece), Accenture Technology Labs (France), SAE Automation s.r.o. (Slovakia), Center for Renewable Energy Sources (Greece). Celem projektu jest budowa rozproszonej warstwy pośredniej (*middleware*) dla aplikacji zapewniających współpracę obiektów codziennego użytku w środowisku domowym. Zakłada się, że zwykłe domowe obiekty są wyposażone we wbudowane węzły wyposażone w mikrokontroler, sensory, elementy wykonawcze i łączność bezprzewodową. Grupa takich obiektów staje się otwartą, rozproszoną platformą dla aplikacji inteligencji otoczenia. Zakłada się, że docelowy zestaw obiektów (a tym samym dostępny zestaw sensorów i elementów wykonawczych) nie jest znana programiście. W projekcie opracowano warstwę pośrednią ułatwiającą programiście radzenie sobie z tym problemem. Zespół realizatorów: Jarosław Domaszewicz (kierownik projektu), Aleksander Pruszkowski, Tomasz Paczesny, Tomasz Tajmajer, Michał Rój, Paweł Cieślak.
- EFIPSANS — *Exposing the Features in IPv6 Protocol That Can Be Exploited/Extended for the Purpose of Designing/Building Autonomic Networks and Services*, FP7 Project (2009–2011). Kierownik projektu — Sławomir Kukliński.
- ELAN — Opracowanie syntezy mowy polskiej z tekstu na zlecenie francuskiej firmy ELAN — Informatique z Tuluzy. Syntezy został wdrożony i skomercjalizowany w systemie syntezy wielojęzycznej ELAN. Kierownikiem projektu był Sławomir Kula, wykonawcami Przemysław Dymarski i Artur Janicki. Zakład współpracował w tej tematyce z Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications (Paryż) w ramach grantu zamówionego przez ARECOM-ENST (*Etude et mise d'oeuvre d'algorithmes de construction et de détection de signaux de tatouage audio*).

Do osiągnięć pracowników Zakładu należy także zaliczyć opracowanie narzędzi do badania jakości VoIP i VoD (częściowo w ramach grantu finansowanego przez *Rohde — Schwarz — Oesterreich Gesellschaft*). Narzędzia te wykorzystano do testowania jakości usług telekomunikacyjnych na zlecenie operatorów telefonii komórkowej.

Zakład Telekomunikacyjnych Systemów Optoelektronicznych (ZTSO)

(do 2005 roku — Zakład Systemów Mikrofalowych i Optoelektronicznych)

Kierownik — Jerzy Siudak

Począwszy od 2000 roku głównym nurtem badawczym Zakładu stały się optyczne sieci lokalne bazujące na światłowodach wielomodowych (J. Siudak, Ł. Maksymiuk, G. Stępnia, M. Kowalczyk). Na przestrzeni lat w Zakładzie były realizowane liczne prace badawcze, które mają na celu zwiększenie przepustowości światłowodów wielomodowych. W 2005 roku nawiązano współpracę z France Telecom oraz Politechniką Wrocławską, której owocem był projekt badawczy dotyczący sieci pasywnych wykorzystujących światłowody wielomodowe. Udało się przeprowadzić serię interesujących pomiarów oraz opracować kompletny model numeryczny sieci pasywnej opartej na światłowodzie wielomodowym.

Prace badawcze finansowane przez MNiSzW dotyczyły takich zagadnień zastosowań światłowodów wielomodowych, jak:

- multipleksacja grup modowych; udało się zademonstrować teoretycznie i eksperymentalnie transmisję niezależnych strumieni danych multipleksowanych na różnych grupach modowych w światłowodzie wielomodowym,
- modulacja podnośnych (*Subcarrier Multiplexing*); prace badawcze zakończyły się udaną demonstracją transmisji czterokanałowego sygnału (zarówno cyfrowego, jak i analogowego) poza pasmem podstawowym światłowodu wielomodowego,
- filtracja przestrzenna światła; zbudowany został układ doświadczany, który pozwala przy użyciu fazowej filtracji przestrzennej światła na uzyskanie kilkukrotnego wzrostu pasma przepustowego światłowodu wielomodowego,
- zastosowanie techniki MIMO; znana z systemów radiowych technika MIMO została zaadaptowana do światłowodów wielomodowych, zbudowany został układ eksperymentalny demonstrujący udaną transmisję i odbiór sygnału przesyłanego (zmultipleksowanego) za pośrednictwem różnych składowych wielotorowych w światłowodzie wielomodowym.

Tematem prac badawczych prowadzonych przez Krzysztofa Perlickiego było m.in. zagadnienie dyspersji polaryzacyjnej i zwielokrotnienia polaryzacyjnego w światłowodach jednomodowych. Ich wynikiem były nowe metody wyznaczania ilościowego rozkładu dyspersji polaryzacyjnej w trakach światłowodowych. Opracowano metodę analizy światła częściowo spolaryzowanego i nową metodę wyznaczania wartości dwójłomności związanej z kołową polaryzacją światła. Ważnym osiągnięciem było opracowanie nowej metody określania rozkładu stanów polaryzacji na sferze Poincaré'go, która została oparta na analizie przebiegu sferycznej funkcji rozkładu radialnego. Kolejne prace K. Perlickiego dotyczyły zagadnienia transmisji światłowodowej wykorzystującej polaryzację światła: transmisji ze zwielokrotnieniem polaryzacyjnym, metody odbioru sygnałów w systemie z kluczowaniem stanów polaryzacji wykorzystującej parametry krzywej przestrzennej oraz konstrukcji symulatora zjawisk polaryzacyjnych.

Badania nad metodami generacji zaawansowanych formatów modulacji typu QAM na potrzeby telekomunikacji optycznej o bardzo wysokich przepływnościach prowadził Jarosław Turkiewicz. Analizowane metody wykorzystują czysto-optyczne przetwarzanie sygnałów telekomunikacyjnych. Ich zaletą jest możliwość generacji sygnałów o przepływnościach większych niż 160 Gbit/s, wysoka wydajność energetyczna oraz mały rozmiar urządzenia w postaci fotonicznego układu scalonego. Innym obszarem prowadzonych badań jest kosztowo-efektywna transmisja na potrzeby standardu Ethernet następnej generacji o przepływnościach powyżej 100 Gbit/s. Przeprowadzone badania wykazały duży potencjał okna transmisyjnego 1310 nm do realizacji transmisji o przepływności 400 i 1000 Gbit/s. Prace te są prowadzone w aktywnej współpracy z Technische Universiteit Eindhoven.

Krzysztof Holejko, Tomasz Czarnecki i Roman Nowak prowadzili skuteczne badania dotyczące lidarów meteorologicznych oraz rzeczywistości rozszerzonej.

Dla rozszerzenia praktycznych możliwości badawczych pozyskano środki w ramach programu POIG, wykorzystane m.in. do budowy Laboratorium-Testbed Telekomunikacyjnej Sieci Fotonicznej, wyposażone m.in. w zaawansowane generatory i analizatory sygnałów oraz unikatowe komponenty optyczne, optoelektroniczne i elektroniczne. Celem laboratorium jest prowadzenie badań nad fotonicznymi systemami telekomunikacyjnymi w następujących obszarach:

- transmisja sygnałów o bardzo wysokich pojemnościach i przepływnościach,
- przeciwdziałanie niepożądanym efektom w transmisji światłowodowej, takim jak dyspersja czy efekty nieliniowe,
- czysto-optyczne przetwarzanie sygnałów telekomunikacyjnych,
- światłowodowe systemy i sieci dostępowe,
- transmisja sygnałów w systemach opartych na światłowodach wielomodowych na bardzo krótkie odległości,
- rozwój i optymalizacja algorytmów projektowania i konfiguracji sieci fotonicznych.

Rezultaty badań Zakładu były prezentowane w licznych artykułach i referatach konferencyjnych. Zgłoszonych zostało również wiele patentów. Ukazały się następujące monografie: K. Perlicki, *Pomiary optyczne w systemach telekomunikacyjnych* (WKiŁ, 2002), J. Siuzdak, *Systemy i sieci fotoniczne* (WKiŁ, 2009), K. Perlicki, *Transmisja światłowodowa wykorzystująca polaryzację światła* (Wyd. PW, 2009).

Zakład Teleinformatyki i Telekomunikacji (ZTiT)

Kierownik — Michał Pióro od 2003 roku (do 2002 roku — Józef Lubacz)

Tak jak we wcześniejszych latach, prace badawcze Zakładu koncentrowały się na różnorodnych aspektach rozwoju usług i infrastruktury sieci telekomunikacyjnych.

W latach 2000–2010 profesor Michał Pióro wraz z Arturem Tomaszewskim, Mariuszem Myckiem, Michałem Jarocińskim, Mateuszem Dzidą i Michałem Zagożdżonem (ostatnio dołączyli Fernando Solano i Mateusz Żotkiewicz) tworzyli Zespół Optymalizacji Sieci, w ramach którego skupili się na planowaniu i projektowaniu różnych typów sieci telekomunikacyjnych za pomocą zaawansowanych metod matematycznych. Zespół prowadzi wiele projektów naukowo-badawczych, m.in. w ramach programów europejskich FP6 (Euro-NGI), FP7 (Euro-NF, GOLDFISH), Celtic-Eureka (MANGO), projekt Polsko-Niemiecki (DFG), dla France Telecom R & D, ERA GSM, KBN, MNiSW. W wyniku tych badań powstało wiele innowacyjnych modeli i algorytmów optymalizacji sieci, które zostały opisane w wielu artykułach w ważnych czasopiśmie i materiałach czołowych konferencji telekomunikacyjnych i optymalizacyjnych. Zespół prowadzi ożywioną współpracę z różnymi ośrodkami zagranicznymi, takimi jak Budapest University of Technology and Economics (Węgry), Ericsson Research (Szwecja), Ericsson Traffic Lab (Węgry), France Telecom R & D (Francja), Konrad Zuse Institut Berlin (Niemcy), Linköping University (Szwecja), Lund University (Szwecja), Royal Institut of Technology (Szwecja), Telecom ParisTech (Francja), Telecom SudParis (Francja), University of Aveiro (Portugalia), University of Cartagena (Hiszpania), University of Compiègne (Francja), Université Libre de Bruxelles (Belgia), University of Missouri-Kansas City (USA), Université de Quebec (Kanada). Współpraca ta wyraża się uczestnictwem we wspólnych projektach, wspólnych publikacjach i wzajemnymi wizytami.

Michał Pióro jest autorem uznanej monografii na temat projektowania sieci *Routing, Flow, and Capacity Design in Communication and Computer Networks* (Morgan-Kaufmann Publisher, USA, 2004).

Utworzony i kierowany przez Wojciecha Burakowskiego zespół badawczy (m.in. Andrzej Bąk, Andrzej Bęben, Zbigniew Kopertowski, Jarosław Śliwiński, Monika Fudała, Marek Dąbrowski i Halina Tarasiuk) aktywnie uczestniczył w międzynarodowych projektach badawczych serii COST (224, 242, 257, 279), w projekcie *Copernicus* oraz w projektach europejskich w ramach kolejnych Programów Ramowych: 5. PR — AQUILA, 6. PR — EUQOS i MOME, 7. PR — COMET. Przy realizacji tych projektów, zespół współpracował z wieloma czołowymi ośrodkami badawczymi z Europy. Prace te zaowocowały zbudowaniem wielu prototypowych systemów, licznymi publikacjami międzynarodowymi i krajowymi oraz międzynarodowymi raportami technicznymi. W. Burakowski jednocześnie kierował pracami badawczymi i projektowymi związanymi z wojskowymi sieciami łączności nowej generacji (w Wojskowym Instytucie Łączności), w tym pracami dotyczącymi systemu Bluszcz-Tele przeznaczonego dla wojsk obrony powietrznej. W wyniku tych prac powstał m.in. system taktyczny Bluszcz-Tele oparty na technice ATM, System IP QoS oparty na architekturze DiffServ oraz System EuQoS będący pewną implementacją sieci NGN. Zespół jest ponadto autorem licznych prac dotyczących architektur sieciowych, sterowania ruchem w sieciach, pomiarów w sieci, symulacji systemów, algorytmów i mechanizmów sieciowych oraz sieci testowych. Od 2010 roku Wojciech Burakowski kieruje ważnym dla kraju projektem *Inżynieria Internetu Przyszłości* (w ramach POIG), w którym uczestniczy ponad 120 pracowników naukowych z dziewięciu czołowych ośrodków w kraju.

W 2002 roku w Zakładzie powstała Grupa Bezpieczeństwa Sieciowego (GBS), której jednym z kierunków działania są badania nad nowoczesnymi metodami ukrywania informacji, w szczególności steganografii sieciowej, oraz nad sposobami ich detekcji. W skład zespołu wchodzi Józef Lubacz, Wojciech Mazurczyk i Krzysztof Szczypiorski. Pionierskie osiągnięcia GBS w zakresie steganografii sieciowej zyskały znaczny rozgłos międzynarodowy i zaowocowały udziałem w europejskich projektach badawczych (zrealizowano także projekt dla Sił

Zbrojnych Stanów Zjednoczonych). Z inicjatywy GBS w 2009 roku została zorganizowana pierwsza w świecie konferencja naukowa poświęcona steganografii sieciowej (*International Workshop on Network Steganography*); dotychczasowe dwie jej edycje odbyły się w latach 2009 i 2010 w Chinach. Od 2006 roku GBS współorganizuje międzynarodową konferencję *Secure Information Systems* w ramach *International Multiconference on Computer Science and Information Technology*. Najnowsze prace GBS skupiają się na opracowaniu szybkich metod detekcji zastosowania steganografii sieciowej w sieciach IP.

W 2003 roku pracę w Zakładzie rozpoczął Zbigniew Kotulski, przejmując od Ryszarda Kossowskiego kierowanie pracami Zespołu Ochrony Informacji, włączając do pracy z zespołem kilkunastu doktorantów. Zainicjował badania w zakresie protokołów kryptograficznych, bezpieczeństwa agentów mobilnych, anonimowych sieci nakładkowych, ochrony sieci anonimizujących przed analizą ruchu, systemów IDS wykorzystujących sieci neuronowe, systemów nadzoru sieci oraz ochrony systemów przed wprowadzaniem ukrytych funkcji. Podjęto także badania dotyczące systemów reputacyjnych i anonimowego routingu, bezpiecznych sieci sensorycznych, bezpiecznych sieci heterogenicznych oraz bezpiecznych kryptograficznych funkcji skrótu i bezpiecznego oprogramowania.

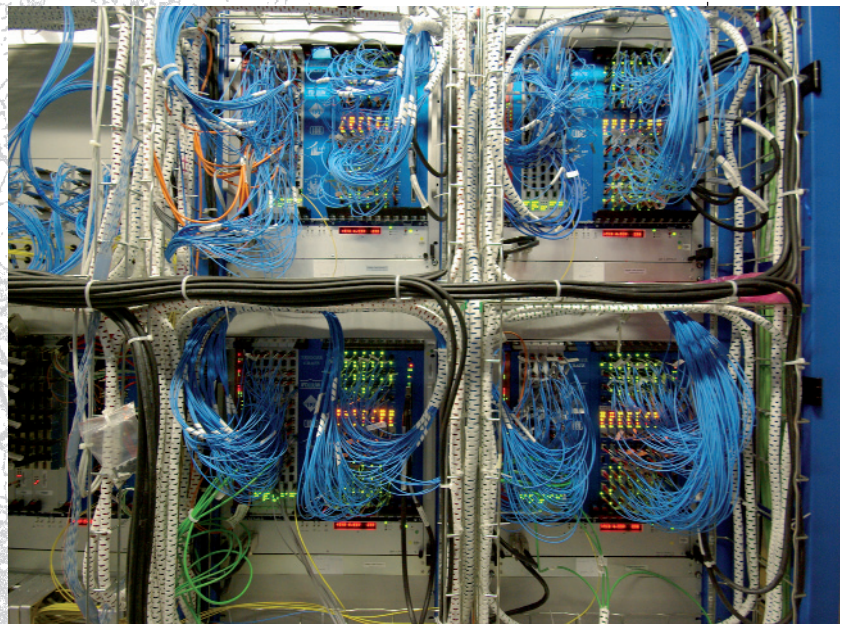
Pod kierunkiem Krzysztofa Brzezińskiego prowadzone są prace nad problemem weryfikacji poprawności logicznej implementacji protokołów telekomunikacyjnych. Prace teoretyczne i aplikacyjne doprowadziły do opracowania nowej metodyki formułowania weryfikowalnych wymagań operatorskich (system wspomagający ORB), koncepcji i prototypu modularnego systemu monitorująco-testowego (język opisu protokołów JOSP-2, monitory sygnalizacji MONDIS, automatyczne generatory testów) oraz do rozwinięcia teorii i zastosowań formalnego testowania biernego. Rezultaty tych prac były wykorzystywane w procesie projektowania i budowy sieci publicznej ISDN, a później — sieci następnej generacji. W szczególności, operatorów i producentów sprzętu wspierano we wdrażaniu przemysłowej metodyki zautomatyzowanego testowania, a wyrażone w nowatorski sposób Wymagania Operatora dla wielu protokołów sygnalizacyjnych zostały przyjęte do stosowania. K. Brzeziński jest autorem dwóch monografii: *Sieci lokalne* (OWPW, 1995) oraz *Istota sieci ISDN* (OWPW, 1999), wydanej także w Rosji (2006).

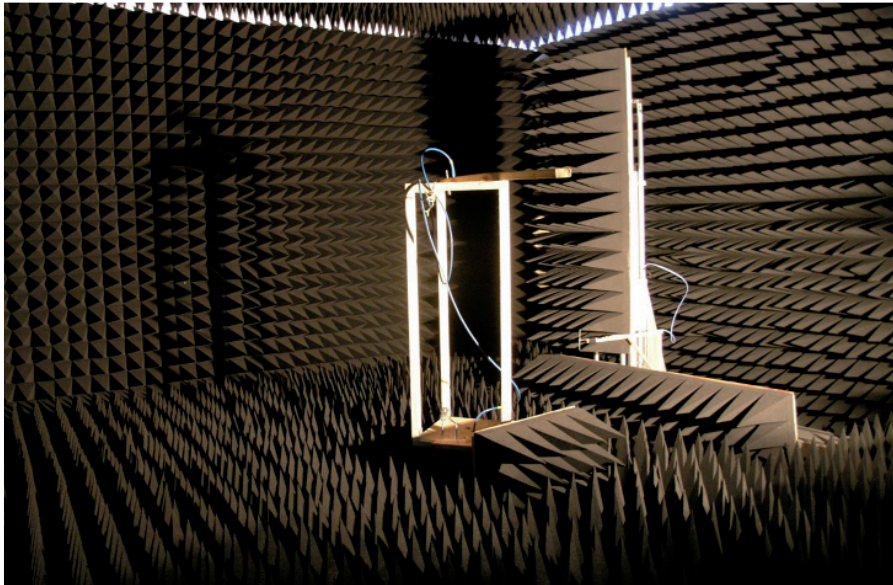


Andrzej Bąk i Piotr Gajowniczek w ostatnim okresie aktywnie uczestniczą w realizacji projektów w ramach 7. Programu Ramowego UE. W latach 2008–2010 brali udział w realizacji projektu Napa-Wine poświęconego zagadnieniom związanym z tworzeniem aplikacji P2P TV. Od 2010 roku uczestniczą w projekcie OneLab2 związanym z tworzeniem platformy do testowania i badania aplikacji rozproszonych, a w jego ramach z zagadnieniem modelowania ruchu w sieciach CDN.

Głównymi obszarami zainteresowań Marka Średniawy są aspekty techniczne, biznesowe i prawne usług i sieci komunikacji elektronicznej, Internet, konwergencja telekomunikacji, informatyki i mediów oraz problemy społeczeństwa informacyjnego. Był kierownikiem zespołów i współwykonawcą projektów dotyczących sieci NGN i konwergencji usług. Uczestniczył w projekcie 6. Programu Ramowego UE *Software & Services Strategy within the European Research Area*. Pełni rolę zewnętrznego eksperta programu CELTIC i recenzenta projektów Enterprise Ireland. Należy do zespołu „Program Polska 2020 — Foresight 2020”. Marek Średniawa jest wiceprzewodniczącym Komisji Terminologii Informatycznej przy Radzie Języka Polskiego.

Prace badawcze Józefa Lubacza były poświęcone w ostatniej dekadzie, poza steganografią sieciową (w ramach wspomnianej Grupy Bezpieczeństwa Sieciowego), zagadnieniom mechanizmów aukcyjnych i giełdowych w handlu zasobami telekomunikacyjnymi (w ramach Projektu Badawczego Zamawianego *Usługi i sieci teleinformatyczne następnej generacji — aspekty techniczne, aplikacyjne i rynkowe, 2008–2010*); w 2011 roku pod redakcją Józefa Lubacza powstała monografia *Mechanizmy aukcyjne i giełdowe w handlu zasobami telekomunikacyjnymi (WKiŁ)*, podsumowująca uzyskane rezultaty projektu. Od połowy ostatniej dekady Józef Lubacz znaczną część swej aktywności poświęcił zagadnieniom rozwoju szkolnictwa wyższego, m.in. w wyniku swojego zaangażowania w prace Rady Głównej Szkolnictwa Wyższego (od 2006 roku jest jej członkiem, a od 2010 roku jej przewodniczącym). Jest m.in. współautorem opracowań poświęconych strategii rozwoju szkolnictwa wyższego w Polsce do 2020 roku, koncepcji wdrożenia Krajowych Ram Kwalifikacji dla szkolnictwa wyższego oraz powstałej pod auspicjami Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji PAN prognozy pożądanego kierunku rozwoju sfery badawczej w dziedzinie telekomunikacji.





radiokomunikacja i techniki multimedialne

W poprzednim wydaniu Historii Wydziału¹ nie było eseju pod tym tytułem. Tematyka, którą przedstawiamy, znalazła się głównie w rozdziale *Elektronika*, choć znaczna część dokonanych w zakresie technik radiowych należała również do obszaru **telekomunikacji**.

Prace naukowo-badawcze i działalność dydaktyczna w zakresie **radiokomunikacji i techniki multimedialnych** prowadzone były na Politechnice Warszawskiej od dawna. W obszarze radiokomunikacji — co najmniej od lat trzydziestych ubiegłego stulecia. Techniki multimedialne są znacznie młodsze, ale i one stanowiły znaczącą pozycję już u schyłku ubiegłego wieku.

Obecnie można śmiało napisać, że w ostatnim dziesięcioleciu **radiokomunikacja i techniki multimedialne** wyraźnie wykrystalizowały się nie tylko jako oddzielna, wyraźnie interdyscyplinarna, specjalność kształcenia na studiach pierwszego i drugiego stopnia, ale także jako obszar wspólnych prac naukowo-badawczych i wdrożeniowych, prowadzonych głównie w Instytucie Radioelektroniki Politechniki Warszawskiej².

Wychodząc od najprostszej, słownikowej definicji, **radiokomunikację** możemy uważać za *dział telekomunikacji zajmujący się zagadnieniami transmisji informacji na odległość z wykorzystaniem fal radiowych*. W naszej działalności transmisję radiową traktujemy znacznie szerzej — z uwzględnieniem m.in. radiolokacji i radionawigacji, a także innych, pozatelekomunikacyjnych, zastosowań technik wielkiej częstotliwości i mikrofal.

Multimedia są połączeniem różnych sposobów przekazywania informacji (w postaci tekstu, dźwięku, grafiki, obrazów ruchomych i nieruchomych). Techniki multimedialne obejmujące m.in. sposoby analizy, kompresji, kodowania i przechowywania i odtwarzania **przekazu multimedialnego**, służą więc, przede wszystkim, transmisji. W naszej działalności obszar technik multimedialnych obejmuje zagadnienia technik obrazowych i dźwiękowych w szerokim zakresie, z uwzględnieniem zagadnień percepcyjnych i studyjnych. Skoro techniki multimedialne służą przede wszystkim przekazywaniu informacji, a transmisja radiowa odgrywa w tym obszarze coraz większą, już niemal dominującą, rolę — a zatem związek radiokomunikacji i technik multimedialnych jest nie tylko uzasadniony, staje się coraz bardziej konieczny.

Tak rozumiany obszar **radiokomunikacji i techniki multimedialnych** jest domeną działań zarówno specjalistów telekomunikacji, elektroników (przede wszystkim „układowców” i „mikrofalarzy”), jak i informatyków (przede wszystkich tych, którzy zajmują się nowymi technikami kodowania i analizą multimedialnych). Pracują oni w ramach własnych jasno zarysowanych dyscyplin naukowych, ale także, coraz częściej, muszą integrować swe wysiłki osiągając nową jakość w wyniku połączenia swych kompetencji.

¹ R.Z. Morawski (red.), *Wczoraj, dziś i jutro Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej, 1951–2001. Zbiór esejów wydany z okazji Jubileuszu Pięćdziesięciolecia Wydziału*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.

² Osiągnięcia Instytutu Radioelektroniki w latach 1970–2010 opisano w: *XL lat Instytutu Radioelektroniki, czyli czterdzieści lat minęło jak jeden dzień...* (red. J. Cichocki i K. Zaremba, 2010).

Jacek Cichocki

doc. dr inż.
Instytut Radioelektroniki
Gmach Elektroniki, p. 27
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. +48-22-234-7635
e-mail: j.cichocki@ire.pw.edu.pl

Badania w zakresie radioelektroniki i technik multimedialnych są w Instytucie Radioelektroniki domeną czterech Zakładów: Elektroakustyki, Radiokomunikacji, Techniki Mikrofalowej i Radiolokacyjnej oraz Telewizji. Wiele projektów naukowych i technicznych jest realizowanych w zespołach międzyzakładowych. To wieloletnia tradycja Instytutu, twórcze sięganie do niej to nasza szansa i nasza siła.

Przegląd aktywności badawczej w ostatnich latach warto zacząć od projektów międzynarodowych, które w istotnym stopniu wpłynęły na poszerzenie obszarów aktywności naukowej, a w dalszej kolejności — prezentacje „branżowe”, omówienie innych efektów naszych działań, charakterystykę naszych dokonań w technikach radiowych, w elektroakustyce oraz w telewizji i technikach multimedialnych.

PROJEKTY MIĘDZYNARODOWE

W ostatnich 10 latach zrealizowano dziewięć projektów międzynarodowych, przede wszystkim w ramach programów 5. PR i 6. PR Unii Europejskiej. Były to:

- projekt zintegrowany SAFESPOT — *Cooperative Systems for Road Safety „Smart Vehicle on Smart Road”* (2006–2009);
- trzy projekty badawczo-celowe typu STREP:
 - CODMUCA — *Core Subsystem for Delivery of MultiBand Data in CATV* (2006–2007),
 - RESOLUTION — *Reconfigurable Systems for Mobile Local Communication and Positioning* (2006–2008),
 - WISE — *Wireless Data Collecting* (2005–2007);
- jeden projekt w ramach programu EUREKA — *Enhanced Optimisation of Microwave Throwing and Heating Processes* (2001–2004);
- oraz udział w czterech sieciach doskonałości:
 - VISNET — *Networked Audiovisual Media Technologies* (2003–2005),
 - VISNET 2 — *Networked Audiovisual Media Technologies* (2006–2009),
 - TARGET — *Top Amplifier Research Groups in a European Team* (2004–2008),
 - ACE2 — *Antenna Centre of Excellence* (2006–2008).

Największy pod względem skali finansowania oraz osiągnięć naukowo-badawczych był program **CODMUCA** — *COre technology for Delivery of MUltiband data in CAtv networks (System wielopasmowej transmisji w sieciach kablowych)* — współfinansowany z 6. Programu Ramowego Unii Europejskiej, realizowany w latach 2006–2007.

Projekt dotyczył technik udostępniania usług szerokopasmowych w systemach szybkiej transmisji danych w sieciach kablowych. W konsorcjum realizującym projekt uczestniczyły uczelnie, firmy produkujące sprzęt oraz przedstawiciele operatorów sieci kablowych. Dzięki temu opracowywane techniki testowano w rzeczywistych warunkach pracującej sieci. Partnerzy z Polski pełnili znaczącą rolę w projekcie (oprócz Politechniki Warszawskiej aktywnie uczestniczyła w nim firma Vector z Gdyni specjalizująca się w produkcji sprzętu do sieci telewizji kablowej). Ze strony Politechniki Warszawskiej koordynatorem projektu był Andrzej Buchowicz, a pracami kierowali również profesor Józef Modelski oraz profesor Władysław Skarbek.

Prace badawcze w Instytucie Radioelektroniki prowadzone były w dwóch głównych obszarach tematycznych. Pracownicy Zakładu Telewizji brali udział w projektowaniu i adaptacji zestawu usług interaktywnych oraz w tworzeniu zintegrowanego abonenckiego urządzenia końcowego — bramy multimedialnej, integrującej usługi w jednym urządzeniu.

Prace prowadzone w Zakładzie Radiokomunikacji (które merytorycznie koordynował doktor Tomasz Keller) koncentrowały się na metodach testowania systemów wykorzystujących wielopasmową transmisję danych, a także na projektowaniu poszczególnych podsystemów stacji czołowej i terminali.

Realizacja projektu zakończyła się sukcesem. Głównym osiągnięciem było opracowanie nowego standardu transmisji w telewizji kablowej DOCSIS 3.0, który umożliwia wielokrotne zwiększenie szybkości transmisji danych. Wyniki uzyskane w trakcie realizacji projek-

tu były prezentowane m.in. na wystawie *Broadband World Forum Europe 2007* w Berlinie, aplikacje multimedialne spotkały się z dużym zainteresowaniem zwiedzających. Standard DOCSIS 3.0 został wdrożony przez czołowych operatorów w Europie (m.in. UPC).

W 2006 roku rozpoczął się nasz udział w programie europejskim **RESOLUTION** — *Reconfigurable System for Mobile Local Communication and Positioning* (Rekonfigurowalny system ruchomej łączności i lokalizacji). Celem projektu było opracowanie systemu precyzyjnej lokalizacji terminali w pomieszczeniach (przy propagacji wielodrogowej). W projekcie uczestniczyły wiele firm, w tym znaczący producenci podzespołów elektronicznych. Zadaniem Instytutu Radioelektroniki było opracowanie odpowiednich modeli propagacji fal radiowych i zbudowanie anten dla tego systemu. W zespole profesora Józefa Modelskiego (Eugeniusz Jaszczyszyn, Krzysztof Kurek, Rafał Szumny, Sebastian Kozłowski, Paweł Bajurko i inni) prowadzono badania z zakresu analizy i modelowania kanału radiowego dla wybranych typów wnętrz oraz projektowania, optymalizacji i miniaturyzacji szyku antenowego. W wyniku realizacji projektu powstał system oparty na technice radaru z ciągłą falą zmodulowaną częstotliwościowo FMCW. System zapewnia kilkunastocentymetrową dokładność w czasie rzeczywistym i może być zintegrowany wspólnie z systemami WLAN w jednym układzie scalonym. Projekt zakończył się w 2009 roku pełnym sukcesem.

Projekt **SAFESPOT** — *Cooperative Systems for Road Safety „Smart Vehicle on Smart Road”* (2006–2009) — miał na celu opracowanie nowych technik i systemów zwiększających bezpieczeństwo w ruchu drogowym. W programie brało udział kilkudziesięciu uczestników, w tym producenci samochodów i firmy związane z infrastrukturą drogową. W efekcie powstał system pełniący rolę „asystenta marginesu bezpieczeństwa” (*Safety Margin Assistant*), odpowiednio wcześniej ostrzegający kierowcę o możliwości wypadku. W ramach projektu opracowano innowacyjne czujniki dla pojazdów i infrastruktury drogowej oraz odpowiednie systemy łączności radiowej zapewniające wymianę danych między pojazdami i infrastrukturą. W Instytucie Radioelektroniki prowadzono badania dotyczące wykorzystania techniki ultrasonokopasowej (UWB) do precyzyjnej lokalizacji pojazdów w warunkach niedostępności sygnałów GPS (w tunelach, na parkingach itp.). Zbudowano poprawnie działający model systemu (Jerzy Kołakowski, Tomasz Kosiło, Jacek Cichocki, Ryszard Michnowski, Piotr Makal). Przydatność zaproponowanego rozwiązania potwierdziły terenowe badania eksperymentalne.

Projekt **WISE** — *Wireless Data Collecting* (2005–2007) — dotyczył bezprzewodowych czujników do zastosowania w samolotach. Koordynatorem projektu była francuska firma Dassault (znana z produkcji myśliwców Mirage). W Instytucie Radioelektroniki prowadzono badania różnych technik niezawodnej transmisji radiowej informacji pochodzących z czujników znajdujących się na ruchomych częściach skrzydeł samolotu (pracujących w skrajnych warunkach klimatycznych i ruchowych). Zakres prac, prowadzonych pod kierunkiem profesora Wojciecha Gwarka (Paweł Kopyt, Wojciech Wojtasiak i inni), obejmował badania symulacyjne oraz opracowanie i badania eksperymentalne modułów nadawczo-odbiorczych. Wyniki projektu znajdą zastosowanie w przemyśle lotniczym.

Realizacja projektu WISE była poprzedzona udziałem w programie **EUREKA Enhanced Optimisation of Microwave Thawing and Heating Processes** (2001–2004). Celem projektu było opracowanie oprogramowania do optymalizacji procesu mikrofalowego rozmrażania i grzania żywności pod kątem poprawy jakości i bezpieczeństwa mikrobiologicznego. W Instytucie Radioelektroniki wykonano badania symulacyjne oraz opracowano oprogramowanie stanowiące cel pracy (Wojciech Gwarek, Wojciech Wojtasiak, Daniel Gryglewski, Ryszard Michnowski, Paweł Kopyt). Realizacja tego projektu zainicjowała w Instytucie badania dotyczące efektywnego grzania mikrofalowego, kontynuowane w kolejnych pracach (głównie — zamawianych).

Kolejnymi dużymi projektami badawczymi finansowanymi ze środków Unii Europejskiej były sieci doskonałości **VISNET** i **VISNET2** — *Networked Audiovisual Media Technologies* (2003–2005 i 2006–2009) wytyczające nowe kierunki badawcze w dziedzinie multimedialnych. Prace były prowadzone w 12 wiodących europejskich ośrodkach badawczych, a ich działalność koncentrowała się na 3 grupach zagadnień: kodowaniu informacji wizyjnych, przetwarzaniu informacji audiowizyjnych oraz bezpieczeństwie transmisji audiowizyjnych. W Instytucie Radioelektroniki projekt realizował zespół profesora Władysława Skarbka (Andrzej Buchowicz, Krystian Ignasiak, Grzegorz Galiński, Grzegorz Pastuszek, Krzysztof Kucharski, Karol Wnukowicz i inni). Najważniejszymi osiągnięciami programów VISNET były nowe algorytmy rozpoznawania, detekcji i śledzenia twarzy oraz nowe narzędzia do kontroli przepływu-

ności w koderach wizyjnych. Dzięki pozytywnym результатам projektów VISNET i VISNET2 zbudowano bardzo dobrą bazę do dalszej szerokiej współpracy międzynarodowej.

Celem projektu **TARGET** — *Top Amplifier Research Groups in a European Team* (2004–2008), było stworzenie europejskiej sieci badawczej w zakresie mikrofalowych wzmacniaczy mocy do szerokopasmowych systemów dostępowych. W Instytucie Radioelektroniki prowadzono prace dotyczące m.in. metod linearyzacji i optymalizacji wzmacniaczy mocy (Jacek Jarkowski, Wojciech Wojtasiak, Daniel Gryglewski, Ryszard Michnowski).

Zasadniczym celem projektu **ACE2** — *Antenna Centre of Excellence* (2006–2008) — było połączenie wysiłków europejskich ośrodków badawczych w dziedzinie rozwoju techniki antenowej, zwłaszcza w zakresie anten adaptacyjnych oraz anten miniaturowych montowanych w urządzeniach powszechnego użytku, a także na ciele i w implantach medycznych. Zespół z Instytutu Radioelektroniki (Eugeniusz Jaszczyszyn, Jacek Jarkowski, Józef Modelski i inni) zajmował się opracowaniem i weryfikacją precyzyjnych metod pomiaru parametrów anten w strefie bliskiej, także z wykorzystaniem metod pomiaru w dziedzinie czasu. Dzięki realizacji projektu Instytut wzmocnił swoją pozycję w europejskiej społeczności specjalistów techniki antenowej.

W 2008 roku rozpoczęła się w Instytucie Radioelektroniki realizacja największego (nieinwestycyjnego) projektu finansowanego z budżetu europejskiego, tym razem w ramach Programu Operacyjnego „Innowacyjna Gospodarka”. Projekt **PROTEUS**³ — *Zintegrowany mobilny system wspomagający działania antyterrorystyczne i antykryzysowe* — jest koordynowany przez Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, a uczestniczą w nim, oprócz Politechniki Warszawskiej, m.in. Centrum Badań Kosmicznych PAN, Politechnika Poznańska i Wojskowa Akademia Techniczna. System jest opracowywany na potrzeby polskich służb interwencyjnych: Straży Pożarnej, Policji, Straży Granicznej i regionalnych ośrodków antykryzysowych. Realizację projektu zaplanowano na lata 2008–2013. Ma ona doprowadzić do powstania demonstratora zintegrowanego systemu wspomagającego działania antyterrorystyczne, wykorzystującego m.in. roboty mobilne (o dużym stopniu autonomiczności i różnych zastosowaniach) oraz bezzałogowy samolot. Do sterowania operacjami antykryzysowymi jest budowane mobilne centrum dowodzenia i mobilne stanowiska operatorów robotów. W ramach projektu zostaną opracowane i wykorzystane najnowocześniejsze systemy monitorowania, lokalizacji i zdalnego sterowania.

W wykonaniu zadań powierzonych Wydziałowi współdziałają Zakłady Radiokomunikacji i Telewizji Instytutu Radioelektroniki. Całością kieruje profesor Józef Modelski.

Udział Zakładu Telewizji obejmuje ważny i rozległy obszar zagadnień kompresji i kodowania oraz rozpoznawania obrazów na potrzeby systemów wizyjnych projektowanych robotów. Opracowywane są m.in. efektywne sprzętowe implementacje koderów źródłowych i mechanizmów multipleksacji danych (Jacek Naruniec, Grzegorz Pastuszek, Andrzej Abramowski, Grzegorz Brzuchalski, Mariusz Jakubowski, Marcin Morgoś, Mikołaj Roszkowski, Radosław Sikora, Michał Wieczorek i inni).

Zakład Radiokomunikacji jest odpowiedzialny za opracowanie szczegółowej architektury, implementację i walidację systemu łączności (te prace koordynuje Krzysztof Kurek, a uczestniczą: Eugeniusz Jaszczyszyn, Marek Bury, Krzysztof Derzakowski, Tomasz Keller, Marcin Piasecki, Paweł Bajurko, Kamil Bryłka, Sebastian Kozłowski, Bartosz Majewski, Arkadiusz Kurek, Adam Rudziński, Rafał Szumny i inni). Podstawowym zadaniem systemu jest zapewnienie sprawnego systemu komunikacji między operatorem robota a robotem i komunikacja operatora z mobilnym centrum dowodzenia, a także zapewnienie efektywnego systemu łączności zewnętrznej.

Podsystem łączności między robotami a ich operatorami musi zapewnić możliwość transmisji danych multimedialnych (obrazu, dźwięku, danych telemetrycznych) w różnych warunkach klimatycznych i transmisyjnych (również wtedy, gdy fale nadawane i odbierane przez roboty napotykają na skrajnie niekorzystne warunki propagacyjne). Wymagane są ponadto małe opóźnienia transmisji (na tyle małe, by było możliwe efektywne zdalne sterowanie robotem na podstawie obrazu rejestrowanego przez jego kamerę) i znaczne zasięgi transmisji: do 1 km (do robotów) i do 10 km (do samolotu). Konieczne jest także stworzenie dodatkowych łączy między centrum dowodzenia i mobilnymi stanowiskami operatorów robotów (w tym łączności głosowej).

³ www.projektproteus.pl

Różnorodne wymagania spowodowały konieczność utworzenia kilku niezależnych systemów łączności realizujących poszczególne funkcje. Zakończono już etapy koncepcyjne i projektowe, kończy się również etap wstępnej weryfikacji eksperymentalnej.

RADIOKOMUNIKACJA (I INNE ZASTOSOWANIA SYGNAŁÓW O CZĘSTOTLIWOŚCIACH RADIOWYCH)

Spojrzenie „branżowe” na trzy główne obszary *radiokomunikacji i techniki multimedialnych* zaczynamy od radia.

Radio wkroczyło już w drugie stulecie, a wciąż odkrywa nowe możliwości, ogarnia nowe obszary życia codziennego. Dzięki transmisji bezprzewodowej (z wykorzystaniem fal elektromagnetycznych) jest nam bliżej do siebie i wygodniej...

Zagadnienia łączności radiowej towarzyszyły rozwojowi naszego Wydziału od najdawniejszych lat. Katedra Radiotechniki założona przez **profesora Janusza Groszkowskiego** istniała już w 1929 roku. Wśród katedr konstituujących Wydział 60 lat temu były również **Katedra Urządzeń Radiotechnicznych** kierowana przez profesora Stanisława Ryżkę i **Katedra Radiolokacji** profesora Pawła Szulkina.

Rozwój działalności w zakresie technik radiowych w okresie bezpośrednio powojennym (aż do lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku) był niewątpliwie zasługą przede wszystkim profesora Stanisława Ryżki, który już w latach trzydziestych XX w. jako jedyny, obok swego mistrza — profesora Janusza Groszkowskiego, publikował fundamentalne prace w najważniejszym światowym periodyku tego okresu *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*.

Profesor Stanisław Ryżko — wieloletni kierownik Katedry Urządzeń Radiotechnicznych i pierwszy dyrektor Instytut Radioelektroniki — był twórcą szkoły naukowej, z której wyszło 16 doktorów (byłoby ich z pewnością znacznie więcej, gdyby profesor nie zmarł nagle, w pełni sił twórczych, w 1974 roku). Siedmiu z nich zostało profesorami, a wypromowani przez nich doktorzy, byli z kolei promotorami... i tak dalej. Dziś rodzina naukowych „dzieci”, „wnucząt” i dalszych potomków profesora Stanisława Ryżki liczy już ponad 120 osób. Profesor był ponadto animatorem działalności technicznej na rzecz gospodarki narodowej, kierował wieloma pracami konstrukcyjnymi i wdrożeniowymi, z jego inicjatywy powstał m.in. Zakład Doświadczalny Aparatury Radioelektronicznej (ZDAR).

Od 1970 roku zdecydowana większość prac związanych z radiokomunikacją i znaczna część aktywności Wydziału w obszarze techniki mikrofalowej koncentrowały się w Instytucie Radioelektroniki, przede wszystkim w Zakładzie Radiokomunikacji, w Zakładzie Urządzeń Radiotechnicznych oraz w Zakładzie Techniki Mikrofalowej (obecnie Techniki Mikrofalowej i Radiolokacyjnej).

Zakładem Radiokomunikacji kierowali: prof. Stefan Hahn (1970–1991), doc. Waldemar Kielek (1991–1994), dr Jacek Jarkowski (1995–1997), prof. Jacek Wojciechowski (1997–2000), dr Tomasz Kosiło (2001–2002) i prof. Józef Modelski (2003–2009), od 2009 roku kierownikiem jest prof. Eugeniusz Jaszczyszyn (Yevhen Yashchyshyn). **Zakładem Urządzeń Radiotechnicznych** kierowali: prof. Jan Ebert (1970–1974 i 1978–1999), dr Romuald Nowak (1975–1978), prof. Roman Z. Morawski (2000–2002) i prof. Wiesław Winiecki (2002–2004). Kierownictwo **Zakładu Techniki Mikrofalowej i Radiolokacyjnej** pełnili kolejno: prof. Stanisław Ryżko (1970–1971, dr Krzysztof Kowalski (1972–1981), prof. Tadeusz Morawski (1982–2006) i prof. Wojciech Gwarek (od 2006 roku).

Okres pierwszych czterdziestu lat istnienia Wydziału (do 1991 roku) to czas, w którym prowadzona była przede wszystkim działalność związana z badaniami teoretycznymi oraz pracami koncepcyjnymi i wdrożeniowymi dotyczącymi nowych technik stabilizacji częstotliwości, modulacji i transmisji cyfrowych w kanale radiowym, a także nowych podzespołów, urządzeń i systemów (w tym pomiarowych) stosowanych w technice nadawania i odbioru radiowego. Wiele tych prac kończyło się wykonaniem prototypów lub małych serii produkcyjnych (wytwarzanych całkowicie lub częściowo w Instytucie).

Do ważnych osiągnięć naukowo-technicznych można zaliczyć m.in. źródło krajowej częstotliwości wzorcowej 227 kHz, systemy odbioru sygnałów satelitarnych (w latach 60.),

częstościomierze mikrofalowe, model atomowego wzorca częstotliwości z wiązką srebra, urządzenia do pomiaru odległości do satelitów (przez pomiar czasu z niepewnościami rzędu 30 ps), systemy do produkcyjnych pomiarów rezonatorów kwarcowych, nowe metody projektowania wzmacniaczy wysokosprawnych wielkiej częstotliwości, system łączności i monitorowania górników w kopalniach, metody projektowania modulatorów i przesuwników fazy z diodami półprzewodnikowymi, metody projektowania rezonatorów dielektrycznych i ferrytowych, systemy pomiaru radiotelefonów i monitorowania emisji radiowych, nowe metody symulacji elektromagnetycznych i projektowania szyków antenowych. Wiele z tych osiągnięć miało również (a w niektórych przypadkach nadal ma) duże znaczenie praktyczne.

Z końcem ubiegłego wieku wyraźnego znaczenia nabrały prace w zakresie systemów radiokomunikacyjnych, anten i zaawansowanej teorii sygnałów. W tej ostatniej dziedzinie szczególne osiągnięcia miał **profesor Stefan Hahn**, rozwijający zaawansowaną teorię sygnałów wielowymiarowych, autor m.in. monografii *Hilbert Transforms in Signal Processing*, Artech 1996.

* * *

Ostatnie 10 lat to okres z jednej strony kontynuacji wcześniej podjętych prac badawczych (m.in. w zakresie symulacji elektromagnetycznych oraz metodyki projektowania urządzeń radiowych i mikrofalowych), a z drugiej przede wszystkim — nowe obszary badań i wdrożeń. Skoncentrowano się na **radiowych sieciach lokalnych i personalnych, systemach satelitar-nych i ultraszerokopasmowych, technikach: mikrofalowych, antenowych i radarowych**.

Pod koniec lat 90. z inicjatywy profesora Józefa Modelskiego w Instytucie Radioelektroniki zaczęła powstawać grupa zajmująca się **nowoczesnymi antenami radiokomunikacyjnymi**, przede wszystkim różnymi rozwiązaniami anten o charakterystykach rekonfigurowalnych elektronicznie. Jest to tematyka bardzo ważna — istotna z punktu widzenia nowych systemów transmisji radiowej, w których mogą być stosowane: wielodostęp przestrzenny i transmisja wieloantenowa (MIMO — *Multiple Input Multiple Output*).

Nowe opracowania są szybko weryfikowane eksperymentalnie dzięki możliwości korzystania z komory bezodbiciowej (w sensie elektromagnetycznym), która znajduje się w Laboratorium Antenowym. Komora jest przeznaczona do dokładnych badań charakterystyk anten w dziedzinie częstotliwości i czasu w strefie dalekiej oraz bliskiej. Laboratorium jest wyposażone w nowoczesny sprzęt umożliwiający badania anten w zakresie częstotliwości do 50 GHz.

Prace o tematyce antenowej dotyczą nowych podzespołów i materiałów, które można wykorzystywać do budowy anten rekonfigurowalnych, nowych konstrukcji (w tym układów pobudzenia), a także algorytmów sterowania (m.in. z wykorzystaniem algorytmów genetycznych). Większość prac wykonywano w ramach grantów KBN i MNiSzW.

W latach 2000–2004 prowadzono nowatorskie badania **anten paskowych na podłożu ferroelektrycznym** (Józef Modelski, Eugeniusz Jaszczyszyn) — parametry ferroelektryka można zmieniać, przykładając do niego regulowane napięcie stałe, co powoduje zmiany charakterystyk anteny. Wykonano prototypy takich anten i przeprowadzono badania. Pracę realizowano wspólnie z Wydziałem Chemii Politechniki Warszawskiej (wytworzono nowe materiały ferroelektryczne).

Od 2005 roku prowadzono badania nowego rodzaju anten, w których do sterowania wykorzystano specjalny układ z powierzchniowymi diodami PIN. Opracowano algorytm pozwalający optymalizować charakterystykę anteny (Józef Modelski, Eugeniusz Jaszczyszyn, Krzysztof Derzakowski, Krzysztof Kurek, Henryk Chaciński, Paweł Bajurko i inni). W uznaniu innowacyjnego charakteru zaprezentowanego systemu antenowego (z kompletną analizą potwierdzoną pomiarami i z uwzględnieniem możliwości praktycznego zastosowania) Józef Modelski, Eugeniusz Jaszczyszyn oraz Krzysztof Derzakowski zostali wyróżnieni w 2008 roku główną nagrodą Europejskiego Stowarzyszenia Mikrofalowego EuMA.

W latach 2007–2009 realizowano grant rozwojowy **Wieloantenowe szerokopasmowe systemy radiokomunikacyjne i radiolokacyjne**, którego celem było badanie systemów antenowych do rozwijających się systemów MIMO (Józef Modelski, Eugeniusz Jaszczyszyn, Krzysztof Kurek, Daniel Gryglewski, Wojciech Wojtasiak, Sebastian Kozłowski, Marek Bury, Paweł Bajurko, Daniel Rosołowski). Efektem prac z zakresu techniki antenowej prowadzonych w ostatnich latach były: praca habilitacyjna Eugeniusza Jaszczyszyna (2006) oraz doktoraty: Marcina Piaseckiego (2005), Rafała Szumnego (2008), Marka Burego (2009) i Sebastiana

Kozłowski (2010). W 2010 roku rozpoczęto dwa nowe projekty finansowane przez MNiSzW *Nowe rodzaje inteligentnych anten z cyfrowym kształtowaniem wiązki o rekonfigurowanej elektronicznie aperturze oraz Nowa generacja anten fotonicznych dla sieci transmisji radiowo-światłowodowej*. Uruchomienie badań w tak nowoczesnych dziedzinach w dużej mierze opiera się na współpracy z Instytutem Technologii Elektronowej w Warszawie oraz z Białoruską Akademią Nauk.

Techniką antenową zajmuje się również profesor Stanisław Rosłonec (z Zakładu Techniki Mikrofalowej i Radiolokacyjnej). Ścisłe współpracując z Przemysłowym Instytutem Telekomunikacji (PIT) w Warszawie opracowuje **wieloelementowe, synfazowe anteny radiolokacyjne**. Kilka z zaprojektowanych przez niego anten zastosowano w urządzeniach radiolokacyjnych wykorzystywanych przez Wojsko Polskie i kontrahentów zagranicznych.

Rozwojowi młodych naukowców i doktorantów służył grant **Systemy radiokomunikacyjne przyszłych generacji** (2005–2008), finansowany przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej, a kierowany przez profesora Józefa Modelskiego. Badania współfinansowane z tego grantu dotyczyły głównie nowych technik antenowych, systemów MIMO, systemów ultraszerokopasmowych (UWB) i sieci bezprzewodowych (WLAN).

W 2010 roku na Wydziale został uruchomiony w ramach Programu Operacyjnego „Innowacyjna Gospodarka” (PO IG) projekt **Fotonika i Techniki Terahercowe**. Celem projektu jest podniesienie w istotny sposób potencjału naukowo-badawczego zespołów Wydziału, działających w obszarach uznawanych za kluczowe z punktu widzenia rozwoju społeczeństwa informacyjnego, a dotyczących elementów, układów i systemów szeroko rozumianej fotoniki oraz technologii terahercowych. Jednym z zadań projektu jest modernizacja Laboratorium Antenowego Instytutu Radioelektroniki (kierownik — profesor Eugeniusz Jaszczyszyn). Zakup sprzętu umożliwi rozszerzenie działalności badawczej na pasmo fal terahercowych. Przełoży się to bezpośrednio na powstanie możliwości uzyskania nowych jakościowo rezultatów, głównie przez badania anten fotonicznych, charakterystyk dielektrycznych materiałów izotropowych i anizotropowych (w tym nieliniowych), a także przez badania systemów obrazujących i radarowych. Rozszerzenie zakresu częstotliwości do pasma terahercowego oraz możliwość wykorzystania nowych urządzeń pomiarowych otworzy przed zespołem badaczy, w tym także przed doktorantami, możliwości prowadzenia badań na poziomie światowym. Biorąc pod uwagę wieloletnie doświadczenie zespołu oraz dotychczasowe rezultaty, m.in. opracowane już algorytmy oraz systemy, należy spodziewać się dużego zainteresowania nowymi wynikami ze strony różnych jednostek naukowo-badawczych i przemysłowych zarówno w kraju, jak i zagranicą.

Prace z zakresu zaawansowanej **teorii sygnałów wielowymiarowych** prowadzone są od lat w zespole profesora Stefana Hahna, wspólnie z Kajetaną Snopek. W ostatnich latach dotyczyły one podwójniewymiarowych rozkładów klasy Cohena oraz problemów tzw. znakowania sygnałów (co np. w radiofonii pozwala automatycznie identyfikować nadawane programy); w ramach kolejnej pracy badano czasowo-częstotliwościowe właściwości szerokopasmowych sygnałów telekomunikacyjnych i ich wykorzystanie w znakowaniu wodnym i steganografii.

Od końca lat 90. aktywniej uprawiane są zagadnienia **radiowych systemów ruchomych i sieci bezprzewodowych**. Opracowano i zweryfikowano teoretyczne metody prognozowania propagacji radiowej w budynkach (z uwzględnieniem materiałów konstrukcyjnych). Pracę kontynuowano w zakresie modelowania szerokopasmowych kanałów radiowych oraz współistnienia systemów WLAN 802.11 i Bluetooth (w tym technik transmisji zapewniających kompatybilność obu systemów). Zajmowano się także metodami projektowania sieci dostępowych z modulacją OFDM (Tomasz Kosiło, Krzysztof Kurek, Tomasz Keller). Tematyce sieci bezprzewodowych swe prace doktorskie (wykonywane pod kierunkiem profesora Józefa Modelskiego) poświęcili m.in.: Krzysztof Kurek (2002), Tomasz Keller (2004) i Nguyen Nguyen Minh (2004).

Działalność naukową związaną z sieciami radiokomunikacyjnymi prowadzi również profesor Jacek Wojciechowski (ich tematyka dotyczy **metod analizy sieci**, problemów optymalizacji, diagnostyki i sterowania). W zespole profesora Jacka Wojciechowskiego powstały prace doktorskie dotyczące m.in.: metod rozwiązywania konfliktów w pakietowych sieciach radiowych (Zbigniew Walczak), protokołów płatności w heterogenicznych sieciach bezprzewodowych (Grzegorz Radzikowski), prognoz zaników w kanałach radiowych (Arkadiusz Trojanowski), a także diagnostyki systemów analogowych z wykorzystaniem logiki rozmytej (Piotr Bilski) i nowych metod klasyfikacji grafów (Andrzej Dominik).

W ostatnich 10 latach są rozwijane badania dotyczące wykorzystania **sygnałów ultraszerokopasmowych (UWB)**, przede wszystkich — w zastosowaniach lokalizacyjnych i obrazowych. Systemy ultraszerokopasmowe stanowiły przedmiot pracy umownej dla Telekomunikacji Polskiej S.A. (2006 rok — Jerzy Kołakowski, Jacek Cichoński, Stanisław Maszczyk) i projektu europejskiego SAFESPOT (omówionego wcześniej). Tematyka ta rozwijana jest również w ramach prac statutowych — zainteresowania badawcze dotyczą głównie lokalizacyjnych i obrazowych zastosowań techniki UWB (Jerzy Kołakowski, Marek Bury).

Od wielu lat pracownicy Instytut Radioelektroniki współdziałają z Instytutem Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN, opracowując **radiowe systemy wspomagania osób niewidomych**. W latach 2000–2004 kontynuowano prace nad elektronicznym systemem ESOT, wspomagającym orientację terenową w środowisku miejskim (Karol Radecki, Tomasz Buczkowski, Wojciech Kazubski i Krzysztof Czerwiński). System ESOT wykorzystuje mikronadajniki pracujące na częstotliwości 433,92 MHz, służące do oznakowania terenu, a niewidomi są wyposażeni w odpowiednie odbiorniki. Zbudowany system został przebadany w ośrodku dla niewidomych w Laskach koło Warszawy. Niewidomi, po odpowiednim treningu, potrafią efektywnie omijać niebezpieczne miejsca na swojej drodze.

Długa jest tradycja współpracy Instytutu Radioelektroniki Politechniki Warszawskiej z Urzędem Komunikacji Elektronicznej (i urzędami, które go poprzedzały: Państwową Agencją Radiokomunikacyjną, Urzędem Regulacji Telekomunikacji oraz Urzędem Regulacji Telekomunikacji i Poczty). Przez wiele lat braliśmy udział w pracach studialnych, eksperckich, a także opracowując na zlecenie Urzędów specjalizowane systemy pomiarowe i **systemy monitorowania widma elektromagnetycznego**. Poniżej przedstawiona jest krótka charakterystyka ostatnich efektów tej współpracy.

W 2003 roku opracowano i wdrożono model systemu namierzania źródeł emisji radiowych na terenie Warszawy. System składał się z dwóch stacji namierza i jednej stacji centralnej i umożliwiał obserwacje emisji w paśmie od 80 do 1300 MHz (Jacek Cichoński, Jerzy Kołakowski, Stanisław Maszczyk).

Ten sam zespół opracował w 2004 roku nową wersję oprogramowania **systemu do pomiarów urządzeń radiokomunikacyjnych FM RaMeS-6** (system, wraz z poprzednią wersją oprogramowania, powstał w Instytucie w połowie lat 90. ubiegłego wieku). Opracowanie nowego oprogramowania sfinansowano z funduszy PHARE

Również w 2004 roku wykonano dla Urzędu Regulacji Telekomunikacji i Poczty (URTiP) analizy dotyczące wprowadzenia w Polsce **radiofonii cyfrowej DAB i DRM** (Jacek Jarkowski, Tomasz Kosiło, Henryk Chaciński, Wojciech Kazubski, Tomasz Keller i Krzysztof Kurek). Tematyka była kontynuowana od 2008 roku — z udziałem Instytutu Łączności rozpoczęto realizację projektu dotyczącego krajowej radiofonii cyfrowej DRM w zakresie fal średnich i krótkich. Praca obejmowała analizy propagacyjne oraz wykonanie nadajnika niewielkiej mocy (osiedlowego) do emisji testowych, które realizowano w 2010 i 2011 roku. Zaprojektowano modulator, odpowiednią antenę i wzmacniacz mocy o odpowiednio dużym zakresie liniowości (Jacek Jarkowski, Tomasz Keller, Krzysztof Kurek, Henryk Chaciński, Wojciech Kazubski, Juliusz Modzelewski).

Od ponad 20 lat profesor Wojciech Gwarek (z Zakładu Techniki Mikrofalowej i Radiolokacyjnej) zajmuje się problemami **komputerowych symulacji polowych w dziedzinie czasu** (zarówno teorią algorytmów analizy elektromagnetycznej, jak i tworzeniem, wraz zespołem, użytkowych programów komputerowych). Oprogramowanie Quick Wave, rozwijane w dalszym ciągu przez członków zespołu (Małgorzata Celuch, Przemysław Miazga, Maciej Sypniewski, Andrzej Więckowski), jest znane i używane w ponad dwudziestu krajach świata (m.in. w laboratoriach NASA), a także na naszym Wydziale do realizacji projektów europejskich.

W latach 2001–2004 zespół profesora Wojciecha Gwarka zrealizował w ramach programu EUREKA pierwszy projekt dotyczący problemów **optymalizacji grzania mikrofalowego**. Kolejne projekty były owocem współpracy z partnerami przemysłowymi, m.in. ze Szwecji i Stanów Zjednoczonych. W latach 2003–2004 wykonano pracę *Opracowanie nowego typu urządzenia mikrofalowego sterowanego mikroprocesowo* (Wojciech Gwarek, Wojciech Wojtasiak, Ryszard Michnowski, Daniel Gryglewski, Paweł Kopyt) oraz przeprowadzono badania na temat *Problem wielokrotnego rezonansu w czasie grzania mikrofalowego małych pakietów żywności* (Małgorzata Celuch z zespołem).

W ostatnim okresie (oprócz opisanego projektu WISE) prowadzone były prace w ramach programu europejskiego Marie Curie (wspólnie z Mid-Sweden University), dotyczące zasto-

sowań superkomputerów w symulacjach mikrofalowych, a także (wspólnie z Uniwersytetem Stellenbosh, RPA) w nowatorskiej dziedzinie **wykorzystania impulsów mikrofalowych do wzbogacania rud miedzi**.

Obecnie Wojciech Gwarek i Paweł Kopyt aktywnie uczestniczą w projektach dotyczących zastosowania złączy półprzewodnikowych jako **detektorów fal terahertzowych**. Są to: projekt rozwojowy *Zaprojektowanie i wykonanie detektora promieniowania sub-THz działającego w oparciu o krzemowy tranzystor MOS*, koordynowany przez Instytut Technologii Elektronowej, oraz projekt *Tranzystory polowe wykonane na bazie studni kwantowych CdTe/CdMgTe z dwuwymiarową plazmą elektronową o ekstremalnie wysokiej ruchliwości jako detektory promieniowania*, koordynowany przez Uniwersytet Warszawski.

W 2009 roku rozpoczęto prace w ramach Zintegrowanego Projektu Europejskiego INTech-Fun *Innowacyjne technologie wielofunkcyjnych materiałów i struktur dla nanotechniki, fotoniki, spinotroniki i technik sensorowych*. Istotą projektu jest integracja różnych rodzajów półprzewodników i technologii półprzewodnikowych w celu uzyskania możliwości wytwarzania przyrządów o ekstremalnie szerokich zakresach częstotliwości pracy. W realizacji projektu uczestniczą m.in. Instytut Technologii Elektronowej, Instytut Fizyki PAN, Wojskowa Akademia Techniczna oraz Politechniki: Warszawska, Śląska i Łódzka. Zespołem pracującym w Instytucie Radioelektroniki kieruje profesor Wojciech Gwarek, a głównym wykonawcą jest Paweł Kopyt.

W ostatnim okresie Małgorzata Celuch podjęła bardzo wysoko cenioną w światowym środowisku mikrofalowym inicjatywę włączenia do zakresu zainteresowań stowarzyszenia IEEE problemów przemysłowego grzania mikrofalowego. Wynikiem tego były m.in. organizowane po raz pierwszy w ramach światowej konferencji IEEE IMS (w 2009 roku) warsztaty poświęcone tej tematyce. Zostały one wyróżnione nagrodą „Best Workshop Award”. Wyrazem uznania dla osiągnięć profesora Wojciecha Gwarka i jego zespołu było przyznanie mu na lata 2003–2005 funkcji *Distinguished Microwave Lecturer IEEE*. W 2011 roku profesor Wojciech Gwarek otrzymał prestiżową nagrodę „IEEE Microwave Pioneer Award”, za publikacje oceniane jako ważne dla rozwoju danej dziedziny z perspektywy ponad 20 lat. Nagroda dotyczyła publikacji na temat podstaw modelowania elektromagnetycznego metodą FD-TD, które ukazały się w *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* w latach 1985–1988.

W kierunku zastosowań radiokomunikacyjnych zmagają ostatnie prace zespołu utworzonego przez profesora Tadeusza Morawskiego, obecnie kierowanego przez Wojciecha Wojtasiaka. Zespół wyspecjalizował się w projektowaniu i praktycznej realizacji **aktywnych układów mikrofalowych**, w szczególności wzmacniaczy tranzystorowych bardzo dużej mocy, wzmacniaczy niskoszumnych, wysokostabilnych źródeł mocy mikrofalowej i szerokopasmowych przesuwników fazy. W ostatnich latach zespół uczestniczył w sieci doskonałości TARGET i projekcie rozwojowym dotyczącym systemów wieloantenowych (zaprezentowanych wcześniej) oraz zrealizował wiele zamawianych prac badawczo-wdrożeniowych, m.in.: *Wykonanie 5 szt. diplexerów 3,5 GHz dla systemu IRT*, *Wykonanie konwerterów sygnału 2,4 GHz/4,4 GHz*, *Wykonanie konwersji systemu IRT 2000 z pasma 2,4 GHz do pasma 3,5 GHz*, *Wdrożenie transferera 2,45–1,25 GHz do systemu WLAN* oraz *Wielopasmowy transwerter dla sieci mesh 802.11 s* (odbiorcami byli m.in. wojsko, Ericsson, MEDIA COM i NETIA S.A.).

Obecnie realizowane są granty rozwojowe *Projektowanie mikrofalowych urządzeń z elementami SiC i GaN* i *Wielopasmowy traswerter dla sieci mesh 802.11s* (Wojciech Wojtasiak, Daniel Gryglewski) oraz grant zamawiany *Opracowanie projektu półprzewodnikowego modułu nadawczo-odbiorczego w paśmie X* (Tadeusz Morawski, Daniel Gryglewski, Wojciech Wojtasiak).

Prace układowe i konstrukcyjne prowadzone są również w zespole założonym przez profesora Jana Eberta (Juliusz Modzelewski, Mirosław Mikołajewski). Dotyczą one m.in. **wysokosprawnych przetwornic rezonansowych DC-DC i DC-AC** oraz analizy i optymalizacji **wzmacniaczy klasy D**. Oprócz badań teoretycznych, wykonano również działające modele wzmacniaczy i przetwornic. Zajmowano się także problemami nadajników radiofonicznych. W latach 2007–2008 wykonano analizę nowoczesnych metod modulacji amplitudy w nadajnikach dużej mocy przez zastosowanie sterowanego zasilacza impulsowego. Prace są kontynuowane.

Po 2000 roku w Zakładzie Radiokomunikacji powrócono do tematyki **satelitarnej** — tym razem obiektem badań i realizacji stały się **minisatelitey**. Są to stosunkowo proste, małe i lek-

kie satelity, umieszczane na niskich orbitach, przeznaczone do wybranego rodzaju obserwacji Ziemi i do prac badawczych. Takie systemy satelitarne są budowane i utrzymywane przez instytucje związane z uczelniami, a także organizacje komercyjne. W latach 2003–2004, wykonano analizę i projekt systemu transmisji i przetwarzania danych z minisatelity (Józef Modelski, Tomasz Kosiło, Krzysztof Kurek). Praca obejmowała analizę łącza radiowego, wybór efektywnego sposobu transmisji, propozycję rozwiązania systemu antenowego i podzespołów mikrofalowych. W 2004 roku opracowano założenia techniczne satelitarnego systemu monitorowania środowiska i katastrof (EDMSS). Kolejną pracą był projekt systemu lokalizacji kapsuły satelitarnej YES-2 (YES — *Young Engineers Satellite 2*), realizowany we współpracy z Centrum Badań Kosmicznych PAN. Obejmował on opracowanie systemu lokalizacji zasobnika zrzuconego na Ziemię z niskoorbitalnego satelity. Pracę wykonywał zespół studentów Instytutu pod kierunkiem Krzysztofa Kurka (opiekuna Koła Naukowego). Prace nad satelitą studenckim kontynuowano w latach 2006–2009. W wyniku tych prac powstał studencki **model pikosatelity**. Jednak do umieszczenia go na orbicie droga jeszcze daleka.

Warta wspomnienia jest również **działalność ekspercka** pracowników i zespołów zajmujących się technikami radiowymi, w tym opracowania przygotowywane na zlecenie Urzędu Komunikacji Elektronicznej i jego poprzedników. Choć są to prace o stosunkowo niewielkich budżetach, mają istotny wpływ na kształtowanie pozycji Instytutu (i Wydziału) w opinii środowiskowej.

Wymieńmy tu (oprócz wcześniej wspomnianego opracowania dotyczącego radiofonii cyfrowej) m.in. prace o następujących tytułach:

- *Opracowanie analizy techniczno-ekonomicznej dotyczącej wdrożenia systemu GSM-R na linii kolejowej E-20* — na zamówienie Telekomunikacji Kolejowej — Tomasz Kosiło, Józef Modelski (2003);
- *Koncepcja zagospodarowania polskich zasobów orbitalnych* — raport przygotowany na zlecenie Urzędu Regulacji Telekomunikacji i Poczty przez zespół pod kier. prof. Józefa Modelskiego (2004);
- *Koncepcja wdrożenia telewizji cyfrowej w Polsce* — raport przygotowany na zlecenie Polskiej Izby Komunikacji Elektronicznej przez zespół pod kier. prof. Józefa Modelskiego (2010);
- *Opracowanie metodyki badania kompatybilności stacji systemu CDMA 2000 i GSM 900* — na zlecenie Urzędu Regulacji Telekomunikacji i Poczty — Jacek Cichocki (2005);
- *Ekspertyza sieci radiowej dla potrzeb systemu monitoringu wizyjnego* — wykonana na zlecenie Urzędu Miasta Warszawy — Tomasz Kosiło, Wojciech Kazubski, Henryk Chaciński (2005);
- *Rozpoznanie rozwoju służb radiokomunikacji i radiodyfuzji satelitarnej na orbicie geostacjonarnej (GEO) oraz opis możliwych działań w gospodarce widmem* — na zamówienie Instytutu Łączności — Józef Modelski, Krzysztof Kurek, Tomasz Keller (2006);
- *Przyszłość technik satelitarnych w Polsce* — opracowanie wykonane w ramach projektu FORESIGHT finansowanego przez Biuro ds. Przestrzeni Kosmicznej — Józef Modelski (2006–2008)

oraz ekspertyzy dotyczące instalacji nowego sprzętu na lotniskach w Warszawie, Poznaniu, Wrocławiu, Rzeszowie i Gdańsku, zamówione przez Polską Agencję Żeglugi Powietrznej i poszczególne porty lotnicze — Wojciech Gwarek, Wojciech Wojtasiak, Daniel Gryglewski, Paweł Kopyt (2009–2010).

TECHNIKI MULTIMEDIALNE — ELEKTROAKUSTYKA

Dźwięk — nośnik informacji. Ale także — dźwięki jako źródło wrażenia estetycznego, a nie-
rzadko — artystycznego. Postęp w technikach przetwarzania, zapamiętywania i odtwarzania
dźwięku jest ogromny. Również w ostatnich latach...

Elektroakustyka w Politechnice Warszawskiej ma tradycje ponad 60-letnie (pierwsze wy-
kłady dotyczące technik dźwiękowej prowadzono już w okresie międzywojennym). W 1950
roku utworzono Katedrę Elektroakustyki, od 1970 roku działa, w ramach Instytutu Radioelek-
troniki, Zakład Elektroakustyki. Z historią Zakładu są związane dwie wybitne postacie polskiej
akustyki. Pierwszą z nich był **profesor Ignacy Malecki** (1912–2004), współtwórca współczes-
nej akustyki polskiej, autor kilku fundamentalnych dzieł z dziedziny akustyki, członek rzeczy-
wisty PAN, nauczyciel i wychowawca kilku pokoleń inżynierów i naukowców. Drugą był
docent Witold Straszewicz (1919–1998), specjalizujący się w akustyce architektonicznej
i budowlanej, twórca sal koncertowych i teatralnych w Polsce o doskonałej akustyce, w tym
Studia Koncertowego Polskiego Radia (dawne S1) im. W. Lutosławskiego, uważanego za jed-
no z najlepszych w Europie. Docent Witold Straszewicz był kierownikiem Zakładu Elektro-
akustyki w latach 1970–1975 i 1982–1989, funkcje kierowników pełnili również: dr Andrzej
Leszczyński (1975–1978 i 1989–1998) oraz profesor Adam Fiok (1978–1982). Od 1998 roku
kierownikiem jest profesor Zbigniew Kulka.

Działalność naukowa prowadzona była w Zakładzie Elektroakustyki we wszystkich głów-
nych dziedzinach akustyki (podstawy fizyczne akustyki i elektroakustyki, technika dźwię-
kowa, cyfrowa technika foniczna, akustyka architektoniczna, akustyka muzyczna, ochrona
przeciwdźwiękowa i technika ultradźwiękowa), w różnym czasie i z różną intensywnością.
Efekty tej działalności to nie tylko liczne publikacje i rozprawy doktorskie, ale także projek-
ty wielu sal koncertowych i teatralnych, mierniki poziomu dźwięku, defektoskopy ultradźwię-
kowe, deflektory akustooptyczne, działalność normalizacyjna w skali międzynarodowej,
ekspertyzy dotyczące metod zwalczania hałasu oraz wiele innych dokonań wdrożonych
w różnych obszarach gospodarki i kultury.

* * *

W skład Zakładu Elektroakustyki wchodzi obecnie dwa zespoły: Zespół Elektroakustyki,
którym kieruje profesor Zbigniew Kulka (jednocześnie kierownik Zakładu Elektroakustyki)
i Zespół Komputerowych Technik Pomiarowych (od 2004 roku) kierowany przez profesora
Wiesława Winieckiego. Działalność Zespołu Komputerowych Technik Pomiarowych oma-
wiana jest w eseju dotyczącym metrologii.

W okresie ostatnich dziesięciu lat tematyka dydaktyczna i naukowo-badawcza Zespołu
Elektroakustyki (ZEA) została ukierunkowana głównie na dziedziny cyfrowej techniki fonicz-
nej, w tym techniki studyjnej. Zainteresowania naukowe poszczególnych pracowników Za-
kładu koncentrują się na takich zagadnieniach, jak:

- fizyczne podstawy akustyki, akustyczne i elektroakustyczne systemy pomiarowe, prze-
tworniki elektroakustyczne (Piotr Bobiński, Andrzej Leszczyński, Jan Żera),
- akustyka architektoniczna, odbiór i kształtowanie dźwięku, subiektywne i obiektywne
metody pomiaru jakości dźwięku (Maria Tajchert),
- cyfrowe przetwarzanie sygnałów fonicznych, dźwiękowa technika studyjna (Zbigniew
Kulka, Piotr Nykiel, Marcin Lewandowski), zastosowanie procesorów sygnałowych w cy-
frowych systemach fonicznych, metody i algorytmy syntezy dźwięku (Piotr Bobiński, Piotr
Nykiel),
- ochrona środowiska naturalnego przed hałasem, ochronniki słuchu, metody pasywnej
redukcji hałasu (Ewa Kotarbińska, Jan Żera),
- akustyka muzyczna, psychoakustyka, metodyka testów słuchowych (Jan Żera).

W tym obszarze są prowadzone prace badawcze, pomiarowe i aplikacyjne. Biorą w nich
aktywny udział doktoranci i dyplomanci Zakładu. W realizacji zadań naukowych i dydaktycz-
nych są bardzo pomocne dwa unikatowe pomieszczenia specjalistyczne, stanowiące podsta-

wową infrastrukturę Zakładu: komora bezechowa i studio nagrań dźwiękowych. Laboratoria wykorzystujące te pomieszczenia są wyposażone w analogowy i cyfrowy sprzęt pomiarowy oraz specjalistyczne programy komputerowe, m. in. urządzenia pomiarowe renomowanych firm Brüel & Kjaer i Audio Precision (AP). Komputerowe systemy pomiarowe firmy AP są szczególnie przydatne w realizacji prac naukowo-badawczych i studenckich prac dyplomowych z dziedziny cyfrowej techniki fonicznej.

Komora bezechowa o objętości około 350 m³ charakteryzuje się częstotliwością odcięcia około 80 Hz i poziomem zakłóceń nieprzekraczającym 20 dB(A). Jako ustroje dźwiękochłonne zastosowano kliny o długości 65 cm, wypełnione watą szklaną w otulinie z płótna szklanego. W polu swobodnym w komorze bezechowej można mierzyć parametry przetworników elektroakustycznych (np. charakterystyki częstotliwościowe, charakterystyki kierunkowości), źródeł dźwięku (przede wszystkim moc) oraz przeprowadzać badania psychoakustyczne w precyzyjnie zdefiniowanym polu akustycznym (odbicia o określonym poziomie, widmie, czasie dojścia, kierunku). Do pomiarów w komorze bezechowej wykorzystuje się głównie klasyczny sprzęt pomiarowy firmy Brüel & Kjaer (generatory, analizatory, wzmacniacze pomiarowe, rejestratory, stolik obrotowy, mikrofony pomiarowe), jednodziedzinowy komputerowy system pomiarowy *System One* firmy Audio Precision oraz skomputeryzowany system *Clio* firmy Audiomatica do wszechstronnych pomiarów elektroakustycznych.

Studio nagrań obejmuje salę nagrań o objętości około 330 m³ i czasie pogłosu krótszym od 1 sekundy (o przebiegu wyrównanym w funkcji częstotliwości) oraz dwie reżysernie (dydaktyczną na poziomie sali nagrań i profesjonalną — kondygnację wyżej) z komunikacją wizualną z salą nagrań oraz elektroniczną łącznością wewnętrzną. Sala ma odpowiednie właściwości akustyczne do realizacji nagrań lektorskich, audycji słowno-muzycznych oraz małych zespołów muzycznych. Studio jest wyposażone w systemy do rejestracji, obróbki, miksowania i edycji dźwięku. Dźwięk może być rejestrowany zarówno w postaci analogowej (na taśmie magnetofonu studyjnego), jak i cyfrowej (na taśmie magnetofonu cyfrowego lub dysku twardym komputera). Sala nagrań może być również wykorzystywana jako pomieszczenie odsłuchowe przy przeprowadzaniu słuchowych ocen jakości dźwięku.

Wyposażenie sprzętowe Zakładu Elektroakustyki i jego studia nagrań zostało w ubiegłych latach wzbogacone o profesjonalne urządzenia pomiarowe i studyjne wysokiej klasy, m.in. dwudziedzinowy komputerowy system pomiarowy *System Two Cascade* firmy Audio Precision, zestawy głośnikowe typu *SPACE 3.1* (2 sztuki) firmy Nykiel Audio oraz dwukanałowe przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe firmy dCS. Część sprzętu zakupiono dzięki dofinansowaniu uzyskanemu od Fundacji Wspierania Rozwoju Radiokomunikacji i Technik Multimedialnych.

Wśród prac naukowo-badawczych i technicznych prowadzonych w obszarze elektroakustyki można wymienić takie, jak:

- modelowanie, konstrukcja i badania mikrofonów oraz urządzeń głośnikowych,
- modelowanie pola akustycznego,
- realizacja i badania akustycznych systemów pomiarowych,
- rejestracja i obróbka dźwięku, realizacja nagrań,
- projektowanie i badania ochronników słuchu,
- testy audiologiczne i badania aparatów słuchowych,
- ocena słuchowa jakości dźwięku w systemach fonicznych, badania korelacji między parametrami obiektywnymi i parametrami oceny słuchowej,
- konstrukcja i badania fonicznych przetworników a/c i c/a, projektowanie, badania symulacyjne modulatorów sigma-delta oraz implementacja układów fonicznych w strukturach FPGA,
- projektowanie, badania symulacyjne oraz implementacja na procesorach sygnałowych różnego rodzaju fonicznych filtrów cyfrowych, konwerterów szybkości próbkowania, cyfrowych zwrotnic głośnikowych oraz układów syntezy dźwięku.

Od kilku lat trwa współpraca naukowo-badawcza ZEA z Zakładem Ochrony Drewna Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego (SGGW) obejmująca m.in. zastosowanie metod elektroakustycznych i emisji akustycznej do wykrywania, rejestracji i obróbki **niskopoziomowych sygnałów dźwiękowych** wytwarzanych przez niszczące drewno larwy owadów (Zbigniew Kulka, Piotr Bobiński i inni). Długoletnia współpraca wiąże Zakład Elektroakustyki rów-

niez z Polskim Radiem (w zakresie badań akustycznych) oraz firmami produkującymi aparaty słuchowe: Oticon, Geers, Siemens i Audio Service (Andrzej Leszczyński).

Warto również zwrócić uwagę na inne osiągnięcia naukowo-badawcze w ostatnim dziesięcioleciu:

- Andrzej Leszczyński uzyskał nagrodę 1. stopnia JM Rektora Politechniki Warszawskiej w 2002 roku za opracowanie 3 płyt testowych CD (we współpracy z Zakładem Surdopedagogiki Akademii Pedagogiki Specjalnej w Warszawie) do badania niedosłuchu u małych dzieci; płyty okazały się również niezwykle przydatnym narzędziem rehabilitacyjnym.
- W latach 1999–2002 ZEA był organizatorem corocznych Sympozjów „Nowości w Technice Audio i Wideo” (*New Trends in Audio and Video*) pod patronatem Polskiej Sekcji Audio Engineering Society. Począwszy od 2002 roku kolejne sympozja NTAiW są organizowane w odstępach dwuletnich na zmianę z „Międzynarodowym Sympozjum Inżynierii i Reżyserii Dźwięku” (ISSET).
- W ramach studenckich prac dyplomowych prowadzonych przez Ewę Kotarbińską w latach 2000–2003 zaadaptowano metodę SIL (*Speech Interference Level*) do oceny zrozumiałości mowy podczas stosowania ochronników słuchu. Wspomniana metoda została wprowadzona do załącznika (*Annex G, Method for Assessing the Speech Intelligibility for Constant Sounds — Speech Interference Level SIL — Method*) nowelizowanej obecnie normy *EN 458 Hearing Protectors — Recommendation for Selection, Use, Maintenance — Guidance Dokument*. Ewa Kotarbińska jest członkiem Grupy Roboczej Europejskiego Normalizacyjnego Komitetu Technicznego CEN TC 159/WG 5, która opracowuje wyżej wymieniony dokument.
- W 2007 roku Ewa Kotarbińska, jako członek Komitetu Organizacyjnego *The First European Forum on Existing Solutions for Managing Occupational Noise* (Lille, 3–5 lipiec 2007 roku) zorganizowała sesję dotyczącą indywidualnych ochron słuchu, a następnie była redaktorem gościnnym specjalnego numeru czasopisma naukowego *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics — Hearing Protectors* (Vol. 15, No 2, 2009) poświęconego w całości ochronnikom słuchu.
- Od 2009 roku Jan Żera jest członkiem Komitetu Technicznego 105 ds. elektroakustyki oraz rejestracji dźwięku i obrazu Polskiego Komitetu Normalizacyjnego, a w latach 1997–2002 był ekspertem grupy roboczej ISO/TC 159/SC 5/WG 3 oraz CEN/TC 122/WG 8 *Danger Signals and Speech Communication in Noisy Environments*, biorąc udział w opracowaniu norm ISO 7731 i ISO 9921.

Wśród osiągnięć naukowych pracowników ZEA w ostatnim dziesięcioleciu należy także wymienić 2 uzyskane tytuły doktora habilitowanego (Wiesław Winiecki, Jan Żera), tytuł profesorski (Wiesław Winiecki), wydane książki techniczne, skrypty akademickie, a także kilkadziesiąt publikacji w czasopismach krajowych i zagranicznych oraz referatów na konferencjach krajowych i zagranicznych oraz realizację kilku grantów MNiSZW, rektorskich i dziekańskich.

Oprócz działalności naukowo-dydaktycznej ZEA prowadził w ostatniej dekadzie różnorodną działalność popularyzatorską, m.in. przez: realizację nagrań studyjnych na potrzeby zewnętrzne, m.in. dla Państwowej Komisji Egzaminacyjnej, Chóru Politechniki Warszawskiej oraz zespołów muzycznych, a także realizację nagrań kilkuosobowych zespołów muzycznych i solistów oraz organizację w sali nagrań koncertów muzyki klasycznej.

TECHNIKI MULTIMEDIALNE — TELEWIZJA

Obraz — schwytyany, zapamiętany, przesłany, odtworzony... Magia kina, magia ruchomego obrazu z dźwiękiem. Dziś to już nie tylko rozrywka... Ale zaczynając od telewizji...

Historia telewizji na naszym Wydziale sięga swymi korzeniami jego początków, kiedy to staraniem **profesora Lesława Kędzierskiego** została utworzona Katedra Telewizji. W wyniku prac z zakresu telewizyjnych urządzeń studyjnych i odbiorczych, już w 1953 roku możliwe było wznowienie w Polsce próbnych emisji obrazów czarno-białych (pierwsze próby w tym zakresie, jedne z pierwszych w świecie, były podejmowane już w końcu lat trzydziestych ubiegłego wieku), a w 1955 roku rozpoczęcie regularnej emisji programu telewizyjnego, początkowo w Warszawie, potem w miastach wojewódzkich. Ten etap historii telewizji na Politechnice Warszawskiej został przerwany w 1963 roku odejściem do Instytutu Łączności kierownika Katedry wraz z częścią pracowników.

Kolejne etapy rozwoju tej tematyki na Wydziale to działalność Katedry Urządzeń Radio-technicznych i Telewizyjnych pod kierownictwem profesora Stanisława Ryżki (do 1970 roku) i prace Zakładu Telewizji Instytutu Radioelektroniki, pod kierownictwem: **profesora Wilhelma Rotkiewicza** (1970–1976), doktora Zdzisława Kozłowskiego (1976–1981 i 1987–1988), docenta Aleksandra Maca (1981–1987) i profesora Józefa Modelskiego (1988–1999). Głównymi osiągnięciami w latach 1970–2000 były przede wszystkim prototypy różnych urządzeń telewizji przewodowej (wdrażanych w Warszawskich Zakładach Telewizyjnych), pierwsze transkodery PAL-SECAM i pierwszy w kraju **syntezer napisów telewizyjnych** (wdrożony do produkcji w Centrum Naukowo-Badawczym Techniki Radia i Telewizji CENRiT, a wykorzystywany w Telewizji Polskiej i telewizjach kilku krajów sąsiednich). Wychowankowie Zakładu Telewizji tworzyli podstawową kadrę techniczną Telewizji Polskiej (począwszy od lat siedemdziesiątych). Absolwenci z lat 90. odegrali decydującą rolę w burzliwym rozwoju telewizji kablowej w owych latach.

* * *

Ożywienie działalności naukowej Zakładu Telewizji oraz zdecydowany zwrot w kierunku technik multimedialnych wiąże się z powołaniem w 1997 roku Pracowni Technik Multimedialnych pod kierownictwem profesora Władysława Skarbka (uprzednio pracownika Instytutu Podstaw Informatyki Polskiej Akademii Nauk). Niespełna trzy lata później, w 2000 roku profesor Władysław Skarbak objął funkcję kierownika Zakładu Telewizji, którą pełni do dzisiaj. Działalność Zakładu Telewizji, poprzednio należąca do dyscypliny **Elektronika**, stała się wyraźnie interdyscyplinarna z coraz większym udziałem zagadnień informatycznych.

Od 1997 roku systematycznie powiększa się zespół naukowy. Kolejni nauczyciele akademicy zatrudniani w zespole profesora Skarbka to jego doktoranci z Instytutu: Grzegorz Galiński (2002), Grzegorz Pastuszek (2006) i Jacek Naruniec (2010). Wraz z Markiem Rusinem, Andrzejem Buchowiczem, Krystianem Ignasiakiem, Tomaszem Krzymieniem i Tomaszem Smakuszewskim stanowią obecnie trzon Pracowni Mediów Cyfrowych Zakładu Telewizji. W ostatnich latach (2009 i 2010) skład Pracowni znacznie się poszerzył, co wynika przede wszystkim z realizacji programu PROTEUS.

Do istotnego powiększenia potencjału badawczego Zakładu w ostatnich pięciu latach doszło również w wyniku z przyłączenia dwóch pracowni istniejących już wcześniej w Instytucie. Od 2007 roku w skład Zakładu Telewizji weszła Pracownia Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów Pomiarowych kierowana przez profesora Romana Z. Morawskiego (jej działania i osiągnięcia przedstawiono w eseju dotyczącym *Systemów Pomiarowych*). W 2008 roku do Zakładu dołączył także profesor Artur Przelaskowski kierujący Pracownią Telemedycyny (obszar działalności pracowni znajduje się na pograniczu technik multimedialnych i zastosowań elektroniki i informatyki w medycynie, omówienie tej działalności zamieszczono w eseju dotyczącym *Inżynierii Biomedycznej*).

Pod opieką profesora Władysława Skarbka ukończono dziewięć prac doktorskich. Dwie z prac doktorskich dotyczyły zagadnień **kompresji wideo**, dwie inne **indeksowania multimedialnych** na podstawie cech sygnałowych i aż pięć — **analizy i rozpoznawania obrazu cyfrowego** (tematyka prac doktorskich dobrze odzwierciedla obszar działalności naukowej zespołu profesora Władysława Skarbka). Większość prac doktorskich była wspierana grantami krajowymi i europejskimi, a część powstawała w ramach projektów zamawianych przez duże

firmy krajowe i zagraniczne. Władysław Skarbek uzyskał w 2003 roku tytuł profesora nauk technicznych w dziedzinie informatyki w specjalności multimedia, od 2006 roku pracuje na stanowisku profesora zwyczajnego.

Bardzo ważnym obszarem działalności Zakładu Telewizji w ostatniej dekadzie były prace badawczo-wdrożeniowe. Pracownicy Zakładu wykonali między innymi: oprogramowanie kodera MPEG-2 i transkodera z MPEG-2 na MPEG 4 dla firmy ALVS z Izraela oraz oprogramowanie elementów **domowej platformy multimedialnej** opartej na transmisji Bluetooth dla firmy Arris Interactive z USA (2000–2001, 2008–2009). W ramach współpracy z Mitsubishi Visual Information Laboratory opracowano dwa patenty międzynarodowe dotyczące rozpoznawania obrazów twarzy.

Osiągnięcia Zakładu Telewizji zostały wielokrotnie zauważone i uznane przez polskie środowisko naukowo-techniczne, o czym świadczy zespołowa nagroda Ministra Edukacji przyznana w 2000 roku za monografię *Multimedia. Algorytmy i standardy kompresji* oraz *Multimedia. Sprzęt i oprogramowanie*, wydane przez Akademicką Oficynę Wydawniczą PLJ w latach 1998–1999.

Działalność Zakładu znajduje również uznanie poza granicami Polski, o czym świadczą liczne zaproszenia profesora Władysława Skarbka do prowadzenia seminariów i serii wykładów w naukowych instytucjach zagranicznych, takich jak renomowane uniwersytety w Surrey (Anglia), Kilonii (Niemcy), Salonikach (Grecja) czy laboratorium badawcze firmy Mitsubishi w Guildford (Anglia). Pracownicy Zakładu są zapraszani do współpracy naukowej w dużych projektach badawczych finansowanych ze środków Unii Europejskiej, były to m.in. projekty VISNET i VISNET2 oraz CODMUCA (omówione wcześniej)

Profesor Władysław Skarbek jest członkiem wielu komitetów konferencji krajowych i międzynarodowych, w tym „Computer Analysis of Images and Patterns”, CAIP’93-05 (od 1993 roku), RECPAD’94-’02, ICIAR’02-06, KKRRiT (od roku 2001) i MISSI (od 2002 roku); przewodniczącym Zespołu Multimediów przy Polskim Komitecie Normalizacyjnym (od 1999 roku); przewodniczącym delegacji polskiej na spotkania grupy roboczej ISO-SC29WG11 MPEG (od 2000 roku).

Zakład Telewizji jest aktywnym uczestnikiem prac nad **standardem MPEG-7** (ponad 10 kontrybucji w latach 2000–2005, w tym przyjęty do standardu deskryptor dominujących temperatur barwowych), a profesor Skarbek był przewodniczącym grupy koordynacyjnej w zakresie przetwarzania multimediów w obszarze projektów NAVSHP 6. Ramowego programu Unii Europejskiej (the Convenor of Media Processing Coordination Group for Networked Audiovisual Systems and Home Platforms) w latach 2004–2005.

Bogaty dorobek publikacyjny Zakładu Telewizji obejmuje m.in. trzy monografie, pięć skryptów akademickich i kilkanaście rozdziałów w książkach i monografiach oraz ponad 10 raportów dla grupy ISO/IEC MPEG).

Zagadnienia, na których obecnie koncentruje się aktywność badawcza zespołu profesora Władysława Skarbka to przede wszystkim:

- detekcja i śledzenie charakterystycznych punktów twarzy,
- kalibracja i kompensacja zniekształceń w urządzeniach akwizycji obrazu,
- analiza ruchu obiektów 3D,
- sprzętowa adaptacyjna estymacja ruchu,
- implementacja sprzętowa kodeków wizji standardu H.264/AVC,
- wyszukiwanie obrazów na podstawie dominujących temperatur barwowych.

Warto dodać, że od kwietnia 2011 roku działa pod opieką profesora Władysława Skarbka Koło Naukowe Multimediów w Grach Edukacyjnych (MuGEd). Działalność Koła ma koncentrować się na wykorzystaniu multimediów w procesach edukacyjnych, przede wszystkim z zastosowaniem urządzeń mobilnych. *Nowe wizja gier edukacyjnych, tworzenie oprogramowania na systemy mobilne i olbrzymia interdyscyplinarność prowadzonych prac stanowią znak rozpoznawczy naszego Koła* — tak piszą młodzi adepci multimediów. Życzymy im sukcesów.

PODSUMOWANIE

Ostatnie 10 lat historii naszego Wydziału to w obszarze **radiokomunikacji i technik multimedialnych** ważny okres w kształceniu i rozwoju kadry: w tym czasie 6 osób uzyskało tytuły profesorskie, 3 osoby — stopnie doktora habilitowanego, a 37 — stopnie doktora nauk technicznych (w tym 17 osób w dyscyplinie **Telekomunikacja**, 14 osób w dyscyplinie **Elektronika** i 6 w dyscyplinie **Informatyka**). Tytuły inżynierów i magistrów inżynierów uzyskało ponad 1500 osób, ponad 3000 uczestników z czołowych firm krajowych polskiego rynku telekomunikacyjnego i medialnego wzięło udział w różnego rodzaju kursach specjalistycznych.

Ostatnie 10 lat to także realizacja 9 projektów w ramach Programów Europejskich, jest to liczba znacząca w skali Wydziału, a nawet całej Uczelni. Równocześnie prowadzono badania w ramach grantów (Komitetu Badań Naukowych, Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, uczelnianych i wydziałowych).

Tematyka radiokomunikacyjna i multimedialna uprawiana jest przede wszystkim w Instytucie Radioelektroniki, zajmuje się nią większość pracowników Instytutu, w tym 12 profesorów i doktorów habilitowanych, a wśród nich dwóch członków Polskiej Akademii Nauk (profesor Stefan Hahn — członek rzeczywisty, profesor Józef Modelski — członek korespondent). Dwóch profesorów należy do nielicznej grupy polskich naukowców uhonorowanych stopniem *Fellow of the Institute of Electrical and Electronics Engineers* (Wojciech Gwark i Józef Modelski).

Dyrektor Instytutu, profesor Józef Modelski, osiągnął bardzo wysoką pozycję na forum światowym — przede wszystkim w IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*): w 2008 roku pełnił funkcję prezydenta *Microwave Theory and Techniques Society*, a w latach 2009–2010 — dyrektora Regionu 8. IEEE (Region 8 obejmuje, Europę, Afrykę i Bliski Wschód), był pierwszym Polakiem na tak prestiżowych stanowiskach.

Obok znanych wcześniej szkół naukowych (działających do dziś): profesora Stefana Hahna (23 wypromowanych doktorów) i profesora Tadeusza Morawskiego (21 wypromowanych doktorów), w ostatniej dekadzie wykrystalizowały się 4 nowe szkoły: profesora Józefa Modelskiego w dziedzinie radiokomunikacji (19 doktorów), profesora Władysława Skarbka w dziedzinie inteligentnych systemów multimedialnych (9 doktorów), profesora Wojciecha Gwarka w dziedzinie modelowania elektromagnetycznego (7 doktorów) i profesora Jacka Wojciechowskiego w dziedzinie sieci radiowych i metod heurystycznych (8 doktorów).

Wiele zespołów działających na naszym Wydziale w obszarze radiokomunikacji i technik multimedialnych uzyskało znaczące pozycje na świecie. Są to przede wszystkim zespoły: profesora Wojciecha Gwarka — w dziedzinie symulatorów elektromagnetycznych, profesora Stefana Hahna — w zakresie teorii sygnałów wielowymiarowych, profesora Józefa Modelskiego — w dziedzinie anten inteligentnych i profesora Władysława Skarbka — w dziedzinie inteligentnych systemów multimedialnych.

Nasze osiągnięcia to nie tylko setki publikacji w czasopismach międzynarodowych i wiele wystąpień konferencyjnych, ale także liczne wdrożenia — przypomnijmy przykładowo: udział w opracowaniu standardu szybkiej transmisji danych w sieciach telewizji kablowej DOCSIS 3.0 (w ramach projektu CODMUCA), system pomiarowy i stanowisko namierzania emisji (wykonane na potrzeby Urzędu Regulacji Telekomunikacji i Poczty) oraz rodzinę konwerterów radiowych wdrożonych przez operatorów sieci komercyjnych i użytkowników wojskowych.

Wnieśliśmy również istotny wkład w rozwój kilku ważnych konferencji krajowych i międzynarodowych. Należy tu wymienić przede wszystkim MIKON — *International Conference on Microwaves, Radar and Wireless Communications*, która uznawana jest za najważniejszą konferencję mikrofalową w regionie Europy Środkowej i Wschodniej, oraz KKRRiT — *Krajową Konferencję Radiokomunikacji, Radiofonii i Telewizji*, która stała się najważniejszą konferencją naukowo-techniczną w tej dziedzinie. Wśród innych, cyklicznych konferencji, w których organizację włączyli się pracownicy Wydziału, można wymienić np. Sympozja „Nowości w Technice Audio i Wideo”.

Dobłą bazę do kształcenia specjalistów oraz do realizacji znaczących projektów krajowych i międzynarodowych stanowi ponad 20 laboratoriów, z których duża część jest wyposażona w nowoczesną aparaturę. Do unikatowych w skali kraju można zaliczyć m.in. akustyczną komorę bezdechową (jedną z największych w Polsce), antenową komorę bezodbiciową (umożliwiającą pomiary w dziedzinie czasu i częstotliwości w zakresie do 50 GHz),

studio nagrań dźwiękowych, laboratoria radiokomunikacyjne. Na wyróżnienie zasługują również laboratoria: systemów pomiarowych, techniki mikrofalowej, anten, telewizji oraz technik multimedialnych. Zupełnie nowe możliwości badawcze stworzy, już wkrótce, nowo powstające laboratorium technik terahercowych.

Wydarzeniem istotnym dla naszych dziedzin było powołanie w 1999 roku z inicjatywy profesora Józefa Modelskiego Fundacji Wspierania Rozwoju Radiokomunikacji i Technik Multimedialnych⁴. Fundacja zrzesza obecnie ponad 20 znanych firm, działających na rynku usług telekomunikacyjnych i multimedii⁵. Sponsorują one statutową działalność fundacji, skoncentrowaną na wspomaganiu rozwoju młodej kadry naukowej i szczególnie uzdolnionych studentów, a także na wspieraniu unowocześniania bazy laboratoryjnej. W ciągu prawie jedenastu lat działania Fundacja przyznała ponad 190 stypendiów (habilitacyjnych, doktoranckich, studenckich, na wspomnienie udziału w międzynarodowych projektach badawczych oraz na opracowanie podręczników), z czego ponad połowa trafiła do doktorantów i młodych pracowników Instytutu. Znaczne sumy przeznaczone są na zakup aparatury badawczej. Instytut Radioelektroniki Politechniki Warszawskiej jako jeden z głównych beneficjentów działalności Fundacji zmodernizował lub zbudował od podstaw siedem laboratoriów naukowych i dydaktycznych.

Dziedziny, którymi się zajmujemy, są nadal w okresie burzliwego rozwoju, nie sposób przecenić ich roli w kształtowaniu współczesnych społeczeństw opartych na wiedzy, korzystających z powszechnego dostępu do informacji i rozrywki.

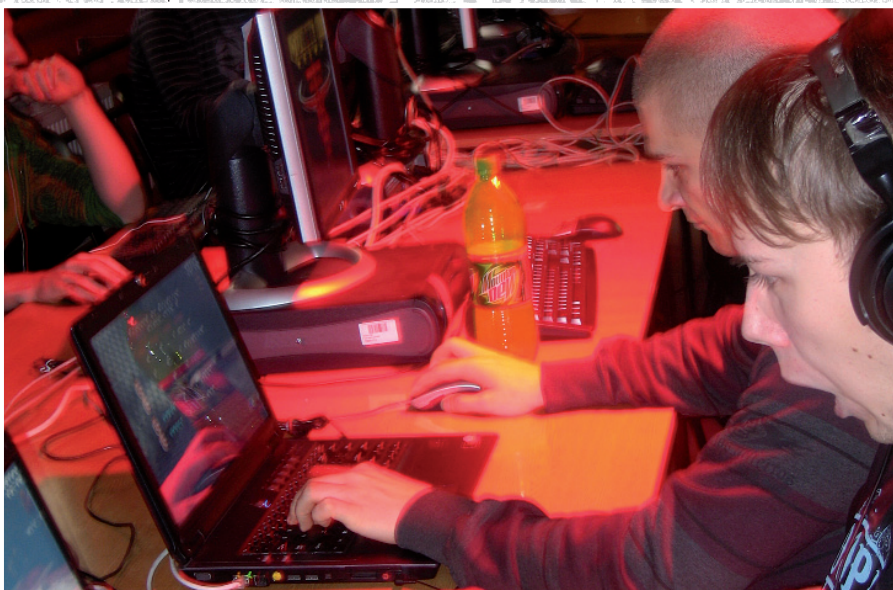
To dobrze rokuje nam i naszym następcom. Nasza specjalność cieszy się coraz większym zainteresowaniem studentów, nie brak chętnych na studia III stopnia. Znaczna część nowo promowanych doktorów podejmuje pracę na Wydziale, rozwijając swe zainteresowania i talenty, twórczo korzystając z osiągnięć starszych, doświadczonych kolegów.

Mamy nadzieję, że za 10 lat — na 70-lecie Wydziału — napiszą jeszcze bardziej entuzjastyczny esej.



⁴ www.ire.pw.edu.pl/fundacja

⁵ Radę Fundacji tworzą prezesi zarządów wszystkich firm. W ostatnich latach Prezesami Rady Fundacji byli: Maciej Witucki (Telekomunikacja Polska S.A.), Andrzej Dulka (Alcatel-Lucent Polska), Radomir Grucha (Nokia-Siemens Networks) i Robert Czarnecki (Ericsson), obecnie Radzie przewodzi Marek Huzarewicz (Philips Polska).



informatyka

WSTĘP

W niniejszym tekście skoncentrujemy się głównie na działalności Instytutu Informatyki w latach 2001–2011. Taką konwencję sugeruje organizacyjny podział Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych. Jednak informatyka, rozumiana jako dyscyplina naukowa, pole działalności badawczej, projektowej i dydaktycznej, jest od lat obecna w codziennej praktyce wszystkich instytutów Wydziału: od Instytutu Automatyki i Informatyki Stosowanej, przez Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki, Radioelektroniki, Systemów Elektronicznych, do Instytutu Telekomunikacji. Wszystkie te zespoły nie tylko od lat wykorzystują w badaniach i dydaktyce środki informatyki: komputery, specjalistyczne oprogramowanie itd., ale również opracowują i wykonują zaawansowane urządzenia cyfrowe i oryginalne oprogramowanie, znajdujące nowatorskie zastosowanie w uprawianych przez nie dziedzinach.

Potwierdzenie tych słów i liczne przykłady na nierozzerwalne związki uprawianych na Wydziale badań i nauczania z informatyką znajdzie Czytelnik z pewnością w podobnych opracowaniach innych Instytutów. My zaś pozostaniemy przy działalności Instytutu Informatyki.

O bieżącym stanie Instytutu i o jego działalności w ostatnim dziesięcioleciu trudno mówić w zupełnym oderwaniu od tego, co było ważne w jego wcześniejszych dziejach. Dlatego uznaliśmy za celowe poprzedzić refleksję o działalności Instytutu w ostatnich dziesięciu latach — przytoczeniem podstawowych faktów z jego wcześniejszej historii. Warto przypomnieć, że pierwsze półwiecze Instytutu, a więc jego losy w latach 1951–2001, doczekało się dość dokładnego opisu¹ przy okazji obchodów pięćdziesięciolecia Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych. Do tego opracowania odsyłamy Czytelnika zainteresowanego dokładniejszymi szczegółami historii Instytutu w tamtych latach, a także naukowym, politycznym, a zwłaszcza personalnym kontekstem tamtych wydarzeń.

RZUT OKA NA LATA 1951–2001

Patrząc z dzisiejszej perspektywy, pierwsze pięćdziesięciolecie Instytutu Informatyki (choć pod tą nazwą działa dopiero od 1975 roku) można umownie podzielić na następujące trzy okresy:

- lata 1951–1981, które można nazwać trzydziestoleciem powstawania i kształtowania się oblicza Instytutu w ówczesnej rzeczywistości gospodarczej, politycznej i technicznej,

¹ R.Z. Morawski (red.), *Wczoraj, dziś i jutro Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej, 1951–2001*. Zbiór esejów wydany z okazji Jubileuszu Pięćdziesięciolecia Wydziału, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.

Jerzy Mieścicki

dr inż.
e-mail: j.mieścicki@ii.pw.edu.pl

Piotr Gawrysiak

dr hab.
Instytut Informatyki
Gmach Elektroniki, p. 204
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. +48-22-234-7432
e-mail: p.gawrysiak@ii.pw.edu.pl

Henryk Rybiński

Prof. dr hab.
Instytut Informatyki
Gmach Elektroniki, p. 204
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. +48-22-234-7432
e-mail: h.rybiński@ii.pw.edu.pl

- lata 1982–1989, które stanowią najtrudniejszy, wręcz kryzysowy okres w historii Instytutu. Nieprzypadkowo zaczyna się on w dramatycznym dla Polski okresie stanu wojennego, a kończy wraz z początkiem zmianami ustrojowymi w Polsce,
- lata 1990–2001, w których podjęto trud zdefiniowania od nowa tematyki badań oraz działalności dydaktycznej Instytutu w nowej sytuacji społecznej i gospodarczej, a także zbudowania nowego modelu organizacyjnego Instytutu.

LATA 1951–1981

Pierwszy okres wiąże się wyraźnie z osobą profesora Antoniego Kilińskiego. Został on w 1951 roku kierownikiem Katedry Radiofonii w nowo utworzonym wówczas Wydziale Łączności Politechniki Warszawskiej. Antoni Kiliński będzie potem przez następne 27 lat (a więc przez prawie połowę całego czasu istnienia Instytutu) kierował Katedrą i kolejnymi jednostkami, w jakie się przekształcała. Wywrze wyraźny, znaczący wpływ na kształt i organizacyjny rozwój nie tylko Instytutu, ale również na stan techniki komputerowej w Polsce i proces akademickiego nauczania w tej dziedzinie.

Warto przypomnieć, że w uznaniu zasług Antoni Kiliński został (niestety już pośmiertnie, zmarł bowiem w 1989 roku) uhonorowany w 1997 roku prestiżowym medalem Pioniera Informatyki (*Computer Pioneer*), nadanym mu przez IEEE Computer Society, największe międzynarodowe stowarzyszenie informatyków.

Kierowana przez Antoniego Kilińskiego Katedra Radiofonii przekształca się w 1953 roku w Katedrę Konstrukcji Telekomunikacyjnych i Radiofonii. Potem, w 1963 roku Katedra zmienia nazwę na Katedrę i Zakład Budowy Maszyn Matematycznych (KBMM i ZBMM). W 1970 roku stanie się Instytutem Budowy Maszyn Matematycznych, a w 1975 roku — Instytutem Informatyki. Pod tą nazwą funkcjonuje do dziś.

Przez cały omawiany okres (a nawet dłużej, do 1991 roku) charakterystyczną cechą Instytutu było posiadanie dużego Zakładu Doświadczalnego, ukierunkowanego na konstruowanie prototypów, a nawet na małoseryjną produkcję zaawansowanej aparatury cyfrowej. Istnienie Zakładu Doświadczalnego determinowało w znacznym stopniu zarówno proces dydaktyczny, jak tematykę prac badawczych. Profesor Kiliński kładł wielki nacisk na praktyczny, inżynierski charakter prowadzonych w Instytucie prac. Nauczyciele akademicy uczestniczyli w projektach B+R na równych prawach z kolegami z Zakładu Doświadczalnego, a inżynierowie z Zakładu prowadzili niektóre zajęcia dydaktyczne. Realizowane w ten sposób konstrukcje (zarówno sprzętowe, jak i programowe) były przez wiele lat źródłem prestiżu i pozycji Instytutu w naszej Uczelni i w całej polskiej informatyce.

Zespół profesora Kilińskiego rozpoczął własny projekt budowy komputera równoległe i niezależnie od specjalistów z PAN, którzy w owym czasie również pracowali nad pierwszymi projektami maszyn cyfrowych (EMAL, XYZ, potem ZAM). W rezultacie, w drugiej połowie lat pięćdziesiątych w Katedrze i Zakładzie KTiR powstał najpierw model laboratoryjny EMC (po prostu: *Elektroniczna Maszyna Cyfrowa*), a następnie prototyp (1960) i pięć egzemplarzy maszyny UMC 1 (*Uniwersalna Maszyna Cyfrowa*). Był to komputer lampowy, z pamięcią operacyjną o pojemności 4K słów (36-bitowych), zrealizowaną w postaci bębna magnetycznego. UMC 1 programowano w oryginalnym (niskopoziomowym) języku programowania o nazwie W-20. Projekt organizacji maszyny był autorstwa Zdzisława Pawlaka. Wszystkie podzespoły maszyny, począwszy od kilkuset pakietów zawierających układy logiczne, przez głowice magnetyczne, mechanikę i pokrycie samego bębna, aż do konstrukcji mechanicznej całości, układu zasilania i chłodzenia — wykonano w warsztatach Zakładu Doświadczalnego.

Maszyna UMC 1 okazała się urządzeniem na tyle udanym i niezawodnym, że władze polskiego przemysłu elektronicznego zdecydowały o podjęciu przemysłowej produkcji tych maszyn we wrocławskich zakładach ELWRO. W rezultacie, w latach 1962–1964, w ELWRO wyprodukowano serię (aż!) 25 sztuk maszyn UMC 1. Był to więc pierwszy komputer wytwarzany w Polsce na (ówczesną) skalę przemysłową.

Po UMC 1 przyszły projekty innych uniwersalnych maszyn cyfrowych, jak UMC 10 oraz AMC 1, i później, już w latach siedemdziesiątych — minikomputer UMC 20 (KRTM). Pierwsza z nich była udoskonaloną wersją UMC 1, już z pamięcią ferrytową. Wykorzystywano ją (powieloną w trzech egzemplarzach) na potrzeby obliczeń w polskiej geodezji. Maszynę AMC 1 zrealizowano w przestarzałej technice lampowej i projekt nie miał kontynuacji.

Budowę systemu UMC 20 rozpoczęto w 1972 roku. Maszyna UMC 20 była uniwersalnym systemem minikomputerowym, wyposażonym w 16 terminali (z klawiaturą i monitorem ekranowym), posiadającym system operacyjny wzorowany na UNIXie. Zarówno zasady organizacji, jak i cały hardware i cały software systemu były oryginalnymi projektami Instytutu. Całkowicie ukończony, sprawny prototyp systemu powstał w roku akademickim 1974/1975.

Oprogramowanie aplikacyjne przystosowywało system do jego podstawowej przewidywanej funkcji — wstępnej edycji danych w ośrodkach obliczeniowych. Przewidywano znaczne zapotrzebowanie na systemy tego typu i zakładano przekazanie UMC 20 do seryjnej produkcji w warszawskich zakładach MERAMAT.

Niestety, przewidywany producent zerwał porozumienie i zakupił licencję na funkcjonalnie podobny system brytyjski. Wówczas dla UMC 20 wykonano kompilator pełnego ANSI FORTRAN IV oraz bibliotekę funkcji do obliczeń geodezyjnych, a następnie zbudowano w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu w sumie siedem egzemplarzy systemu. Zainstalowane w latach 1979–1983 (pod nazwą GEO 20) w siedmiu (**wszystkich siedmiu**) okręgowych przedsiębiorstwach geodezyjnych i kartograficznych w Polsce stanowiły aż do końca lat osiemdziesiątych podstawowe komputery obliczeniowe dla tej dziedziny w naszym kraju.

Znacznie większy praktyczny sukces odniosły budowane w ZBMM specjalizowane konstrukcje urządzeń cyfrowych. Większość z nich nazwalibyśmy dziś systemami wbudowanymi. Na pierwszym miejscu należy wymienić urządzenia ANOPS, służące do analizy przebiegów EEG. Zaprojektowane we współpracy z warszawską Akademią Medyczną, stały się one wyposażeniem wielu klinik i oddziałów neurologicznych Polsce i za granicą. Pierwsza wersja urządzenia (ANOPS 1) wykonana w latach 1967–1970, otrzymała I nagrodę w prestiżowym wówczas ogólnopolskim konkursie „Mistrz Techniki”. Potem produkowano ANOPS 10 (wersja tranzystorowa), wreszcie ANOPS 100 i 101, z coraz większym udziałem układów scalonych i o coraz bardziej rozbudowanych funkcjach. W sumie, przez dwudziestolecie wyprodukowano ponad 150 sztuk różnych urządzeń typu ANOPS, z czego ponad 80 sztuk na eksport.

W omawianym okresie zrealizowano także prototypy lub małe serie wielu innych specjalistycznych urządzeń, jak KARDIO 78 (do nieinwazyjnego badania układu przewodzącego serca), GEO 1 i GEO 2 (do obliczeń numerycznych w geodezji), UMB 1 i UMB 10 (Uniwersalny Moduł Biomedyczny, do rejestracji i przetwarzania sygnałów bioelektrycznych), WEGA (przetwarzania sygnałów geofizycznych w toku poszukiwań złóż ropy) i inne.

Oczywiście, Katedra Konstrukcji Telekomunikacyjnych i Radiofonii od początku była jednostką Uczelni, zobowiązana także do prowadzenia zajęć dydaktycznych. Już równoległe z konstruowaniem UMC 1, specjaliści z Katedry i Zakładu KTiR podejmują nauczanie studentów w dziedzinie programowania, projektowania układów logicznych, arytmetyki dwójkowej itp. Na Wydziale Łączności zostaje utworzona specjalność **Automatyka i Maszyny Matematyczne**. Pierwsi absolwenci tej specjalności uzyskują dyplomy w 1962 roku.

W drugiej połowie lat 60., pierwsi pracownicy Katedry uzyskują stopnie doktora i doktora habilitowanego, a Katedra zaczyna przypominać swą strukturą personalną typową akademicką „piramidę”, z profesorem, docentami, adiunktami, asystentami... Tematyka owych doktoratów i habilitacji dotyczy wówczas przede wszystkim zagadnień niezawodności systemów cyfrowych, ich projektowania z uwzględnieniem rozrzutu parametrów, testowania, diagnostyki itd., a także innych zagadnień ważnych dla tamtego etapu rozwoju informatyki — arytmetyki dwójkowej i mikroprogramowania.

Stopniowemu wzbogaceniu o nowe wykłady i laboratoria podlega także oferta dydaktyczna Instytutu. Wreszcie, w 1975 roku, gdy Instytut przekształcił się w Instytut Informatyki — został uruchomiony oddzielny kierunek studiów — **Informatyka**, trzeci w ramach Wydziału, obok **Elektroniki i Telekomunikacji**. Jego zorganizowanie jest zasługą Antoniego Kilińskiego, ale również Jana Zabrodzkiego, który był głównym autorem *curriculum* dla tego kierunku.

W latach siedemdziesiątych tematyka badawcza uprawiana w Instytucie wzbogaciła się o nowe zagadnienia o charakterze bardziej teoretycznym, dotyczące modelowania współbieżnych procesów, modelowania wydajności systemów, projektowania systemów operacyjnych i specyfikacji oraz weryfikacji mikroprogramów. Powstały liczne prace doktorskie, następnymi dwiema habilitacje, wartościowe podręczniki i publikacje.

W końcu lat siedemdziesiątych wydawało się więc, że Instytut ma już dobrze sprecyzowaną tematykę badawczą, konstrukcyjną i dydaktyczną, opiekuje się własnym kierunkiem

studiów, a proces rozwoju naukowego kadry Instytutu nabrał naturalnego tempa. W tej sytuacji, profesor Antoni Kiliński odszedł na emeryturę (1978), zostawiając Instytut Informatyki w rękach wypromowanych przez siebie współpracowników, którzy kontynuowali w zasadzie wypracowany kierunek działalności do 1981 roku.

LATA 1982–1989

Jednak od paru lat w Polsce i w pozostałych krajach obozu komunistycznego narastały objawy kryzysu. Wiemy, do czego to doprowadziło: do wielkiego strajku w 1980 roku, powstania NSZZ Solidarność, miesięcy zmagania z „władzą” — wreszcie do ogłoszenia stanu wojennego w grudniu 1981 roku.

Po złączeniu restrykcji stanu wojennego, wiele osób zdecydowało się na emigrację. W pierwszej połowie lat 80 z Instytutu, którego kadra dydaktyczna liczyła około 30 osób — odchodzi kilkanaście osób, w tym około dziesięcioro ze stopniem doktorskim. Oznacza to nie tylko wielką stratę potencjału intelektualnego, ale również obciążenie ponad miarę tych, którzy pozostali, obowiązkami dydaktycznymi i organizacyjnymi.

Mimo tych trudności, Instytut kontuuje swą misję. Tematyka badań rozszerza się o programowanie współbieżne, projektowanie systemów operacyjnych, modele współbieżności, grafikę komputerową. Powstaje modułowy system mikroprocesorowy (MSM), który stanie się podstawą laboratorium dydaktycznego oraz kilku projektów B + R. Ruszają prace nad maszyną GEO 3, nową wersją urządzenia WEGA, budową kilkunastu koncentratorów danych dla kopalni siarki w Tarnobrzegu...

Jednak otoczenie gospodarcze i polityczne nadal pogarsza się. Narasta inflacja, która szybko pożera środki na projekty badawcze i konstrukcyjne. Źródła zamówień wysychają. Ponadto, w połowie lat osiemdziesiątych do Polski dociera fala sprzętu komputerowego importowanego głównie z Dalekiego Wschodu. Oryginalne konstrukcje nie mogą sprostać tej konkurencji. Jednocześnie, polskie przedsiębiorstwa szybko komputeryzują się, wzrasta zapotrzebowanie na specjalistów z tej dziedziny. Z Instytutu znów odchodzi wiele znaczących osób.

W końcu lat osiemdziesiątych Instytut Informatyki właściwie staje na krawędzi istnienia. Posiada zaledwie dwóch samodzielnych pracowników naukowych, laboratoria są wyposażone w boleśnie przestarzałą aparaturę, zespół Zakładu Doświadczalnego pozbawiony jest zamówień, które pozwalałyby podtrzymać jego istnienie. Staje się oczywiste, że dotychczasowy model działania musi ulec zmianie.

W tej sytuacji, w 1989 roku kierownictwo Instytutu obejmuje profesor Zdzisław Pawlak. Trzydzieści lat wcześniej był głównym autorem koncepcji UMC 1, teraz wrócił do Instytutu już jako profesor o wielkim dorobku naukowym i autorytecie w środowisku informatyków.

LATA 1990–2001

Początek lat dziewięćdziesiątych — to okres wypracowywania nowego modelu organizacyjnego, poszukiwania współczesnej tematyki naukowej i dydaktycznej, starań o lepsze wyposażenie instytutowych laboratoriów. W Instytucie powołano jeden zakład (Grafiki Komputerowej) oraz sześć pracowni. Jedną z nich podjęła badania w tematyce dla Instytutu nowej, którą przyniósł ze sobą profesor Pawlak: teorii zbiorów przybliżonych (*rough sets*, której profesor Pawlak był autorem) i metodom wnioskowania w warunkach niepełnej informacji.

W 1991 roku, po wielu próbach znalezienia nowego profilu produkcyjnego dla Zakładu Doświadczalnego Budowy Maszyn Matematycznych, podjęto decyzję o zlikwidowaniu tej jednostki. Duża grupa doświadczonych inżynierów, techników i robotników odchodzi z Uczelni lub przechodzi na wcześniejsze emerytury. Była to decyzja dla wszystkich trudna i bolesna, ale w tamtych warunkach nieunikniona.

Jednocześnie, zaczęto modernizować i rozbudowywać laboratoria Instytutu. Instytut wzbogaca się o dwa systemy komputerowe (Bull oraz IBM) oraz 32 stacje robocze SunSparc. Wzrasta liczba komputerów PC, w 1991 roku zostają one połączone siecią (Novell), a w 1992 roku powstaje instytutowa sieć LAN. Zakład Grafiki Komputerowej instaluje w swym Laboratorium dwie stacje robocze firmy Silicon Graphics z bogatym oprogramowaniem, a także inny specjalistyczny sprzęt.

Pracownie wypracowują sobie tematykę badawczą i podejmują udane starania o granty Stopniowo, ulega poprawie sytuacja personalna Instytutu. Jedna osoba (Janusz Sosnowski) uzyskuje habilitację, nagrodzoną przez Wydział IV Nauk Technicznych PAN. Dwóch profesorów (Henryk Rybiński, Mieczysław Muraszkiewicz) przenosi się do Instytutu na stałe.

Te wszystkie działania przynoszą wyraźne efekty. Wreszcie, w 1994 roku w Instytucie zostają powołane (w miejsce dotychczasowych pracowni) dwa nowe zakłady: Systemów Informatycznych oraz Oprogramowania i Architektury Komputerów. Wraz z istniejącym już Zakładem Grafiki Komputerowej stanowią one do dziś podstawowe jednostki, organizujące zarówno badania naukowe, jak i prowadzoną w Instytucie dydaktykę.

Zmianom podlegała także oferta dydaktyczna Instytutu. Już w 1989 roku Instytut współorganizuje studium podyplomowe teleinformatyki i zarządzania CITCOM. W 1994 roku zostają uruchomione studia wieczorowe na kierunku **Informatyka**, najpierw inżynierskie, potem również magisterskie.

Bardziej skomplikowane koleje losu przechodzi natomiast nauczanie na studiach dziennych. Wraz z reformą całego wydziału, istniejący od 1975 roku kierunek **Informatyka** przestaje istnieć w 1993 roku jako samodzielny byt i wtapia się w nową formę organizacyjną — makrokierunek. Instytut Informatyki prowadzi przez kilka lat starania o wznowienie nauczania na oddzielnym kierunku **Informatyka**, uzasadniając to zarówno względami merytorycznymi, jak i zrozumiałością i atrakcyjnością (dla potencjalnych studentów) terminu „informatyka” na dyplomie. Starania te przynoszą w końcu sukces i nauczanie na kierunku Informatyka na studiach dziennych rusza ponownie w 2001 roku.

Po tych kilku latach starań i pracy, nadszedł też czas na objawy uznania dla dokonania Instytutu w jego nowej formie tematycznej i organizacyjnej. Obok indywidualnych rektorskich i ministerialnych nagród za działalność naukową i dydaktyczną, należy do nich I Nagroda w konkursie Siemens (w 1996 roku, za zrealizowany wspólnie z Instytutem Techniki Ciepłej Politechniki Warszawskiej system nadzoru bloków energetycznych, wdrożony w pięciu polskich elektrowniach). Potwierdzeniem naukowej pozycji Instytutu może być także fakt, że ze znacznym udziałem jego pracowników i pod kierownictwem jego profesorów zorganizowano na Wydziale dwie duże naukowe konferencje o zasięgu międzynarodowym: RSCTC-98 (organizowaną wspólnie z Uniwersytetem Warszawskim) oraz EUROMICRO 2001 (wspólnie z Instytutem Telekomunikacji). Wspomniane na wstępie uhonorowanie przez IEEE założyciela Instytutu, profesora Kilińskiego, Medalem Pioniera Informatyki — zamknęło pierwsze pięćdziesięciolecie istnienia Instytutu Informatyki piękną, bardzo symboliczną klamrą.

OSTATNIA DEKADA: LATA 2001–2011

PERSONALIA

Model organizacyjny i tematyczny profil badań, jaki został wypracowany w ciągu poprzedniej dekady, sprawdził się i był z powodzeniem kontynuowany w Instytucie.

Po przejściu profesora Zdzisława Pawlaka na emeryturę w 1996 roku dyrektorem Instytutu został profesor Janusz Sosnowski i kierował nim przez 4 kolejne kadencje (do 2008 roku), następnie zaś stanowisko to objął profesor Henryk Rybiński. Jednym z priorytetów, konsekwentnie realizowane przez władze Instytutu, było poprawienie stanu kadry, przez zwiększenie liczby pracowników samodzielnych i uaktywnienie działalności naukowej pracowników (w tym w szczególności promowanie nowych doktorów), co poza oczywistymi skutkami w dziedzinie badań naukowych, zaowocowało także znaczącym poprawieniem stanu finansów Instytutu. Zatrudniono nowych pracowników samodzielnych (prof. Krzysztof Walczak, prof. Mieczysław Muraszkiewicz oraz prof. Bogdan Butkiewicz), ponadto czterech pracowników Instytutu habilitowało się (Przemysław Rokita w 2000 roku, Marzena Kryszkiewicz w 2003 roku oraz Paweł Kerntopf w 2006 i Piotr Gawrysiak w 2010 roku). Dwóch pracowników uzyskało tytuły profesora zwyczajnego (Henryk Rybiński w 2000 roku i Janusz Sosnowski w 2006 roku), a wielu pracowników doktoryzowało się.

Niestety, w omawianym okresie pracownikom Instytutu przyszło także pożegnać dwóch znamienitych członków zespołu — ciężka choroba zabrała 25 grudnia 2001 roku doktora J. Bieleckiego, zaś 7 kwietnia 2006 roku zmarł profesor Z. Pawlak.

DZIAŁALNOŚĆ BADAWCZA ZAKŁADÓW INSTYTUTU

Tematyka badań prowadzonych przez trzy zakłady Instytutu rozwijana była w sposób ewolucyjny, stanowiąc w dużej mierze kontynuację prac rozpoczętych w latach ubiegłych.

Zakładem Oprogramowania i Architektury Komputerów kierował profesor Janusz Sosnowski. Badania prowadzone przez jego zespół, w zakresie szeroko rozumianej wiarygodności systemów komputerowych, doprowadziły do powstania uznanej nie tylko w kraju szkoły naukowej. Zaowocowały one nie tylko licznymi projektami, wartościowymi publikacjami, ale również stworzeniem unikatowego w kraju i liczącego się w środowisku światowym stanowiska do symulacji błędów (z udziałem m.in. dr. inż. Piotra Gawkowskiego). System ten, poza wykorzystaniem w projektach przemysłowych, jest także używany w dydaktyce. Zespół profesora Sosnowskiego kontynuuje także, rozpoczęte jeszcze w latach dziewięćdziesiątych, badania z zakresu zaawansowanej inżynierii programowania, a w tym modelowania i testowania programów, w tym tych, które stosowane są w tzw. systemach wbudowanych, a zatem sterownikach mikroprocesorowych oraz urządzeniach mobilnych, takich jak nowoczesne telefony komórkowe.

Pokrewne badania realizowane były także przez zespół Jerzego Mieścickiego. W ich wyniku zbudowano m.in. system modelowania i weryfikacji oprogramowania COSMA, oparty na oryginalnym modelu teoretycznym zwanym CSM (*Concurrent State Machines*). Rezultatem tych badań były m.in. prace doktorskie Wiktora Daszczyka (2003) i Artura Krystosika (2008). Ten sam zespół był (i jest nadal) zaangażowany w badania i prace badawczo-rozwojowe z dziedziny inżynierii systemowej (*System Engineering*). Tematyka ta była przedmiotem projektów realizowanych na zlecenie bądź też we współpracy z podmiotami zewnętrznymi. Wymienić tu w szczególności warto współpracę z Instytutem Technicznym Wojsk Lotniczych (m.in. w 2008 roku projekt poświęcony metodologii projektowania systemów awioniki w świetle współczesnej inżynierii systemowej) czy też udział pracowników Zakładu w projekcie programu ramowego Komisji Europejskiej związanym z sieciami transportowymi PRT (*Personal Rapid Transit*), koordynowanym przez Instytut Transportu Politechniki Warszawskiej (od 2009 roku).

Zakładem Grafiki Komputerowej kierował profesor Jan Zabrodzki. Tematyka badań, które były prowadzone przez zespół pracowników Zakładu, odzwierciedla w dużej mierze ewolucję systemów grafiki komputerowej, jaka dokonała się w ciągu ostatniej. Współczesne narzędzia graficzne osiągnęły już bowiem stopień rozwoju pozwalający na syntetyzowanie obrazów właściwie dowolnie wiernie odpowiadającym obrazom rzeczywistym. Wyzwaniem staje się obecnie zatem nie tyle tworzenie — to jest rysowanie — obrazu, co jego analiza i łączenie obrazów sztucznych z tymi naturalnymi. Problematyka ta, szczególnie w odniesieniu do systemów rzeczywistości wirtualnej i rzeczywistości rozszerzonej, jest przedmiotem badań zespołu pod kierunkiem P. Rokity. Podobnie istotną kwestią jest automatyzacja tworzenia elementów tak konstruowanych wirtualnych światów. W tym zakresie w zakładzie prowadzono badania dotyczące w szczególności symulacji zjawisk biologicznych, takich jak wzrost roślin, które prowadzone były m.in. przez C. Stępnia.

Nowym obszarem badań, jaki rozwijany jest w Zakładzie (m.in. projekt dla firmy Samsung Electronics, od 2010 roku realizowany przez zespół P. Rokity) jest automatyczna analiza wyników działania systemów tworzenia dokumentów, w tym w szczególności ocena jakości działania przeglądarek internetowych pracujących w środowiskach mobilnych.

W ciągu ostatnich lata zakład stał się jednym z najbardziej liczących się krajowych ośrodków prowadzących badania naukowe w dziedzinie grafiki komputerowej, nie tylko dzięki działalności *stricto* badawczej, lecz także m.in. organizacji cieszącego się dużą popularnością ogólnokrajowego seminarium „Grafika komputerowa, przetwarzanie i rozpoznawanie obrazów” organizowanego we współpracy z komitetem Informatyki Polskiej Akademii Nauk, które prowadzone jest od 1993 roku.

Zakładem Systemów Informacyjnych kierował do 2008 roku profesor Henryk Rybiński, zaś po objęciu przez niego stanowiska Dyrektora Instytutu, kierownictwo zakładu przejęła Marzena Kryszkiewicz. Zakład kontynuował badania związane z — szeroko rozumianym — przetwarzaniem danych i systemami informacyjnymi. Badania te związane były początkowo przede wszystkim z wykorzystaniem metod automatycznej analizy dużych zbiorów danych, które były przedmiotem szczególnego zainteresowania Z. Pawlaka. Stworzona przezeń teoria

zbiorów przybliżonych (*rough sets*) należy współcześnie do zestawu standardowych metod eksploracji danych. Koncepcje opracowane przez Z. Pawlaka rozwijane były z sukcesem m.in. przez M. Kryszkiewicz i H. Rybińskiego, czego efektem stało się stworzenie uznanej w świecie szkoły naukowej eksploracji danych, w tym w szczególności z zastosowaniem reguł asocjacyjnych. Ponadto zagadnienia te wiązały się bezpośrednio z pracami dotyczącymi systemów baz danych (m.in. indeksy hurtowni danych, optymalizacja wyszukiwania) prowadzonymi pod kierunkiem H. Rybińskiego.

Prowadzone prace teoretyczne znalazły także zastosowanie w projektach przemysłowych. W naturalny sposób tematyka tych projektów odzwierciedlała rozwój przemysłu ICT, zarówno w Polsce, jak i w świecie. Nie jest zatem rzeczą zaskakującą, iż wiele z najbardziej interesujących projektów badawczych prowadzonych w Instytucie w ciągu ostatniej dekady związanych jest przede wszystkim z telekomunikacją. Początków tej współpracy upatrywać można w rozpoczętych na przełomie wieków projektach badawczych dla Polskiej Telefonii Cyfrowej (od 2000 roku), później zaś dla Polkomtel S.A. (w 2003 roku) i France Telecom (od 2009 roku).

O ile jednak klasyczna eksploracja danych stosowana bywa zwykle w odniesieniu do danych o charakterze jakościowym (w praktyce najczęściej do baz danych sprzedażowych czy też zawierających dane ekonomiczne), to w projektach realizowanych przez Instytut dla przemysłu telekomunikacyjnego nacisk położono na dane numeryczne, w tym w szczególności dane bezpośrednio zbierane w sposób automatyczny z infrastruktury sieci komórkowej. Dzięki temu możliwe było stworzenie pionierskich rozwiązań, wykorzystujących m.in. metody oparte na regułach asocjacyjnych i wzorce do predykcji zachowania sieci telekomunikacyjnej czy też optymalizacji jej parametrów.

Nie oznacza to oczywiście, iż zaniedbywana była „klasyczna” gałąź badań nad eksploracją danych, czego dowodem może być choćby zorganizowanie przez Instytut (we współpracy z Uniwersytetem Warszawskim) międzynarodowych konferencji naukowych poświęconych problematyce eksploracji danych i sztucznej inteligencji (patrz także poniżej).

Wspomniany projekt dla Polskiej Telefonii Cyfrowej okazał się pierwszym z serii kontynuowanych do dziś projektów badawczych dla przemysłu, związanych z szeroko rozumianą eksploracją danych technicznych. Współpraca zaś z PTC, związana początkowo jedynie z analizą danych telekomunikacyjnych zaowocowała wieloma projektami badawczymi oraz utworzeniem w 2006 roku (zespół pod kierunkiem P. Gawrysiaka) wydziałowego laboratorium badania aplikacji i systemów mobilnych BRAMA. Laboratorium to działa obecnie już jako niezależna jednostka na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych, jednak w dalszym ciągu bardzo blisko współpracuje z Instytutem. Laboratorium to pomyślane jest jako swego rodzaju inkubator technologiczny, sponsorowany przez firmę telekomunikacyjną, jednak prowadzący prace także dla innych podmiotów, takich jak firmy zewnętrzne oraz inne uczelnie oraz projekty *stricte* badawcze — wszystkie zaś bezpośrednio związane z technologiami mobilnymi. Przykładem może być tu choćby seria projektów badawczych dla firmy Samsung Electronics, związanych zarówno z opracowaniem nowych interfejsów użytkownika urządzeń mobilnych, jak i nowych metod automatycznego testowania systemów wbudowanych.

Ostatnim istotnym obszarem badań prowadzonych w Zakładzie jest problematyka przetwarzania języka naturalnego, przechowywania i przede wszystkim przeszukiwania baz pełnotekstowych. Była ona przedmiotem prac prowadzonych przez członków zespołu Instytutu jeszcze w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Można tu w szczególności wymienić oprogramowanie autorstwa zespołu kierowanego przez H. Rybińskiego i M. Muraszkiewicz, takie jak tezaurs MTM4 czy też pełnotekstowa baza danych WWW/ISIS wykorzystywane do dziś przez wiele instytucji międzynarodowych, w tym przez agendy Organizacji Narodów Zjednoczonych m.in. UNESCO i FAO. Systemy te były wielokrotnie udoskonalane oraz stanowiły punkt wyjścia do opracowania nowych rozwiązań wyszukiwania i organizacji treści w sieci Internet. Wśród nich w szczególności warto wymienić wspomniany już system budowania sieci semantycznych Text-Onto-Miner oraz narzędzia wyszukiwawcze i analityczne tworzone w ramach projektów międzynarodowych w programach ramowych Unii Europejskiej (m.in. projekty AMI-SME w ramach 6. Programu Ramowego w latach 2006–2007 oraz KNOW-IT w 7. Programie Ramowym w 2008 roku).

Tematyka budowania repozytoriów wiedzy i archiwizacji wyników badań naukowych oraz dóbr kultury stanowi w ostatnich latach coraz istotniejszy element badań prowadzonych

w Instytucie, co bezpośrednio związane jest ze wzrostem znaczenia tej problematyki, wspomnianym powyżej. Instytut współpracuje tu z wieloma instytucjami, m.in. z Biblioteką Narodową. W 2010 roku Instytut rozpoczął kilkuletni projekt badawczy SYNAT/PASSIM (realizowany przez konsorcjum polskich uczelni wyższych i firm z sektora ICT, Instytut pełni w projekcie rolę koordynatora części zadań badawczych), którego celem jest zbudowanie ogólnopolskiej platformy repozytoryjnej i hostingowej dla zasobów cyfrowych, w tym w szczególności wyników badań naukowych. W efekcie ugruntowana została pozycja Instytutu, jako jednego z głównych ośrodków w kraju prowadzących badania naukowe w dziedzinie organizacji i przeszukiwania zasobów pełnotekstowych.

W ostatnich latach Instytut organizował także konferencje międzynarodowe, poświęcone informatyce. W 2007 roku, we współpracy z Wydziałem Matematyki, Informatyki i Mechaniki Stosowanej Uniwersytetu Warszawskiego zorganizowano konferencję RSEISP 2007 — *Rough Sets and Emerging Intelligent Systems Paradigms*, poświęconą pamięci profesora Zdzisława Pawłaka, zaś w 2011 Instytut był gospodarzem 19. edycji prestiżowej konferencji ISMIS 2011 — *International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems*.

OFERTA DYDAKTYCZNA INSTYTUTU

Oferta dydaktyczna Instytutu ustabilizowała się. Po wznowieniu kierunku Informatyka (w 2001) Instytut prowadzi zajęcia na studiach inżynierskich i magisterskich dziennych i wieczorowych oraz anglojęzycznych i podyplomowych (dla nauczycieli informatyki oraz CITCOM). W sumie, na wszystkich tych rodzajach studiów pracownicy Instytutu prowadzą corocznie około 120 przedmiotów. Dyplomy inżynierskie uzyskuje około 80 osób rocznie i tyleż corocznie otrzymuje dyplomy magisterskie.

Poziom i sposób prowadzenia zajęć dydaktycznych są bardzo dobrze oceniane przez studentów. Pracownicy Instytutu wielokrotnie otrzymywali prestiżową nagrodę „Złotej Kredy”, m.in. J. Mieścicki (2 razy), P. Rokita (2 razy) i M. Muraszkiewicz, przyznawaną przez Wydziałową Radę Samorządu studenckiego na Wydziale EiTI. Potwierdzeniem wysokiej jakości kształcenia są także nagrody i wysokie miejsca osiągnięte przez studentów Instytutu w konkursach na prace dyplomowe (m.in. organizowanych przez Polskie Towarzystwo Informatyczne) oraz konkursach programistycznych firm prywatnych (m.in. Ernst & Young — 2-gie miejsce w 2008 roku) oraz organizacji naukowych (ACM).

PODSUMOWANIE

Podsumowując, należy uznać okres ostatnich dziesięciu lat za czas dynamicznego wzrostu Instytutu. Struktura kadry znacznie się polepszyła, a zewnętrzne źródła finansowania poprawiły istotnie kondycję finansową Instytutu. Na koniec ostatniej kadencji zachowano nawet znaczne środki finansowe jako oszczędności. Poprawa sytuacji finansowej pozwoliła na unowocześnienie wyposażenia laboratoryjnego oraz przeprowadzenia szeregu remontów w tym sal laboratoryjnych i nowej biblioteki wraz z czytelnią. Warto nadmienić, że zbiory biblioteki Instytutu w zakresie wydawnictw książkowych z dziedziny informatyki są uznawane za jedne z najlepszych w kraju. Korzystając ze wsparcia finansowego możliwego do osiągnięcia w ramach funduszy europejskich, przystąpiono także do modernizacji bazy sprzętowej instytutu (sprzęt sieciowy i serwery w ramach projektu FOTEH, stacje robocze dla pracowników i doktorantów w ramach wspomnianego powyżej projektu SYNAT/PASSIM).

PRÓBA SPOJRZENIA W PRZYSZŁOŚĆ

Trudno wyrokować, jak będzie wyglądać rozwój informatyki w ciągu najbliższego dziesięciolecia. Technologia zmienia się bowiem niezwykle dynamicznie, zaś zapewne najlepszą maksymą jaką można by się tu postłużyć, byłoby amerykańskie *expect the unexpected...*

WSZECHOBECNOŚĆ, SIECIOWOŚĆ I MOBILNOŚĆ

Jeśli już jednak próbować pokusić się o wybranie jednego, głównego trendu, jaki dominować zapewne będzie w informatyce w nadchodzących latach, to najbardziej prawdopodobnym wydaje się być postępująca „sieciovność” i wszelkiego rodzaju rozwiązania określane mianem *cloud computing*, które na dodatek będą wykorzystywać technologie mobilne, by zapewnić nieustanny dostęp do zasobów globalnej sieci, niezależnie od miejsca, w którym znajduje się użytkownik.

Ostatnie dziesięciolecie to okres, w którym społeczeństwa, dotychczas uznawane za przywiązane do tradycji i miejsca — takie jak społeczeństwa Starej Europy — stają się mobilne. Przemieszczanie się, *mobility*, zaczyna być postrzegane jako istotny element kultury i zjawisko, bez którego trudno mówić o budowaniu jednolitego, europejskiego społeczeństwa.

Wspomniana mobilność tak naprawdę jest określeniem dwóch odmiennych zjawisk. Jedno z nich to łatwość zmiany miejsca zamieszkania i pracy, będąca wynikiem braku przywiązania do określonego rejonu. Tego rodzaju częste przeprowadzki są typowe dla społeczeństwa Stanów Zjednoczonych, gdzie zmiana miejsca zamieszkania co kilkanaście lat nie jest niczym zaskakującym. Można przypuszczać, iż jest to jeden z czynników dynamizujących gospodarkę amerykańską, który w środowisku europejskim nabiera jeszcze dodatkowego znaczenia, przyczyniając się do zwiększenia tendencji integracyjnych.

Mobility to jednak także drugi rodzaj mobilności, dotyczący codziennego przemieszczania się ludzi. Od czasów rewolucji przemysłowej codzienne dojazdy do miejsca pracy stały się tak integralną i oczywistą częścią życia większości ludzi, iż w niektórych językach istnieje nawet oddzielne słowo na ich określenie — w języku angielskim to *commute*. Jest to nie tylko element codziennego życia, ale także czynność, która zajmuje niebagatelną część dnia większości ludzi. W dużych aglomeracjach już od bardzo dawna nie jest rzeczą niespotykaną spędzanie w podróży do pracy przynajmniej godziny. Jest to czas w większości wypadków uznawany za stracony, a jednocześnie do niedawna jeszcze traktowany jako konieczność. Ostatnie dziesięciolecie przyniosło tu jednak drastyczne zmiany, związane z rozpowszechnieniem technologii informatycznych pozwalających na zdalną komunikację i zdalną — a wręcz mobilną pracę. Mowa tu zarówno o niezwyklej wręcz wzroście popularności sieci Internet, a tym samym praktyczną realizację idei zdalnej pracy (*teleworking*), jak i o — kto wie czy nie jeszcze bardziej spektakularnym — upowszechnieniu się telefonii komórkowej i tym samym umożliwieniu wykonywania pracy już nie tylko z domu, ale wręcz w podróży, w ruchu.

FUNKCJONALNA KONWERCENCJA URZĄDZEŃ

Telefon komórkowy staje się bowiem dziś prawdziwym komputerem osobistym — zawsze towarzyszącym swojemu użytkownikowi i zawsze mogącym wspierać jego pracę. Jest to urządzenie tak powszechne, że trudno sobie wyobrazić, iż można go nie posiadać — łatwiej bowiem obecnie znaleźć osobę nienoszącą zegarka naręcznego niż niedysponującą telefonem komórkowym — rzecz niemalże nie do pomyślenia jeszcze kilkanaście lat temu. Na początku lat osiemdziesiątych XX wieku, gdy powstawała technologia sieci komórkowych, prognozowano bowiem, iż będzie to technologia niszowa. Owszem, zapewne wykorzystywana przez często podróżujących profesjonalistów — lekarzy czy dziennikarzy — lecz niezajdująca odbiorców wśród „zwykłych” użytkowników telefonów stacjonarnych. Tymczasem obecnie, jak ocenia IDC, liczba telefonów komórkowych przekroczyła już liczbę istniejących na świecie komputerów osobistych, osiągając już pod koniec 2007 roku wielkość dwóch miliardów egzemplarzy.

Fakt, iż telefon komórkowy jest już nieodłącznym towarzyszem życia większości ludzi, trudno przecenić. W większości sytuacji, w których niezbędne jest wspomóżenie ludzkiego

umysłu przez komputer, znacznie łatwiej sięgnąć po telefon niż uruchomić komputer — stacjonarny czy też nawet przenośny. Coraz więcej funkcji spełnianych do tej pory przez klasyczne komputery przejmują telefony komórkowe — które zresztą trudno już dłużej określać tym mianem, skoro stają się narzędziami służącymi nie tylko (a nawet nie przede wszystkim) do komunikacji głosowej. Mamy tu bowiem do czynienia z konwergencją funkcjonalności, która jest wynikiem potrzeb użytkowników pragnących nosić przy sobie jak najmniejszą liczbę urządzeń.

Jednym z pierwszych obszarów niezwiązanych bezpośrednio z komunikacją, w których zaczął być wykorzystywany telefon komórkowy, jest rozrywka. Współczesny telefon jest bowiem coraz częściej także przenośną konsolą do gier komputerowych. Oczywiście ograniczenia związane z wielkością (głównie wyświetlacza) powodują, iż zapewne przez długi czas nie wyprze on klasycznych konsol z salonów naszych domów, niemniej jednak już obecnie stanowi on znaczące ich uzupełnienie, czego dowodem może być szybki wzrost rynku gier przeznaczonych właśnie dla telefonów komórkowych.

Drugi obszar konwergencji stanowi dystrybucja treści (*content*), w tym przede wszystkim treści multimedialnej, rozrywkowej. Możliwość przechowywania i przekazywania treści, takich jak muzyka, wideo czy też choćby i sam materiał tekstowy (czyli po prostu książki) w formie cyfrowej — czyli przy zerowym koszcie ich powielania — powoduje, iż urządzenie mogące odtwarzać tego rodzaju dane jest niezbędne, i to nie tylko osobom poszukującym rozrywki, choć — jak to często ma miejsce w przypadku nowych technologii — to właśnie rozrywka okazała się tutaj siłą napędową nowego przemysłu. Ponieważ zaś noszenie jednocześnie odtwarzacza plików MP3 (choćby tak modnego jak Apple iPod), czytnika książek elektronicznych i telefonu komórkowego jest cokolwiek uciążliwe, to coraz częściej muzyki słuchać będziemy dzięki odtwarzaczom wbudowanym w nasz telefon komórkowy — czytając jednocześnie książki na jego ekranie. Warto tu zwrócić uwagę na fakt, że będąc urządzeniem mobilnym, może być również doskonałym narzędziem służącym nie tylko do „konsumpcji” treści, ale także do jej tworzenia. Cóż bowiem prostszego niż wykorzystanie aparatu fotograficznego wbudowanego w większość współczesnych telefonów (to zresztą kolejne urządzenie — które staje się niejako „ofiara” konwergencji) do tworzenia fotoblogu?

WIRTUALNE ŻYCIE W SIECI

Informacja, którą otrzymuje użytkownik sieci WWW, pochodzi oczywiście z indywidualnych serwerów — pojedynczych komputerów. Coraz częściej jednak korzystamy z tego systemu, traktując go jako funkcjonalną całość, nie dbając o to, iż tak naprawdę jest on zbiorem wielu pojedynczych jednostek. Innymi słowy, traktujemy sieć WWW jak niezależny byt, choć jest on w dużej mierze bytem wirtualnym. Zupełnie inaczej wyobrażali sobie globalną sieć informacyjną autorzy powieści fantastycznonaukowych, szczególnie tych wpisujących się w nurt cyberpunk, tacy jak William Gibson. Gibsonowska cyberprzestrzeń jest miejscem, do którego można się przenieść, choć wymaga to zastosowania skomplikowanych urządzeń technicznych. World Wide Web na pozór takim miejscem nie jest. Wiele jednak z czynności, które wydawać by się mogło, wymagają fizycznej lokalizacji, poczyna być realizowanych właśnie w przestrzeni WWW. Nie chodzi tu nawet o rozmowę między ludźmi, obecnie realizowaną powszechnie w wirtualnej przestrzeni forów internetowych i sieci społecznościowych, takich jak Facebook — choć dla mieszkańca greckiego polis dyskusja publiczna była przecież czynnością nierozdzielnie związaną z fizyczną lokalizacją agory — ale o czynności związane z manipulacją zupełnie niewirtualnymi obiektami, co ma choćby miejsce w handlu. Może to przyjmować postać sklepu internetowego, ale także i wirtualnego rynku, przestrzeni spotkań kupujących i sprzedających — a taką przestrzenią są serwisy aukcyjne, jak Ebay czy też polskie Allegro.

Wreszcie niemalże wierną symulację rzeczywistego życia, tyle że prowadzoną w środowisku sieciowym, stanowią tak zwane gry *on-line*, łączące ze sobą tradycyjną rozgrywkę komputerową, w rodzaju graficznej gry przygodowej, gry RPG (*Role Playing Game*) czy też zręcznościowej gry FPS (*First Person Shooter*), z interakcją w czasie rzeczywistym z innymi użytkownikami Internetu w świecie gry. W przypadku gier pozwalających na jednoczesny udział setek lub nawet tysięcy użytkowników — co ma miejsce w systemach *massive multiplayer* — ów świat gry nabiera pozorów bytu rzeczywistego, stając się niczym innym jak rzeczywistością wirtualną.

Określanie bowiem mianem gry komputerowej współczesnych systemów MMORPG byłoby już chyba niewłaściwe. Serwisy te, w tym szczególnie serwis Second Life, to już coś znacznie więcej niż tylko gry. Są to bowiem wirtualne światy, z własną gospodarką, prawami i strukturą społeczną, w której zaobserwować można skomplikowane zjawiska społeczne. Co więcej, nie są to światy całkowicie odrębne od rzeczywistości niewirtualnej. Choć nieruchomości, jakie posiadać mogą mieszkańcy świata Second Life, nie są niczym więcej niż tylko zapisem w pamięci serwerów systemu, to mimo to mają wymierną wartość w świecie rzeczywistym.

CZYŻBY ZJAWISKA SAMOISTNE?

Internet traktowany w powyższy sposób jawi się jako jeden skomplikowany, globalny komputer — o zasobach znacznie przekraczających zasoby każdego pojedynczego komputera, jaki do tej pory został skonstruowany. Ponieważ zaś jest to system o dużym stopniu złożoności i co więcej — podlegający szybkiemu wzrostowi i ewolucyjnym zmianom — to zadać można pytanie o to, czy w systemie takim występować mogą zjawiska emergentne. Odpowiedź na to pytanie, biorąc pod uwagę aktualny stan wiedzy dotyczącej sztucznej inteligencji, może być jedynie domeną autorów powieści fantastycznonaukowych. Jak na razie nie można jednak całkowicie wykluczyć, iż jednym z kolejnych — zapewne bardzo odległych w czasie — etapów rozwoju globalnej sieci komputerowej będzie spontaniczne powstanie sztucznej inteligencji. To najpewniej nie nastąpi na przestrzeni najbliższej dekady, ale zapewne warto się do tego już teraz przygotować, badając zjawiska występujące w systemach wieloagentowych i analizując fenomen emergencji, co zresztą jest przedmiotem badań, które Instytut obecnie prowadzi (m.in. zespół pod kierownictwem D. Ryżko).

INŻYNIERIA SYSTEMOWA

Próbując odgadnąć najważniejsze tendencje rozwojowe trzeba pamiętać, że w informatyce istnieją także tereny badań bardziej tradycyjne, a jednak wciąż żywe, potrzebne i budzące zainteresowanie, mimo że ich początki miały miejsce kilkadziesiąt lat temu. Należą do nich między innymi badania nad inżynierią oprogramowania (*Software Engineering*) oraz inżynierią systemową (*Systems Engineering*). W obu przypadkach chodzi o doskonalenie metod realizacji dużych projektów informatycznych oraz narzędzi wspomagających te metody.

W przypadku inżynierii oprogramowania zadanie polega głównie na stworzeniu właśnie oprogramowania, które będzie działać na zazwyczaj standardowym, uniwersalnym sprzęcie (serwery, stacje robocze, łącza i urządzenia telekomunikacyjne itd.). O inżynierii systemowej mówi się natomiast wówczas, gdy fizyczna składowa projektowanego systemu ma obejmować nie tylko sprzęt komputerowy, ale także inne, zwykle funkcjonalnie złożone urządzenia: roboty przemysłowe, sterowane cyfrowo obrabiarki, pojazdy, sprzęt wojskowy itd.

Również i w tym ostatnim przypadku trend w kierunku zwiększania **sieciowego** charakteru systemów jest bardzo wyraźny. Są to jednak inne sieci, niż zwykły Internet. Obowiązują w nich w szczególności inne standardy specyfikacji wymagań, inne protokoły komunikacyjne itp., a wymagania co do czasu odpowiedzi i standardy niezawodnościowe są znacznie ostrzejsze. Za przykład mogą służyć wojskowe systemy dowodzenia i sterowania (w czasie rzeczywistym) operacjami militarnymi, które już obecnie są budowane i wdrażane w wielu krajach (np. NATO). Choć szczegóły ich implementacji nie są z oczywistych powodów publikowane, to jednak sama metodyka ich projektowania jest znana i publicznie dyskutowana, między innymi po to, by w takich projektach mogły uczestniczyć firmy cywilne, które zastępują się do wspólnych standardów specyfikacji, dokumentacji i zarządzania projektem.

Nie ulega wątpliwości, że — podobnie, jak to już wielokrotnie w przeszłości bywało — korzystają na tym już obecnie projekty cywilne: skomputeryzowane systemy produkcyjne, transportowe, logistyczne itp. Wydaje się, że także w przyszłości badania i prace B+R w tej dziedzinie będą miały ogromne znaczenie.

WSPÓŁBIEŻNOŚĆ I WIELOPROCESOROWOŚĆ

Innym przykładem problemu, który został rozpoznany już dawno, lecz obecnie wraca znów jako ważny, a nawet palący, jest **programowanie współbieżne**. Z jednej strony — sieciowość systemów nieuchronnie wiąże się ze współbieżnością, a więc również ze wszystkimi problemami zarządzania zasobami we współbieżnym środowisku (wzajemnie wykluczanie, koordynacja procesów, problem zakleszczeń itp.). Z drugiej strony, wszystko wskazuje na to, że znaczenie rozwiązań współbieżnych wzrośnie również z powodów czysto technologicznych.

Przez ostatnich kilkadziesiąt lat mieliśmy mianowicie do czynienia z niezwykłym rozwojem technologii wytwarzania sprzętu komputerowego. Tak zwane **prawo Moore'a** mówi wręcz, że od lat siedemdziesiątych XX wieku liczba tranzystorów upakowanych w układzie scalonym podwaja się co dwa lata. Podobny wykładniczy wzrost stwierdzimy, obserwując pojemność pamięci dyskowej i wiele innych wskaźników charakteryzujących wydajność systemów. To empirycznie obserwowalne zjawisko doprowadziło do ogromnego wzrostu mocy obliczeniowej współczesnych komputerów, ale osiągnięto to głównie dzięki miniaturyzacji układów i powiększeniu częstotliwości zegara o kilka rzędów wielkości: od kilkudziesięciu kHz w latach 60 — do kilku GHz obecnie.

Wszystko wskazuje jednak na to, że ta droga rozwoju technologii układów scalonych zbliża się właśnie do pewnych nieuchronnych i trudno przekraczalnych granic natury fizycznej, przede wszystkim związanych z problemami odprowadzania energii cieplnej z tak miniaturowych struktur półprzewodnikowych. W tej sytuacji naturalnym sposobem zapewnienia dalszego wzrostu mocy obliczeniowej systemów jest wykorzystanie **wielu procesorów** pracujących równolegle.

Pomysł nie jest oczywiście nowy, a systemy wieloprocessorowe były od lat wykorzystywane w zaawansowanych zastosowaniach, np. przy symulacji i modelowaniu zjawisk fizycznych, meteorologicznych itp. Obecnie jednak ten sam rozwój technologii układów scalonych pozwolił na wprowadzenie systemów wieloprocessorowych „pod strzechy”, pod postacią **procesorów wielordzeniowych**. Są one w istocie lokalnymi systemami wieloprocessorowymi, już obecnie mamy je w swoich domowych komputerach, jednak jeśli wykonują one zwykłe, sekwencyjne programy, dotychczas opracowywane dla tradycyjnych, jednoprocessorowych systemów — to ich możliwości równoległego przetwarzania pozostają niewykorzystane. Można więc przewidywać, że nowa generacja oprogramowania będzie powstawać już przy założeniu szerokiego zastosowania technik programowania współbieżnego.



INTERDYSCYPLINARNA ROLA INFORMATYKI

Na koniec, po dokonaniu choćby tak pobieżnego przeglądu sześćdziesięcioletnich losów Instytutu Informatyki, nie sposób oprzeć się jeszcze jednej refleksji. Na początku, zagadnienia układów cyfrowych, projektowania sieci logicznych czy programowanie — były domeną stosunkowo wąskiej grupy specjalistów, zgrupowanych (mowa o Wydziale Elektroniki) właśnie w ówczesnej Katedrze Budowy Maszyn Matematycznych, czy później — Instytucie Informatyki. Już jednak w końcu lat sześćdziesiątych XX wieku krąg osób i instytucji zajmujących się różnymi aspektami informatyki zaczął się rozszerzać. W praktycznie wszystkich katedrach, a później instytutach Wydziału Elektroniki zaczęły powstawać specjalistyczne laboratoria, a nawet lokalne ośrodki obliczeniowe, wyposażone w komputery i inny sprzęt cyfrowy. Z biegiem czasu w każdym z instytutów Wydziału, od (alfabetycznie) Instytutu Automatyki i Informatyki Stosowanej do Telekomunikacji, wykształciły się kompetentne zespoły, wykorzystujące metody i narzędzia informatyki zarówno w swych pracach badawczych i projektach, jak w prowadzonych przez nie zajęciach dydaktycznych, pracach dyplomowych i doktorskich. Wreszcie, cały Wydział, który w początku swego istnienia był Wydziałem Łączności, a potem Wydziałem Elektroniki, stał się Wydziałem Elektroniki i Technik Informatycznych.

To jest oczywiście tendencja ogólna, znacznie wykraczająca poza granice Wydziału i poza ramy czasowe, jakie narzuca naszym rozważaniom okrągła rocznica jego istnienia. Informatyka oferuje bowiem aparat pojęciowy, metodologie i narzędzia doskonale nadające się do badań interdyscyplinarnych.

W wielu kierunkach badań, w wielu projektach złożonych systemów można mówić głównie o **zastosowaniach** informatyki, jednak informatyka — jako dziedzina wiedzy i działalności praktycznej — nie tylko **daje** owe metodologie i narzędzia, ale również sama na tym **korzysta**. To rodzaj szczególnego sprzężenia zwrotnego: nowe wyzwania, stawiane przez inne dziedziny badań stanowią inspirację dla nowych pomysłów teoretycznych, nowych algorytmów, nowych narzędzi programowych i nowych rozwiązań technologicznych w informatyce.

Można przewidywać, że tak rozumiane interdyscyplinarne badania będą również w przyszłości należały do najważniejszych motorów postępu, zarówno w samej informatyce, jak i innych dziedzinach ludzkiej działalności.





Singapore - Poland co-operation project:
„Multi-functional substrate platform
for smart sensor applications”
Prof. Dr hab. Ryszard S. Jauchowicz
Warsaw University of Technology
Institute of Mechatronic Systems
Warsaw, POLAND

automatyka, robotyka i metrologia

AUTOMATYKA I ROBOTYKA

Automatyka stanowi obszar badań naukowych i działalności inżynierskiej, którego zakres i granice trudno wytyczyć. Wynika to przede wszystkim stąd, że przystępując do opracowania układu sterowania bądź wspomagania decyzji — stworzenie takiego układu realizującego wymagane cele stanowi istotę działań w zakresie automatyki — dla danego obiektu lub zespołu obiektów, możemy, częstokroć musimy, wnikać w istotę działania tego obiektu, w mechanizmy i dynamikę występujących w nim procesów, w sposoby i urządzenia do pozyskiwania informacji o tych procesach. Podobnie, możemy wykorzystywać, ale także i rozwijać, metody matematyczne potrzebne do wykonania odpowiednich obliczeń oraz tworzyć mniej lub bardziej specjalizowane systemy informatyczne służące do realizacji układów i mechanizmów sterowania, a także do badania, przez prowadzenie eksperymentów komputerowych, tych układów. Możemy wreszcie wnikać w konstrukcję sprzętu realizującego różnorakie funkcje. Przygotowane pod redakcją W. Findeisena i wydane w 2001 roku nakładem Oficyny Wydawniczej Politechniki Warszawskiej opracowanie pt. *Automatyka i systemy informacyjno-decyzyjne*; kierunki badań i rozwoju, ujmujące poglądy wielu osób reprezentujących środowisko automatyków polskich, wyróżnia następujące pola zainteresowań badawczych tego środowiska:

- teoria i technika sterowania,
- optymalizacja i badania operacyjne,
- wspomaganie decyzji,
- sztuczna inteligencja, inżynieria wiedzy i rozpoznawanie obrazów,
- modelowanie i symulacja,
- sterowanie i programowanie robotów,
- sprzęt i urządzenia; w tym aparatura i systemy automatyki oraz systemy informatyczne.

Warto zauważyć, że zarysowany w ten sposób niezmiernie szeroki zakres badań przenika i obejmuje zagadnienia obecne w informatyce, matematyce, fizyce oraz w projektowaniu sprzętu elektronicznego i mechanicznego. Każde z wymienionych pól zainteresowań można dalej dzielić na nadal szerokie obszary badawcze, zaś obszary te występują w znacznej mierze także w innych wspomnianych dyscyplinach. Szczególne związki i coraz większa wspólnota stosowanych środków i metod występują pomiędzy automatyką i informatyką. Technika cyfrowa i komputerowa stanowią podstawę obecnych systemów automatyki, układów sterowania i wspomagania decyzji. Uprawiana na Wydziale w trakcie ostatniego sześć-

Krzysztof Malinowski

prof. dr hab.
Instytut Automatyki
i Informatyki Stosowanej
Gmach Elektroniki, p. 517
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. +48-22-234-7397
e-mail: k.malinowski@
ia.pw.edu.pl

Ryszard Jachowicz

prof. dr hab.
Instytut Systemów
Elektronicznych
Gmach Elektroniki, p. 242
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. +48-22-234-7848
e-mail: r.jachowicz@
ise.pw.edu.pl

dziesięciolecia działalność badawcza w zakresie automatyki stanowi odbicie i ilustrację wpływu, jaki wywiera rozwój technik pozyskiwania informacji — w tym pomiarów — przesyłania, przechowywania, a zwłaszcza przetwarzania informacji — przy szybko i stale malejącej cenie urządzeń w przeliczeniu na jednostkę pamięci, jednostkę pasma transmisji oraz jednostkę mocy obliczeniowej.

Automatyka, coraz silniej związana z informatyką, łączy się także z robotyką. Połączenie to uzyskało rangę formalną, po powołaniu dyscypliny naukowej automatyka i robotyka, w uznaniu szczególnej roli, jaką w projektowaniu i eksploatacji robotów oraz wyposażonych w roboty systemów odgrywają algorytmy sterowania, rozpoznawania środowiska oraz podejmowania decyzji przez autonomicznie działające urządzenia.

POCZĄTEK I ROZWÓJ AUTOMATYKI NA WYDZIALE

Początki kształcenia i badań naukowych w dziedzinie automatyki w Politechnice Warszawskiej sięgają 1951 roku. Wówczas to z inicjatywy grupy studentów (Konstantego Kurmana, Leopolda Margasińskiego, Jana Siwika, Andrzeja Stempnia i innych) wprowadzono na Wydziale Łączności pierwsze wykłady z zakresu automatyki.

Jesienią 1955 roku utworzono na Wydziale Łączności Katedrę Automatyki i Telemechaniki, powierzając jej prowadzenie Władysławowi Findeisenowi.

Atrakcyjność dziedziny, która przyciągała studentów oraz zapal i zaangażowanie młodych pracowników złożyły się na szybki rozwój.

W pierwszych 10 latach, czyli do 1965 roku, wykształcono 145 absolwentów (122 osoby w pięcioleciu 1961–1965); dziewięciu pracowników Katedry uzyskało stopień doktora. Liczba pracowników naukowo-dydaktycznych na koniec 1965 roku wynosiła 20 osób, w tym 2 profesorów i 2 docentów. Była też pierwsza habilitacja (A. Gosiewski, 1964).

Po 1965 roku rozwój ilościowy Katedry, przekształconej w 1970 roku w Instytut Automatyki, był już bardziej powolny, następował natomiast rozwój jakościowy: prowadzono prace badawcze, publikowano artykuły, monografie i oryginalne podręczniki, rozwijano kontakty i współpracę z innymi ośrodkami w kraju i za granicą, uzyskiwano stopnie i tytuły naukowe (łącznie 15 habilitacji i 8 tytułów profesora). W 1994 roku nazwę instytutu zmieniono na Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej, aby dać wyraz głębokim przemianom, jakie zaszły w kierunku prowadzonych badań i treściach kształcenia. Do 1996 roku działalność naukowa i dydaktyczna prowadzona była w zespołach, których liczba i skład dostosowywany był do aktualnych potrzeb i zainteresowań badawczych. W 1996 roku utworzone zostały zakłady, tym niemniej struktura zespołowa nadal stanowi podstawę wewnętrznej organizacji Instytutu.

Do 1981 roku powstałym z Katedry Automatyki i Telemechaniki Instytutem Automatyki (od 1994 roku Instytutem Automatyki i Informatyki Stosowanej) kierował Władysław Findeisen (od 1971 roku członek PAN). Kolejni dyrektorzy — Wiesław Traczyk (lata 1981–1984), Krzysztof Malinowski (lata 1984–1996, członek PAN od 1998 roku), Piotr Tatjewski (lata 1996–2008) i Cezary Zieliński (od 2008 roku) — starali się o kontynuację sposobu działania i pielęgnowanie ogólnej dobrej atmosfery w Instytucie.

Kilkoro pracowników Katedry i Instytutu odeszło na zawsze, pozostawiając po sobie żal i dotkliwe luki. Byli to Leopold Margasiński (1963), Franciszka Chilikowa (1966), Stanisław Kurcusz (1978), Jolanta Tacik (1993), Andrzej Olbrot (1999), Krzysztof Nowosad (2000), Anatol Gosiewski (2005), Andrzej Rydzewski (2008) i Konstanty Kurman (2009).

BADANIA NAUKOWE

Prace naukowo-badawcze były prowadzone w Katedrze Automatyki i Telemekhaniki od początku jej istnienia, od początku także liczne były prace finansowane przez przemysł.

Na tle tych prac, a także w wyniku zainteresowań własnych ukształtowały się główne kierunki badawcze Instytutu Automatyki w latach 1970–2000. Były to, w szczególności:

- sterowanie hierarchiczne i jego zastosowania, w tym układy wielopoziomowe i wielowarstwowe, sterowanie hierarchiczne dla układów dynamicznych,
- modele matematyczne procesów, zasady ich tworzenia, identyfikacji i symulacji,
- teoria sterowania optymalnego,
- teoria i metody obliczeniowe optymalizacji, w tym biblioteki metod optymalizacji, metody optymalizacji wielokryterialnej, harmonogramowanie procesów dyskretnych,
- systemy cyfrowe i systemy operacyjne czasu rzeczywistego, w tym: teoria automatów i synteza układów cyfrowych, synteza blokowa, projektowanie automatyczne, automaty bezpieczne, specyfika systemów operacyjnych, systemy wieloprocessorowe,
- inżynieria wiedzy,
- metody sterowania i programowania robotów.

Warto zauważyć, że dużą rolę integracyjną w skali Uczelni i całego kraju odegrały w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych prace badawcze różnych ośrodków, grupowane w ramach centralnie finansowanych, kompleksowych problemów. Koordynatorzy byli wówczas wręcz zobowiązani do tworzenia zespołów ogólnokrajowych i zapewnienia spójności ich prac. Rola Instytutu była w tych działaniach wiodąca.

Prowadzone na Wydziale, początkowo w Katedrze, a potem — po 1970 roku — w Instytucie, prace badawcze owocowały licznymi publikacjami w czasopiśmie, referatami na konferencjach, monografiami naukowymi oraz rozprawami doktorskimi i habilitacyjnymi. Ogółem, w latach 1955–2000 pracownicy i doktoranci opublikowali 1724 prace, a w latach 2001–2010 — 1071 prac, łącznie 2795 prac.

W latach 1955–2000 obroniono 121 prac doktorskich i uzyskano 16 stopni doktora habilitowanego. Ośmiu pracowników Katedry bądź Instytutu uzyskało w latach 1955–2000 tytuł naukowy profesora. W latach 2001–2010 przeprowadzono kolejne 41 przewody doktorskie oraz dwa przewody habilitacyjne.

W 1996 roku zostały utworzone w Instytucie trzy zakłady, które — po wprowadzeniu pewnych zmian i przekształceń w latach następnych — działają w Instytucie Automatyki i Informatyki Stosowanej. W latach 2000–2010 ukształtowała się obecna tematyka badań prowadzonych przez zespoły wchodzące w skład tych zakładów.

Zakład Automatyki i Inżynierii Oprogramowania, kierowany przez Piotra Tatjewskiego, obejmuje dwa zespoły: Zespół Technik Sterowania oraz Zespół Inżynierii Oprogramowania.

Badania **Zespołu Technik Sterowania** (do 2005 roku Zespołu Sterowania Procesów), kierowane przez Piotra Tatjewskiego, dotyczą szeroko rozumianych zagadnień modelowania, regulacji, sterowania i optymalizacji procesów dynamicznych, przede wszystkim procesów technicznych (*process control*) w strukturze sterowania warstwowego (*multilayer control structure*). Główne kierunki badań to, oparte na modelach, algorytmy regulacji zaawansowanej oraz algorytmy bieżącej optymalizacji punktów pracy, w sytuacji zmienności zakłóceń i wymagań technologicznych oraz błędów modelowania.

Algorytmy regulacji zaawansowanej to przede wszystkim algorytmy predykcyjne (MPC — *Model Predictive Control*), ale również nieliniowe algorytmy oparte na logice rozmytej (*fuzzy algorithms*). Potrzeba regulacji nieliniowej w warstwie regulacji bezpośredniej oraz zaawansowanej, wielowymiarowej regulacji nadrzędnej wynika z wymagań i konieczności bieżącej optymalizacji pracy obiektów w warunkach zmian otoczenia i wymagań, możliwej przy zastosowaniu współczesnych komputerowych systemów sterowania i optymalizacji. Nieliniowa regulacja rozmyta to proste i skuteczne nieliniowe rozszerzenie sprawdzonych klasycznych regulatorów typu PID, umożliwiające ich działanie w szerokim zakresie zmian punktów pracy. Z kolei nadrzędna, zaawansowana regulacja predykcyjna to jedyna technika umożliwiająca optymalne uwzględnianie ograniczeń i interakcji, skuteczna dla obiektów o silniejszych interakcjach, trudnej dynamice, pracujących na ograniczeniach — stąd jej olbrzymi sukces komercyjny w ostatnich latach. W Zespole prowadzone są badania nad konstrukcją i analizą

algorytmów predykcyjnych zarówno dla liniowych, jak i przede wszystkim nieliniowych modeli obiektów. W pracach istotną rolę odgrywa wykorzystywanie technik obliczeń inteligentnych (*soft computing*), jak logika rozmyta, sieci neuronowe i rozmyto-neuronowe.

Prowadzone są również prace dotyczące algorytmów bieżącej optymalizacji punktów pracy obiektów sterowanych, zarówno liniowych i nieliniowych algorytmów korekcyjnych pracujących w bezpośrednim sprzężeniu z nadrzędną regulacją predykcyjną, jak i algorytmów dla wyższej warstwy optymalizacji opartych na złożonych modelach nieliniowych. Wykorzystywanymi technikami są analiza teoretyczna i symulacja komputerowa. Zespół prowadzi też prace nad oprogramowaniem, początkowo nad własnym pakietem RegZa (dla analizy danych, modelowania i projektowania zaawansowanych algorytmów regulacji, w ramach programu PATIA), a w latach 2007–2009 w składzie dużego konsorcjum (zespoły z 4 politechnik) opracowującego w ramach grantu rozwojowego pakiet algorytmów nadrzędnej diagnostyki i sterowania zaawansowanego DiaSter, tworząc dla pakietu moduły procedur optymalizacji i moduły/bloki regulatorów predykcyjnych. System (wraz z przedstawieniem podstaw teoretycznych algorytmów) został opisany w wydanej w 2009 roku przez WNT książce *Modelowanie, diagnostyka i sterowanie nadrzędne procesami, Implementacja w systemie DiaSter*, opublikowanej w języku angielskim w 2010 roku przez Springer Verlag.

Z licznych publikacji członków Zespołu warto wymienić pozycje książkowe: opublikowaną w 2002 roku (w serii monografii Komitetu Automatyki i Robotyki PAN) monografię P. Tatjewskiego *Sterowanie zaawansowane procesów przemysłowych. Struktury i algorytmy*, w wersji zmienionej i rozszerzonej wydaną w 2007 roku przez Springer Verlag, oraz monografię M. Brysia i P. Tatjewskiego *Iterative Algorithms for Multilayer Optimizing Control*, wydaną w 2005 roku przez Imperial College Press/World Scientific.

Zespół prowadzi nowoczesne Laboratorium Podstaw Automatyki oraz Laboratorium Komputerowych Systemów Sterowania, wyposażone w przemysłowe sterowniki programowalne i regulatory (głównie firmy SIEMENS) oraz stacje robocze pod systemem Windows z profesjonalnym oprogramowaniem (Matlab, systemy SCADA).

Przedmiotem badań **Zespołu Inżynierii Oprogramowania**, kierowanego przez Krzysztofa Sachę, są metody wytwarzania oprogramowania oraz planowania, oceniania i zapewniania jego jakości. Zakres badań obejmuje modelowanie wymagań, projektowanie i dokumentowanie decyzji architektonicznych, makietowanie i ocenę jakości architektur usługowych (SOA), metody oceny jakości oraz zarządzanie zaufaniem w rozległych systemach internetowych.

Zapewnienie jakości i bezpieczeństwa systemów informatycznych wymaga oparcia prowadzonych prac na matematycznym formalizmie, umożliwiającym dowodzenie deklarowanych cech oprogramowania. Dlatego znaczna część prac wykorzystuje matematyczne metody algebry abstrakcyjnej, teorii zbiorów i teorii grafów. Najważniejsze wyniki uzyskane w minionym okresie obejmują opracowanie metody badania i oceniania oczekiwanej jakości oprogramowania podczas trwania projektu informatycznego, opracowanie oryginalnej metody dokumentowania decyzji architektonicznych oraz rozszerzenie możliwości zarządzania zaufaniem w rozproszonych systemach internetowych. W ostatnim czasie kierunek prowadzonych badań przesunął się w stronę metod projektowania i rozwoju systemów o architekturze usługowej.

Ważnym wydarzeniem i potwierdzeniem międzynarodowej pozycji Zespołu stała się międzynarodowa konferencja SET 2006, której efektem była monografia *Software Engineering Techniques: Design for Quality*, wydana przez wydawnictwo Springer.

Oprócz prac badawczych Zespół Inżynierii Oprogramowania funkcjonował w rynkowym sektorze IT, świadcząc usługi doradcze przy realizacji i ocenie projektów. Opracowana metoda oceny jakości oprogramowania została wykorzystana w największych projektach informatycznych prowadzonych przez administrację publiczną, takich jak budowa Zintegrowanego Systemu Zarządzania i Kontroli (IACS) przez Agencję Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa lub wdrożenie Zintegrowanego Systemu Teleinformatycznego wspierającego procesy biznesowe w obiegu pocztowym. Obserwacje dotyczące metod i technologii stosowanych podczas realizacji wielkich projektów informatycznych zostały wykorzystane w monografii opisującej stan i kierunki rozwoju inżynierii oprogramowania (Sacha K., *Inżynieria oprogramowania*, PWN, seria „Fundamenty informatyki”, Warszawa 2010).

Zakład Badań Operacyjnych i Systemowych, kierowany przez Eugeniusza Toczyłowskiego, działa w strukturze dwu zespołów: Zespół Optymalizacji i Wspomagania Decyzji i Zespół Badań Operacyjnych i Systemów Zarządzania.

Badania **Zespołu Optymalizacji i Wspomagania Decyzji**, kierowanego przez Włodzimierza Ogryczaka, dotyczą zróżnicowanych zagadnień informatyki obejmujących wspomaganie decyzji, metody optymalizacji, modelowanie, metody ekstrakcji danych, inżynierię wiedzy oraz sieci telekomunikacyjne i komputerowe. Główny kierunek badań dotyczy rozwoju technik optymalizacji wielokryterialnej i decyzji w warunkach niepewności dla tworzenia systemów wspomaganie decyzji. Zagadnienie wyboru w warunkach ryzyka można traktować jako szczególny przypadek zagadnienia wielokryterialnego, gdzie poszczególne funkcje oceny wyrażają w jednolitej skali wyniki działania systemu przy różnych scenariuszach i poszukuje się rozwiązania możliwie najlepszego ze względu na wszystkie scenariusze. Koncepcje awersji do ryzyka wymagają dodatkowo dążenia do minimalizacji rozbieżności (nierówności) ocen. Została rozwinięta formalna teoria wyrównująco efektywnych rozwiązań zagadnień wielokryterialnych oparta na modelu preferencji. Rozwiązania te mogą być wyznaczone za pomocą uporządkowanych i skumulowanych ocen, które mogą być wyrażone prostymi nierównościami liniowymi. We współczesnych sieciach telekomunikacyjnych pojawiają się istotne problemy projektowania formułowane w języku sprawiedliwego rozdziału zasobów. Z punktu widzenia indywidualnego zapotrzebowania jest korzystne przydzielenie jak największej przepływności, a z punktu widzenia operatora korzystne jest osiągnięcie jak największej sumarycznej przepływności całej sieci. Prowadzone badania doprowadziły do wielokryterialnego modelu sprawiedliwego rozdziału zasobów i wykazały pewną skuteczność podejść opartych na optymalizacji porządkowej średniej ważonej. Kontynuacja badań prowadzi do wykorzystania metodyki punktu referencyjnego do wyznaczania sprawiedliwych i efektywnych schematów rozdziału zasobów.

Metody optymalizacji są też wykorzystywane między innymi do analizy i projektowania konstrukcji. Ostatnie prace umożliwiły modelowanie zjawisk zachodzących w strukturach wieżowych (np. kominach przemysłowych) pod wpływem działania sił skręcających i działających z boku wieży. Model pozwala inżynierowi praktykowi analizować zachowanie się wieży poddanej obciążeniu.

W **Zespole Badań Operacyjnych i Systemów Zarządzania**, kierowanym przez Eugeniusza Toczyłowskiego, są rozwijane elementy metodologii badań operacyjnych, w tym zwłaszcza modele optymalizacyjne dla różnorodnych klas problemów decyzyjnych oraz algorytmy i metody wspomaganie decyzji związane z podejmowaniem decyzji w różnorodnych sytuacjach operacyjnych, związane z planowaniem, harmonogramowaniem różnorodnych klas procesów i systemów dyskretnych oraz zarządzaniem tymi procesami. Są też prowadzone prace aplikacyjne, umożliwiające zastosowanie i weryfikację badanych modeli przy projektowaniu informatycznych systemów zarządzania. Opracowywane modele optymalizacyjne i algorytmy harmonogramowania i planowania dotyczą zarówno scentralizowanych struktur systemów zarządzania, jak i systemów rozproszonych, funkcjonujących w warunkach rynkowej konkurencji. W ostatnich latach zrealizowano wiele prac związanych z rozwojem aukcyjnych mechanizmów konkurencyjnego rynku działającego w warunkach ograniczeń, w tym dla rynku energii elektrycznej w Polsce oraz dla zarządzania zasobami w sieci Internet. Część z uzyskanych wyników przedstawiono w monografii E. Toczyłowskiego *Optymalizacja procesów rynkowych przy ograniczeniach*, wydanej przez Akademicką Oficynę Wydawniczą EXIT. W monografii opisano modele obrotu wielotowarowego przy ograniczeniach, mające szerokie perspektywy zastosowań w różnorodnych dziedzinach, np. w kontekście zastosowań w wieloagentowych, rozproszonych systemach zarządzania. Opracowana metodyka jest ogólna i może być wykorzystywana w wielu różnych obszarach, takich jak handel elektroniczny, telekomunikacja i teleinformatyka, ochrona środowiska czy rynki kompleksowych usług oferowanych w pakietach. Ponadto w Zakładzie opracowywano wiele efektywnych algorytmów harmonogramowania produkcji w różnorodnych klasach systemów produkcyjnych i sieciach teleinformatycznych, w tym algorytmy wykorzystujące techniki generacji kolumn do rozwiązywania trudnych zadań wspomaganie decyzji rozdziału zasobów. W ramach rozwoju metodyki i technik dla informatycznych systemów zarządzania rozwijano wykorzystanie języków **XML**, **XSL** oraz technologie informacyjne dla kilku ważnych zastosowań (przemysłowych, obsługi elastycznego systemu studiów oraz systemów bibliotecznych). Rozwijano też możliwości wykorzystania obiektowych baz danych oraz obiektów języka XML do tworzenia systemów wspomagających zarządzanie.

Zakład Sterowania Systemów, kierowany przez Krzysztofa Malinowskiego, obejmuje trzy zespoły: Zespół Złożonych Systemów, Zespół Biometrii i Uczenia Maszynowego oraz Zespół Programowania Robotów i Systemów Rozpoznających.

Zespół Złożonych Systemów powstał jeszcze w latach siedemdziesiątych i ukształtował się pod kierunkiem profesora Władysława Findeisena, prowadząc badania w zakresie teorii i zastosowań hierarchicznych metod optymalizacji i sterowania. Badania w tym obszarze zawocowały w szczególności propozycjami hierarchicznych struktur sterowania optymalizującego dla systemów pracujących w stanie ustalonym z uwzględnieniem sprzężeń od obiektu rzeczywistego. Została przeprowadzona obszerna analiza własności tych struktur. Drugi kierunek badań, rozwijany intensywnie w późniejszych latach, stanowiły struktury hierarchiczne do sterowania złożonych systemów dynamicznych z koordynacją periodyczną. Pierwszy etap badań nad budową i właściwościami metod i struktur sterowania hierarchicznego z metodami koordynacji został podsumowany monografią *Control and Coordination in Hierarchical Systems*, wydaną nakładem wydawnictwa Wiley w 1980 roku. W następnych latach prace zespołu kierowane nadal przez Władysława Findeisena, później, po 1990 roku, przez Krzysztofa Malinowskiego, a od 2006 roku przez Ewę Niewiadomską-Szynkiewicz, koncentrowały się na badaniu właściwości i zastosowaniach hierarchicznych struktur sterowania, w różnych obszarach zastosowań. Jednym z tych obszarów były systemy wodne, a zwłaszcza systemy sterowania zbiornikami retencyjnymi podczas powodzi. Została opracowana, wraz z odpowiednim oprogramowaniem, dwupoziomowa struktura sterowania zbiornikami wyposażona, w kilku wariantach, w szereg mechanizmów decyzyjnych i programów symulacyjnych działających na obydwu poziomach. Struktura ta przedstawia jednocześnie rozwiązanie, które może być wykorzystywane w innych obszarach zastosowań. W szczególności były prowadzone badania związane z zastosowaniem podobnej struktury do sterowania obroną przeciwrakietową w wielosektorowym systemie obrony, w toku są także, prowadzone we współpracy z Naukową i Akademicką Siecią Komputerową (NASK) badania dotyczące budowy struktur, z różnymi rozproszonymi mechanizmami decyzyjnymi, do sterowania złożonymi sieciami transmisji danych. Ważny kierunek prac Zespołu obejmuje rozwój metod i programowania do symulacji złożonych procesów. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na opracowaniu kilku wersji pakietów oprogramowania do rozproszonej symulacji złożonych systemów dynamicznych i systemów sterowania oraz, we współpracy z NASK, oprogramowanie do symulacji działania sieci komputerowych. W ostatnich latach rozpoczęto prace poświęcone badaniu własności sieci *ad-hoc* oraz zarządzaniu tymi sieciami. Ważny kierunek badań stanowią prace poświęcone analizie i projektowaniu mechanizmów decyzyjnych w sytuacji gry między wieloma ośrodkami decyzyjnymi, mającymi wpływ na działanie złożonego systemu. Przedmiotem tych badań, nawiązujących do wyników z zakresu teorii decyzji i mechanizmów, jest konstruowanie algorytmów umożliwiających efektywną współpracę poszczególnych decydentów. Jako przykładowe można wymienić mechanizmy służące do operacyjnego rozdziału zasobów w sieci danych składającej się z wielu systemów autonomicznych. Rozwój sprzętu komputerowego oraz metod obliczeniowych pozwala obecnie na rozwiązywanie zadań o wielkiej wymiarowości. Dzięki temu podejmowane są badania dotyczące sterowania z powtarzaną optymalizacją złożonych systemów zaopatrzenia w wodę dla aglomeracji miejskich, z uwzględnieniem nieliniowych modeli sieci o wielkiej wymiarowości. Obliczenia rozproszone i równoległe stanowią kolejny wątek badań obecny w pracach Zespołu; ich wyniki zostały intensywnie wykorzystane przy tworzeniu oprogramowania do sterowania i symulacji, a także w dydaktyce. Warto w tym miejscu wspomnieć o monografii zbiorowej *Obliczenia równoległe i rozproszone*, przygotowanej pod redakcją Andrzeja Karbowskiiego i Ewy Niewiadomskiej-Szynkiewicz, a także o podręczniku *Programowanie równoległe i rozproszone*, który ukazał się w 2009 roku. Ciekawy i ważny kierunek badań stanowiły prace związane z szeroko pojętą identyfikacją, w tym prace dotyczące sieci neuronowych i metod biometrycznych, prowadzone następnie od 2005 roku w ramach wyodrębnionego zespołu. Ograniczone miejsce nie pozwala na prezentację wielu innych prac prowadzonych przez Zespół Sterowania i Optymalizacji Złożonych Systemów, a tym bardziej na omówienie ich wyników. Warto natomiast podkreślić, że od utworzenia Zespołu powstało siedem rozpraw habilitacyjnych przygotowanych przez członków Zespołu oraz kilka rozpraw habilitacyjnych napisanych przez osoby współpracujące z Zespołem, zatrudnione w innych ośrodkach. Warto także zauważyć, że w ramach Zespołu kształtowały się kolejne grupy badawcze, które podejmowały działalność jako samodzielne zespoły.

Obszarem zainteresowania **Zespołu Biometrii i Uczenia Maszynowego**, kierowanego przez Andrzeja Pacuta, są zagadnienia sterowania i informatyki inspirowane biologią. Zespół ten został utworzony w 2005 roku jako kolejny, który rozwinął się w ramach Zespołu Sterowania i Optymalizacji Złożonych Systemów, a następnie uzyskał samodzielność. Główny nurt badań prowadzonych przez Zespół Biometrii i Uczenia Maszynowego obejmuje biometrię, w szczególności metody i algorytmy służące do weryfikacji tożsamości, uczenie i adaptację systemów, także identyfikację i modelowanie niepewności. Biometria polega na wykorzystaniu cech osobowych do rozpoznawania bądź uwierzytelniania tożsamości. Prace prowadzone w zespole we współpracy z Naukową i Akademicką Siecią Komputerową (NASK) obejmują rozwój modalności biometrycznych, w tym badania tęczy, podpisu odręcznego, cech dłoni, sygnału EEG. Do najważniejszych wyników prac zespołu w tej dziedzinie należy opracowanie nowej metody uwierzytelniania wykorzystującej tęczę, odpornej na fałszerstwa wzorców biometrycznych i umożliwiającej łatwą obronę przed skutkami przechwylenia kodu w czasie transmisji w sieci. Badane są także zagadnienia i konstrukcja systemów dostępu opartych na biometrii, jak biometryczne karty identyfikacyjne, problemy zdalnego uwierzytelniania przy dostępie do zasobów sieciowych, zagadnienia bezpieczeństwa biometrycznych baz danych, problematyka kryptografii biometrycznej. Do najważniejszych osiągnięć należy tu opracowanie kompletnej metody zdalnego uwierzytelniania biometrycznego z użyciem biometrycznej karty inteligentnej lub centralnej bazy danych biometrycznych. Głównym motywem badań jest bezpieczeństwo systemów biometrycznych, w tym badanie tzw. żywotności badanych wzorców biometrycznych, mające na celu wyeliminowanie fałszerstw mierzonych cech biometrycznych. Zagadnienia uczenia i adaptacji obejmują przede wszystkim uczenie przez wzmacnianie (dla nieznanych obiektów lub nieznanego środowiska), algorytmy mrówkowe oraz systemy wieloagentowe w zastosowaniu do adaptacyjnego przesyłu pakietów w sieciach telekomunikacyjnych. Jednym z osiągnięć zespołu w tej dziedzinie jest stworzenie algorytmu typu aktor-krytyk, który rozwiązuje zagadnienia sterowania całkowicie nieznanego obiektu w czasie kilkanaście razy krótszym niż dotychczasowe algorytmy. Problematyka identyfikacji i modelowania niepewności obejmuje modelowanie i predykcję dla modeli NARMA, sieci neuronowe, problematykę doboru modeli, modele czasowo-częstotliwościowe, modelowanie procesów kwantowania (we współpracy z Zespołem Systemów Pomiarowych Instytutu Systemów Elektronicznych) i problemy oceny statystycznej modeli. Badane są także różne koncepcje niepewności: prawdopodobieństwo i jego uogólnienia, sieci bayesowskie, zbiory przybliżone, zbiory rozmyte, modele Dempstera-Shafera itp. Ostatnią grupą zagadnień jest modelowanie neuronowe. Badane zagadnienia dotyczą modeli impulsowych i dyfuzyjnych neuronu, modeli odruchów warunkowych i modelowania roli mózdzku jako systemu adaptacyjnego.

Badania **Zespołu Programowania Robotów i Systemów Rozpoznających** (dawniej Zespołu Sterowania i Programowania Robotów), kierowanego przez Cezarego Zielińskiego, koncentrują się na stworzeniu metodyki projektowania układów sterowania robotami usługowymi i terenowymi, czyli robotami operującymi w środowisku nie w pełni strukturalnym, a więc w pomieszczeniach biurowych, mieszkaniach lub w warunkach polowych. Tak ogólnie postawione zadanie badawcze wymaga rozwiązania wielu szczegółowych problemów, takich jak: manipulacja dwuręczna, identyfikacja ruchomych przedmiotów dzięki wykorzystaniu wizji, sterowanie pozycyjno-siłowe manipulatorami, fuzja informacji uzyskanej z wielu różnorodnych czujników, rozpoznawanie i synteza mowy oraz zagadnienia związane z planowaniem działań i szybkimi reakcjami na bodźce. W ramach prowadzonych prac Zespół opracował formalną metodę specyfikacji struktur układów sterowania systemów wieloobrotowych, wykorzystującą koncepcje agenta oraz funkcji przejścia. Stosując to podejście stworzono sterowniki dla kilku robotów prototypowych (IRp-6, IRp6 na torze jezdnym, IRp-6 zmodyfikowany, RNT, Polycrank, PKM), realizujących wiele przykładowych zadań. Zadaniem testowym były między innymi: układanie kostki Rubika podanej przez człowieka robotowi dwuręcznemu wyposażonemu w kamery i czujniki sił, sterowanie zespołem robotów mobilnych oraz system haptyczny. W trakcie prowadzenia tych badań opracowano programowe struktury ramowe: MRROC++ (służącą do tworzenia oprogramowania sterującego systemami wieloobrotowymi) oraz FraDIA i DisCODE do przetwarzania obrazów.

Prace z zakresu systemów rozpoznających polegają na rozwijaniu teorii i metod rozpoznawania wzorców i ich zastosowań w systemach rozpoznawania sygnałów mowy i obrazów. Przykładowymi obszarami zastosowań są: separacja dźwięków i obrazów z ich mieszanin,

systemy wizyjne w autonomicznej nawigacji, analiza obrazów ruchu drogowego, struktura ramowa systemów z bazą wiedzy dla percepcji agenta w rozumieniu sztucznej inteligencji, inteligentne czujniki wizji (interpretacja gestów ręki i głowy) i słuchu (rozpoznawanie komend i zdań) dla robotów usługowych.

Warto zauważyć, że tematyka badań i prac stosowanych prowadzonych w tych zakładach dotyczy przenikających się zagadnień z zakresu automatyki i informatyki; w wielu przypadkach zaliczanie uzyskanych wyników do jednej lub drugiej dyscypliny rodzi trudności i ma charakter umowny.

WSPÓŁPRACA Z ZAGRANICĄ

Od początku swego istnienia Katedra Automatyki i Telemekhaniki, później Instytut Automatyki, miały dobre relacje z wieloma instytucjami naukowymi w Polsce i zagranicą, w tym z placówkami naukowymi w USA i ZSRR. Jest wiele ośrodków w Europie, z którymi nawiązane zostały kontakty naukowe. Wyrazem uznania tej współpracy było m.in. nadanie W. Findeisenowi tytułów doktora *honoris causa* City University w Londynie oraz Technische Universität w Ilmenau.

Po 1989 roku, kiedy otworzyły się nowe możliwości europejskie, placówki z Polski mogły zacząć uczestniczyć w programach Wspólnoty Europejskiej, później — po jej utworzeniu — w programach Unii Europejskiej. Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej wziął aktywny udział w trzech projektach w Programach TEMPUS i TEMPUS II.

Po 2000 roku wcześniejsza współpraca z Decision Technologies Group w UMIST oraz z wywodzącą się z UMIST firmą Knowledge Support Systems Ltd. (KSS) zaowocowała udziałem IAiIS w realizowanym do 2002 roku projekcie QOSIPS w 5. Programie Ramowym Unii Europejskiej, a także podjęciem prac na zlecenie KSS. Kontynuowana współpraca z grupą profesora Franco Davoli i profesora Raffaele Bolla z Uniwersytetu w Genewie pozwoliła na udział w uruchomionym w 2010 roku projekcie zintegrowanym ECONET w 7. Programie Ramowym UE. W ostatnich latach wyraźnemu ożywieniu uległy kontakty i badania międzynarodowe w zakresie robotyki. W latach 2002–2008 IAiIS uczestniczył w sieci doskonałości stworzonej w ramach 5. i 6. Programu Ramowego — *European Robotics Network EURON*. W tej sieci uczestniczyło prawie dwieście europejskich instytucji naukowych zajmujących się robotyką. W 2005 roku zorganizował w Warszawie doroczne spotkanie EURON-u. W czerwcu 2006 roku zespoły robotyki IAiS, Instytutu Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej oraz Instytutu Automatyki i Robotyki zorganizowały wspólnie międzynarodową konferencję XVI RoManSy — *Robot Design, Dynamics and Control*. Jest to druga najstarsza międzynarodowa konferencja robotyki z tradycjami sięgającymi wczesnych lat siedemdziesiątych XX wieku. Od października 2008 roku Zespół realizuje grant w ramach 7. Programu Ramowego *Self Reconfigurable Intelligent Swarm Fixtures — SwarmItFIX* wspólnie z partnerami z Włoch (Uniwersytet w Genewie, Piaggio, CR Fiat), Szwecji (Exechon) oraz Słowacji (ZTS-VVU). Projekt ma na celu stworzenie systemu „inteligentnych” rekonfigurowalnych robotów mocujących obrabiane w procesie produkcyjnym materiały o dużych rozmiarach.

Można mieć nadzieję, że także inne rozliczne kontakty zagraniczne i doświadczenia wynikające z prowadzenia wspólnych badań w ośrodkach europejskich i pozaeuropejskich pozwolą na podjęcie kolejnych projektów naukowych.

DZIAŁALNOŚĆ DYDAKTYCZNA

Jest rzeczą zrozumiałą, że w początkowych latach prowadzenia kształcenia w dziedzinie automatyki brakowało podręczników. Do 1970 roku pracownicy Katedry Automatyki i Telemechaniki napisali 19 skryptów i książek bezpośrednio przydatnych w dydaktyce, oraz przetłumaczyli z rosyjskiego bądź angielskiego 9 takich pozycji. W następnych pięciu latach przybyło dalsze 26 skryptów i książek oraz 7 tłumaczy. W latach późniejszych ukazywały się kolejne podręczniki i skrypty.

W latach 2001–2010 ukazały się szeroko wykorzystywane także w dydaktyce monografie i podręczniki, w tym:

- A. Karbowski i E. Niewiadomska-Szynkiewicz (red.), *Programowanie równoległe i rozproszone*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009;
- E. Toczyłowski, *Optimalizacja procesów rynkowych przy ograniczeniach*, wydana przez Akademicką Oficynę Wydawniczą EXIT w 2003 roku;
- P. Tatjewski, *Sterowanie zaawansowane procesów przemysłowych. Struktury i algorytmy*, wydana w serii monografii Komitetu Automatyki i Robotyki PAN przez Akademicką Oficynę Wydawniczą EXIT, Warszawa 2002; w wersji zmienionej i rozszerzonej wydana w 2007 roku przez Springer Verlag;
- K. Sacha, *Inżynieria oprogramowania*, PWN (seria „Fundamenty informatyki”), Warszawa 2010;
- W. Kasprzak, *Rozpoznawanie obrazów i sygnałów mowy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.

Wspomniane już zostały ważne, realizowane w latach 1991–2000 związane z rozwojem dydaktyki projekty międzynarodowe w programach TEMPUS i TEMPUS II. Od 2007 roku pracownicy Instytutu wspólnie z kolegami z Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa weszli w skład konsorcjum realizującego międzynarodowe studia drugiego stopnia z zakresu robotyki — European Master in Robotics, EMARO. Partnerami tego konsorcjum są Uniwersytet w Genewie oraz Ecole Centrale de Nantes, a przedsięwzięcie jest współfinansowane przez Komisję Unii Europejskiej w ramach programu *Erasmus Mundus Programme*.

Na koniec 2010 roku zespół Instytutu liczył 46 pracowników naukowych i dydaktycznych, w tym 9 profesorów i 29 doktorów. Współpracują, w różnych formach, czterej profesorowie emerytowani.



METROLOGIA I SYSTEMY POMIAROWE 10 LAT PÓŹNIEJ

Historię rozwoju Metrologii i Systemów Pomiarowych na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej od początku istnienia Wydziału do końca XX wieku, opisaną w opracowaniu z okazji 50-lecia Wydziału, zakończono próbą prognozy na nowe stulecie. Zdawano sobie sprawę z trudności sformułowania takiej prognozy ze względu na niezwykle szybki postęp w rozwoju elektroniki, a zwłaszcza mikroprocesorów, pamięci elektronicznych i generalnie technik komputerowych.

Ten szybki rozwój, a właściwie szybszy niż się spodziewano, można było również zaobserwować podczas kolejnych 10 lat. Miał on konsekwencje w ewolucji tematyki naukowej i tylko w nieco mniejszym stopniu dydaktyki.

Przypomnijmy, prace naukowe w dziedzinie metrologii i systemów pomiarowych są uprawiane na Wydziale zarówno w Zakładzie Mikrosystemów i Systemów Pomiarowych w Instytucie Systemów Elektronicznych (ISE), jak i w Pracowni Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów Pomiarowych w Instytucie Radioelektroniki (IR) oraz w Pracowni Komputerowej Techniki Pomiarowej (IR). Potencjał badawczy w obu instytutach jest bardzo zróżnicowany na korzyść tego pierwszego, a tematyka badawcza w tych instytutach w dziedzinie metrologii różni się również bardzo, chociaż ma też elementy wspólne. To co łączy wymienione instytuty w dziedzinie metrologii to szeroko stosowana technika komputerowa do sterowania procesami pomiarowymi, przetwarzania sygnałów pomiarowych, tworzenia baz danych pomiarowych i do wizualizacji wyników pomiarów.

Zakład Mikrosystemów i Systemów Pomiarowych w Instytucie Systemów Elektronicznych

Protoplastą tego Zakładu był Zakład Miernictwa Teleelektrycznego powołany na Wydziale w 1954 roku. Zakład przeszedł na przestrzeni około sześćdziesięciu lat wiele ewolucji zarówno w zakresie tematyki badawczej, jak i form organizacyjnych Zakładu. Zmiany te podyktowane, jak już wcześniej wspomniano, gwałtownym rozwojem elektroniki, a w szczególności technik komputerowych, widoczne były także w zmianach nazwy Zakładu. Kolejne nazwy w ostatnim dziesięcioleciu przedstawiały się następująco: do 2001 roku był to Zakład Miernictwa Elektronicznego i Optoelektroniki, w 2003 roku — Zakład Systemów Pomiarowych i Optoelektroniki i ostatecznie od 2006 roku — **Zakład Mikrosystemów i Systemów Pomiarowych**. Kierownikiem Zakładu podczas opisywanych 10 lat był i jest prof. dr hab. Ryszard Jachowicz.

Zakład prowadził szereg zajęć dydaktycznych zarówno na poziomie podstawowym, jak i specjalistycznym. Przedmioty podstawowe to: Podstawy pomiarów i przetworniki A/C i C/A oraz w ramach studiów anglojęzycznych — ECE Laboratory. Przedmioty specjalistyczne, związane z działalnością zespołów naukowych, stanowią znacznie dłuższą listę: Systemy pomiarowe, Oprogramowanie systemów pomiarowych, Podstawy czujników pomiarowych, Czujniki półprzewodnikowe, Sieci czujnikowe, Podstawy techniki światłowodowej, Optoelektroniczne systemy pomiarowe, Internetowe systemy pomiarowe, Metody odzyskiwania sygnału ukrytego w szumie.

Prace naukowo-badawcze w Zakładzie były prowadzone w pięciu zespołach naukowych o następujących nazwach:

- Zespół Internetowych Systemów Pomiarowych — od 27.12.2005 roku (pod kierownictwem profesora Ryszarda Romaniuka),
- Zespół Komputerowych Systemów Pomiarowych (pod kierownictwem profesora Konrada Hejna),
- Zespół Mikrosystemów i Czujników Pomiarowych (pod kierownictwem profesora Ryszarda Jachowicza),
- Zespół Przemysłowych Systemów Kontrolno-Pomiarowych (pod kierownictwem doktora habilitowanego Grzegorza Pankanina),
- Zespół Światłowodowych Czujników i Systemów Pomiarowych (pod kierownictwem docenta Kazimierza Jędrzejewskiego),

- Zespół Sieci Neuronowych — do 2004 roku (pod kierownictwem doktora Stanisława Jankowskiego).

Ważnym wydarzeniem naukowym i wyzwaniem organizacyjnym dla Zakładu była organizacja w Politechnice Warszawskiej we wrześniu 2001 roku II Krajowego Kongresu Metrologii. Przebieg Kongresu był bardzo udany, wzięło w nim udział około 250 naukowców, a niewątpliwą atrakcją Kongresu był referat zaproszony (*keynote lecture*) profesor Lofti Zadeha, University of California, Berkeley, USA — twórcy teorii „logiki rozmytej”. Przewodniczącym Kongresu był profesor Ryszard Jachowicz a przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego doktor Grzegorz Pankanin.

Do niewątpliwych, równie ważnych osiągnięć Zakładu w ostatnim dziesięcioleciu jest rozwój kadry naukowej, a w tym jego samodzielnych pracowników naukowych. Wymieniając awanse naukowe chronologicznie, przedstawiają się one następująco: w 2000 roku prof. dr. hab. R. Jachowicz został mianowany profesorem zwyczajnym, a doktor K. Hejn uzyskał stopień doktora habilitowanego, w 2002 roku doktor R. Romaniuk uzyskał stopień doktora habilitowanego, a w 2005 roku został mianowany profesorem nadzwyczajnym Politechniki Warszawskiej, w 2006 roku doktor habilitowany K. Hejn został mianowany profesorem nadzwyczajnym Politechniki Warszawskiej, w 2007 roku doktor K. Jędrzejewski otrzymał awans na docenta, a w 2009 roku dr G. Pankanin uzyskał stopień doktora habilitowanego.

W 2010 roku Zakład Mikrosystemów i Systemów Pomiarowych zatrudnił 23 osoby w tym 1 profesora zwyczajnego, 2 profesorów nadzwyczajnych (PW), 1 docenta, 9 adiunktów, w tym 1 ze stopniem dr habilitowanego, 5 starszych wykładowców, w tym 3 ze stopniem doktora oraz 3 pracowników inżyniersko-technicznych, 1 technika i 1 pracownika administracyjnego. W całym minionym dziesięcioleciu stan kadrowy Zakładu nieco fluktuował, ale nigdy nie przekraczał 30 osób.

Każdy z wymienionych wcześniej zespołów naukowo-badawczych miał swoją daleko idącą specyfikę badawczą, której nie da się charakteryzować wspólnie. Dlatego też historia rozwoju każdego z nich przedstawiana jest osobno.

■ Zespół Internetowych Systemów Pomiarowych

(do 2005 roku — grupa PERG-Photonics and Web Engineering Research Group)

Tematyka prac badawczych Zespołu obejmowała dwa wyraźne kierunki — jeden dotyczył światłowodów, drugi zaś rozproszonych systemów pomiarowych oraz fizyki wielkich energii.

W ciągu ostatnich lat tematyka została poszerzona o prace z zakresu tematyki sieci neuronowych i metod adaptacyjnych w metrologii. Zespół współpracował z wieloma ośrodkami zagranicznymi, m.in. z CERN — European Institute of Nuclear Research w Genewie oraz DESY — Deutsches Elektronen Synchrotron w Hamburgu.

W dziedzinie światłowodów prowadzono prace dotyczące światłowodów pierścieniowych ze szkła wieloskładnikowych przeznaczonych dla fotoniki pomiarowej, technologii światłowodów kapilarnych, światłowodowych czujników chemicznych (do wieloparametrowych pomiarowych w środowisku wodnym). Zrealizowano elektroniczne systemy kontrolno-pomiarowe dla europejskiego lasera rentgenowskiego na elektronach swobodnych i h-liniowego akceleratora nadprzewodzącego TESLA.

Głównym osiągnięciem Zespołu był fotoniczno/elektroniczny system regulacji do akceleratora dla CERN, szybka fotonika i elektronika cyfrowa dla detektora CMS (*Compact Muon Solenoid*), a także było kierownictwo projektu ELAN (*Europejska Sieć Badawcza Akceleratorów Liniowych*).

Tematy związane z sieciami neuronowymi i metodami adaptacyjnymi obejmowały analizę wielokanałowych zapisów holterowskich w zakresie badań rytmu pracy serca i morfologii kształtu cykli (współpraca z II Kliniką Chorób Wewnętrznych i Kardiologii Akademii Medycznej w Warszawie) oraz analizę postawy i chodu człowieka na podstawie sygnałów i obrazów uzyskanych w Laboratorium Zakładu Inżynierii Elektronicznej Wydziału Fizyki Uniwersytetu w Walencji (Hiszpania).

Zespół realizował następujące projekty badawcze w ostatnim dziesięcioleciu:

- *System pomiarowo-kontrolny nadprzewodzącymi wnękami rezonansowymi TESLA dla akceleratora liniowego VUV-FEL i X-FEL* (2001–2007) — współpraca z ośrodkiem badawczym DESY (Hamburg) w ramach programu UE FP6 *European Project Coordinated* jako wykonawcy tematu pt.: *Accelerator Research in Europe (CARE), Design of New Generation of LLRF System for Superconducting Liner Accelerator*,
- *Technologia światłowodów kapilarnych* (2004–2007) — projekt badawczy finansowany przez MNiSW,
- *Światłowodowe czujniki chemiczne* (2004–2007) — projekt badawczy finansowany przez MNiSW we współpracy z Wydziałem Chemii Politechniki Warszawskiej,
- *Światłowodowy o spiralnym rdzeniu* (2007–2009) — projekt badawczy finansowany przez MNiSW nr R 08 022 02 we współpracy z Politechniką Białostocką,
- *System trygera mionowego RPC dla detektora CMS w projekcie badawczym LHC* (od 1995 roku) — współpraca z Uniwersytetem Warszawskim i Międzynarodowym Ośrodkiem Badań Jądrowych CERN (Genewa) w ramach przynależności Instytutu do The CMS Associated Laboratory,
- *Pomiarowy system kamerowy do obserwacji błysków gamma* (od 2002 roku) w międzynarodowym astrofizycznym programie badawczym *Pi of the Sky* w ramach uczestnictwa Politechniki Warszawskiej w Polskiej Sieci Astrofizyki Cząstek (decyzja nr 621/E-78/BWSN-0068/2008) — prace finansowane ze środków KBN i MNiSW (grant KBN Nr 2 P03B 038 25, umowy kontraktowe z IPJ),
- *WP2 — Dissemination, Communication and Outreach (DCO) and WP10 — Superconducting Radio Frequency (SRF), Low Level RF System (LLRF) for FLASH Accelerator in DESY* (2009–2013) — projekt realizowany w ramach *EuCARD — European Coordination of Accelerator R & D in Europe*, finansowanych z programu ramowego UE — FP7.

■ Zespół Komputerowych Systemów Pomiarowych

Przedmiotem prac badawczych Zespołu był pomost między teorią cyfrowego przetwarzania sygnału DSP (*Digital Signal Processing*) a fizycznym modelem układów elektronicznych. Tematyka prac badawczych Zespołu obejmowała: modulatory delta-sigma, algorytmy cyfrowego przetwarzania sygnału, technologię VXI/SCPI, SCPI, LXI, modelowanie i symulacja VHDL (*Very High Speed Integrated Circuits Hardware Description Language*). Ogniwem pośrednim między analogowym światem wielkości fizycznych a cyfrowym światem przetwarzania sygnałów są przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe. Przetwarzanie analogowo-cyfrowe było centrum zainteresowania Zespołu od początku jego istnienia. Początkowo prace dotyczyły metod modelowania statystycznego, optymalnych pod względem odporności na zakłócenia algorytmów przetwarzania analogowo-cyfrowego. Prace kontynuowano, badając efektywną rozdzielczość przetworników analogowo-cyfrowych. Kontynuowane były prace w zakresie konstrukcji, testowania i oprogramowania elementów systemów pomiarowych, m.in. przetworników delta-sigma z nadpróbkowaniem i ich układowej w postaci matrycy analogowej.

Zakres prac Zespołu obejmował także implementację przyrządów wirtualnych w środowisku sprzętowym VXI i programowym zbioru SCPI oraz modelowanie systemów elektronicznych z wykorzystaniem języka VHDL. W efekcie opracowano prototyp narzędzia wspomagającego projektowanie rejestrowych urządzeń VXI.

Wymienione prace były prowadzone w ramach trzech projektów badawczych finansowanych przez KBN i Ministerstwo Nauki Szkolnictwa Wyższego:

- *Współczesne narzędzia programowe w układowej implementacji Delta-Sigma modulacji (VHDL-AMS Driven Implementation of Delta-Sigma Modulation)* (2000–2002),
- *Prototyp narzędzia wspomagającego projektowanie rejestrowych urządzeń VXI (VXI Register-based Device Development Tool)* (2005–2006),
- *Uniwersalne narzędzie elektroniczne wspomagające projektowanie przyrządów komunikatowych VXI (A Flexible Electronic Tool for Development of VXI Message-based Devices)* (2007–2008).

■ Zespół Mikrosystemów i Czujników Pomiarowych

(do 2004 roku — Zespół Miernictwa Wielkości Nielektrycznych)

Główną tematyką prac badawczych Zespołu jest projektowanie, modelowanie i badanie czujników pomiarowych, zwłaszcza półprzewodnikowych miniaturowych czujników, czujników inteligentnych oraz ostatniego na etapie rozwoju rodzaju czujników, czyli mikrosystemów. Dodatkowo Zespół prowadził prace rozwojowe w dziedzinie interfejsów cyfrowych dla czujników i mikrosystemów do współpracy z komputerowymi systemami pomiarowymi, a w tym interfejsów bezprzewodowych (*wireless interfaces*). Na tej bazie rozwijane były sieci czujnikowe zarówno w części sprzętowej, jak i programowej (opracowywane były algorytmy zarządzające samoorganizacją sieci oraz optymalizacją organizacji sieci ze względu na minimalizację zużycia energii i/lub niezawodności funkcjonowania sieci). W ramach tych prac specjalnością Zespołu były pomiary wilgotności gazów ze szczególnym naciskiem na higrometry punktu rosy, oparte na opracowanym w Zespole detektorze półprzewodnikowym w postaci mikrosystemu.

Opracowane w Zespole higrometry osiągają nadzwyczajne parametry dynamiczne, nieosiągalne w innych laboratoriach na świecie (I nagroda na Konferencji MikroNano'2008 w Hong Kongu w 2008 roku).

W ostatnich latach przedmiotem zainteresowania Zespołu były mikrosystemy głównie do zastosowań medycznych, np. do pomiaru wybranych parametrów fizjologicznych człowieka takich, jak parametry fizjologiczne skóry, temperatura i wilgotność w nosie i gardle człowieka podczas oddychania (pomiar wilgotności w warunkach dynamicznych w zastosowaniach rynologicznych).

W sferze zainteresowań Zespołu były również pomiary parametrów dielektrycznych elementów roślin w funkcji ich parametrów biologicznych oraz metody i algorytmy rozpoznawania ziaren pyłku roślin oparte na szybkiej komputerowej analizie obrazu.

Zespół koordynował i/lub współpracował w kilku międzynarodowych tematach badawczych w ramach współpracy z Unią Europejską i z Singapurem.

W 2002 roku powstało Centrum Doskonałości Mikrosystemów — Projektowania i Technologii **COMBAT** (*Centre of Microsystems Design and Technology*) finansowane w ramach 5. PR UE (3-letni projekt). W ramach Centrum 56 doktorantów i pracowników naukowych Politechniki Warszawskiej odbyło wizyty naukowe w krajach UE oraz 54 pracowników naukowych z krajów UE (głównie profesorów) odwiedziło Centrum i na jego seminariach wygłosiło referaty naukowe i wykłady dla studentów i doktorantów. Celem tego projektu było inicjowanie międzynarodowych tematów badawczych w dziedzinie mikroczujników i mikrosystemów. W ramach projektu COMBAT prowadzono prace nad *Bezprzewodowym interfejsem do inteligentnych czujników i mikrosystemów*. Prace te, w późniejszym okresie (2006–2009), prowadzone były we współpracy z Singapore Institute of Manufacturing Technology — SIMTech. W ramach tego projektu dr G. Tarapata odbył roczny staż naukowy w Singapore Institute of Manufacturing Technology i w National University of Singapore.

Zdobyte tam doświadczenie zaowocowało budową *clean room*-u (2009/2010) i uruchomieniem Laboratorium Ink-jet printing technology (2010). W 2009 roku zbudowano i uruchomiono także Laboratorium Pomiarów Wilgotności o Wysokiej Dokładności. Laboratorium to wyposażono w zbudowany w Zespole generator wilgotności (dwu-strumieniowy), pracujący w zakresie od temperatury punktu szronu (-60°C) do temperatury pokojowej i o niepewności pomiaru poniżej $-0,05^{\circ}\text{C}$.

Poza wymienionymi projektami badawczymi, Zespół prowadził jeszcze inne projekty krajowe i jeden projekt UE:

- Projekt UE FP5 *System for European Water Monitoring* — SEWING (2002–2004),
- Projekt badawczy MNiI pt. *Metody i algorytmy rozpoznawania ziaren pyłku roślin oparte na szybkiej komputerowej analizie obrazów* (2005–2007),
- Projekt badawczy strukturalny POIG pt. *Mikro- i nano- systemy w chemii i diagnostyce biomedycznej MNS DIAG* — umowa 4-letnia na lata 2009–2013,
- Projekt rozwojowy NCBR pt.: *Rozwój nowej technologii Ink-jet printing dla potrzeb mikroczujników i mikrosystemów pomiarowych* — opracowanie metod projektowania i procesów technologicznych (2010–2013).

Członkowie Zespołu uzyskali za osiągnięcia w pracy naukowej i dydaktycznej wiele wyróżnień:

- Nagrody Rektora Politechniki Warszawskiej: I stopnia dydaktyczna (R. Jachowicz, J. Weremczuk — 2006 rok), I stopnia naukowa (R. Jachowicz, J. Weremczuk, J. Sochoń — 2005 rok); II stopnia naukowa (G. Tarapata — 2009 rok),
- Nagroda „Silver Leaf” za referat na konferencji PRIME 2005, Lausanne, Szwajcaria, 2005 (D. Paczesny, J. Weremczuk, R. Jachowicz, P. Rapiejko),
- Pierwsza nagroda za referat na konferencji MicroNano’2008, Hong Kong, 2008 (R. Jachowicz, J. Weremczuk, D. Paczesny, G. Tarapata),
- Medal Edukacji Narodowej — prof. dr hab. Ryszard Jachowicz (2009 rok).

■ Zespół Przemysłowych Systemów Kontrolno-Pomiarowych

Działalność Zespołu dotyczy głównie badania zjawisk fizycznych występujących w przepływowym wirowym. Do analizy tych zjawisk wykorzystywane były różne metody badawcze, takie jak: modelowanie numeryczne, wzorcowanie na stanowisku pomiarowym, wizualizacja przepływu z cyfrowym przetwarzaniem obrazów, termooanemometryczne badania pola prędkości. W wyniku tych prac opracowano szereg konstrukcji przepływomierzy wykorzystujących tzw. „ścieżkę wirową von Karmana”. W konstrukcji wymienionej aparatury i systemów pomiarowych wykorzystywano często łączność bezprzewodową.

Prace w zakresie badania przepływów zostały uwieńczone monografią habilitacyjną Grzegorza Pankanina *Przepływomierz wirowy — analiza zjawiska generacji wirów*. Współczesne metody badań i wizualizacji ścieżki wirowej von Karmana (październik 2009; nagroda naukowa I-go stopnia Rektora Politechniki Warszawskiej).

Prace Zespołu dotyczyły również badania wartości pola elektrycznego w atmosferze. Przeprowadzono badanie wielokrotnych doziemnych wyładowań atmosferycznych, mechanizmu ich rozwoju, właściwości oraz wpływu na zagrożenie ludzi i obiektów. Opracowano system anten do pomiaru natężenia pola w pobliżu wyładowań atmosferycznych oraz systemu fotograficznej rejestracji wyładowań.

Badanie natężenia pola elektrycznego pod kątem prognozowania trzęsień ziemi były prowadzone we współpracy z Univesitad Nacional Autonomia de Mexico, Instituto de Geofisica Mexico w latach 2000–2007 i na zlecenie tego Instytutu wykonano projekt badawczy pt. *Design, Tests and Custom-made 7 pieces of DC Electric Field Meter* (2004–2007).

Zespół prowadził ponadto następujące projekty badawcze finansowane przez KBN:

- Projekt pt. *Parametryzacja ścieżki wirowej Karmana z wykorzystaniem wizualizacji przepływu i cyfrowego przetwarzania obrazów* (2004–2007),
- Projekt pt. *Badania wielokrotnych doziemnych wyładowań atmosferycznych, mechanizmu ich rozwoju, właściwości oraz wpływu na zagrożenie ludzi i obiektów — realizacja 2 podtematów* (2007–2008),
- Projekt pt. *Optymalizacja konfiguracji czujnika przepływomierza wirowego z wykorzystaniem wizualizacji przepływu i cyfrowego przetwarzania obrazów* (2009–2011),

oraz jeden projekt zlecony przez Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk pt. *Opracowanie i wykonanie 2 sztuk mierników pola elektrycznego* (2007–2008).

■ Zespół Światłowodowych Czujników i Systemów Pomiarowych

Tematyka prac badawczych Zespołu obejmuje miernictwo optoelektroniczne w nauce i przemyśle, technologię światłowodów, podzespoły światłowodowe, czujniki światłowodowe, przetwarzanie obrazu. W 2001 roku uruchomiono unikalne laboratorium optoelektroniczne, które umożliwiło dalszy rozwój prac badawczych. Opracowano technologię siatek Bragga realizowanych na rdzeniach włókien optycznych. Do tych celów zakupiono specjalny laser argonowy, pracujący na drugiej harmonicznej w zakresie ultrafioletu (244 nm) i mocy 100 mW. Dodatkowo zbudowano system do wysokociśnieniowego wodorowania włókien telekomunikacyjnych, co zwiększa czułość włókien na naświetlanie UV. W pomiarach wykonywanych podzespołów wykorzystuje się analizatory widma optycznego o dużej rozdzielczości i laser przestrajany (zależnie od pasm spektralnych).

Obecnie główne zainteresowania zespołu dotyczą stosowania siatek Bragga jako multipleksowanych czujników (np. naprężeń i temperatury zintegrowanych z badanymi obiektami).

Zespół prowadził szereg projektów badawczych:

- *Opracowanie sprzęgaczy o kształtowanych charakterystykach spektralnych wykonywanych techniką termicznego przewężania światłowodów* (2000–2001) — Program Priorytetowy „Inżynieria Fotoniczna”,
- *Badanie światłowodów siarczkowych domieszkowanych germanem dla szybkich zastosowań nieliniowych* (1999–2000), University of Leeds, United Kingdom (we współpracy z ITME),
- *Siatki dyfrakcyjne na rdzeniu światłowodu* (2001–2003) — projekt KBN,
- *Polimerowe materiały dla optoelektroniki* (2001–2003) — współpraca z Politechniką Wrocławską,
- *Opracowanie technologii i konstrukcji oraz wykonanie światłowodowych siatek Bragga* (2004–2007) — projekt zamawiany PBZ-MIN,
- *System multipleksowanych braggowskich czujników światłowodowych* (2005–2007) — projekt Badawczy MNiI.

Pracownia Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów Pomiarowych w Instytucie Radioelektroniki

■ Historia

W latach 1974–2004 działał Zespół Komputerowej Techniki Pomiarowej (Zespół KTP), który był grupą pracowników Zakładu Urządzeń Radiotechnicznych zintegrowaną wokół problematyki pomiarów wspomaganych komputerem. Za datę zamknięcia działalności Zespołu uznać należy datę rozwiązania Zakładu Urządzeń Radiotechnicznych w 2004 roku, które było następstwem negatywnego zaopiniowania przez Komisję Rady Wydziału wniosku o zmianę nazwy Zakładu na Zakład Komputerowej Techniki Pomiarowej. Wniosku o tyle zasadnego, że w 2002 roku Zakład ten składał się już wyłącznie z członków Zespołu KTP. Spowodowało to włączenie części Zespołu — pod nazwą Pracowni Komputerowej Techniki Pomiarowej i kierownictwem Wiesława Winięckiego — do Zakładu Elektroakustyki (2004), zaś drugiej części — pod nazwą Pracowni Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów Pomiarowych (CPSP) i kierownictwem Romana Z. Morawskiego — do Zakładu Telewizji (2006), z zachowaniem dotychczas uprawianej tematyki badawczej. Obecnie członkami Pracowni CPSP są: prof. dr hab. Roman Z. Morawski (który tytuł profesora uzyskał w 2001 roku), dr inż. Andrzej Miękina i dr inż. Andrzej Podgórski.

■ Działalność badawcza

W latach 2001–2010 działalność badawcza Pracowni CPSP koncentrowała się na metodach i algorytmach przetwarzania danych pomiarowych w analizatorach spektrofotometrycznych i elektroakustycznych, a w szczególności w:

- monitorach optycznych kanałów telekomunikacyjnych (w zakresie długości fali 1200–1600 nm),
- spektrofotometrycznych analizatorach żywności (w zakresie długości fali 1200–1600 nm),
- analizatorach dźwięku i wibracji (w zakresie częstotliwości 0–25 kHz).

Celem badań było opracowanie spójnej metodyki przetwarzania danych pomiarowych, obejmującej metody estymacji widma, jego parametrów lub wielkości związanej z widmem oraz metody wzorcowania analizatorów. Głównym źródłem finansowania tych badań były granty KBN i MNiSW:

- *Metody i algorytmy interpretacji widma sygnałów dla zastosowań w monitoringu procesów technicznych i ekologicznych* (2003–2006),
- *Metody i algorytmy obróbki danych pomiarowych dla zastosowań w analizatorach spektrofotometrycznych* (2006–2009),
- *Metody i algorytmy obróbki przetwarzania danych pomiarowych w spektrofotometrycznych analizatorach żywności* (2010–2013).

Efekty działalności badawczej Pracowni opisane zostały w licznych publikacjach, patentach i raportach technicznych. Wśród 16 przyznanych patentów, 13 ma charakter międzynarodowy:

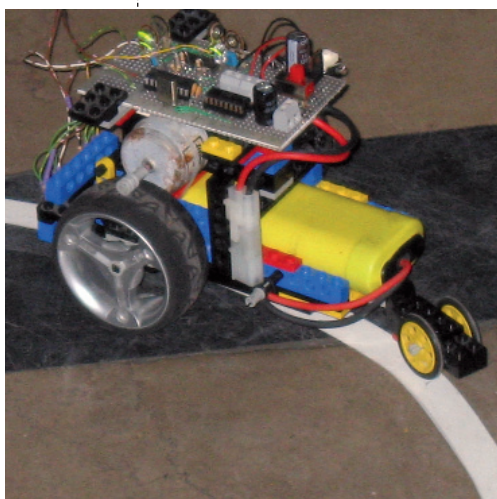
- A. Barwicz, R.Z. Morawski, A. Miękina, S. Lesueur, T. Oleszczak, „Flash Optical Performance Monitor” (USA 2008),
- A. Barwicz, R.Z. Morawski, M. Wiśniewski, „Numerical Data Processing Dedicated to an Integrated Microspectrometer” (USA 2005),
- A. Barwicz, R.Z. Morawski, M. Ben Slima, A. Miękina, M. Wiśniewski, „Method for Extracting Spectral Parameters of Channels from Non-Channelised Light” (USA 2004),
- A. Barwicz, R.Z. Morawski, M. Ben Slima, „Apparatus and Method for Light Spectrum Measurement” (USA 1999, Germany–France–UK–Ireland–Netherlands 2002, USA 2006, Canada 2006),
- R.Z. Morawski, A. Barwicz, M. Ben Slima, and A. Miękina, „Method of Interpreting Spectrometric Data” (USA 1999, Canada 2008).

Pracownia Komputerowej Techniki Pomiarowej w Instytucie Radioelektroniki

Pracownia KTP liczy czterech członków: prof. dr hab. inż. Wiesław Winiecki (kierownik Pracowni), dr inż. Piotr Bilski, dr inż. Robert Łukaszewski, dr inż. Krzysztof Mroczek. Z pracowni ściśle współpracuje w zakresie systemów pomiarowych dr Piotr Bobiński z Zakładu Elektroakustyki.

W latach 2001–2006 Pracownia KTP rozwijała prace badawcze dotyczące wykorzystania nowoczesnych technologii komunikacyjnych i programowych w projektowaniu przewodowych i bezprzewodowych rozproszonych systemów pomiarowych. Po 2007 roku prace badawcze koncentrowały się na następujących zagadnieniach:

- metody projektowania przyrządów wirtualnych z wykorzystaniem procesorów wielordzeniowych,
- analiza, modelowanie i optymalizacja systemów pomiarowych z wykorzystaniem takich metod formalnych, jak sieci Petriego i kolorowe sieci Petriego,
- projektowanie urządzeń pomiarowych z wykorzystaniem układów logiki programowalnej i systemów wbudowanych,
- bezpieczeństwo rozproszonych systemów pomiarowo-sterujących, a w szczególności systemów o asymetrycznych zasobach obliczeniowych i energetycznych.



To ostatnie zagadnienie jest szczególnie istotne, ponieważ systemy takie wykorzystują technologie telekomunikacji przewodowej i bezprzewodowej i komunikują się z powszechnie dostępnymi sieciami komputerowymi, m.in. z Internetem, a w konsekwencji narażone są na niebezpieczne ataki wirusów i włamywaczy; w sytuacji, gdy systemy te sterują kosztownymi obiektami, ataki te mogą powodować duże straty. W zainicjowanych w Pracowni KTP badaniach nad bezpieczeństwem rozproszonych systemów pomiarowo-sterujących wykorzystywane są metody kryptograficzne i szyfrowane protokoły wymiany informacji.

Głównym źródłem finansowania powyższych badań była następujące granty KBN i MNiSW:

- *Wykorzystanie nowoczesnych technologii komunikacyjnych i programowych w projektowaniu przewodowych i bezprzewodowych rozproszonych systemów pomiarowych (2004–2006),*
- *Wykorzystanie metod formalnych w projektowaniu systemów pomiarowych (2006–2007),* oraz granty dziekańskie:
 - *Zastosowanie metod kryptograficznych do podwyższenia bezpieczeństwa sieci typu RSPS (2007),*
 - *Bezpieczeństwo sieci typu RSPS o asymetrycznych zasobach obliczeniowych (2008).*

Do niewątpliwych osiągnięć Pracowni KTP w ostatnim dziesięcioleciu należy zaliczyć rozwój kadry naukowej. W 2003 roku doktor W. Winięcki uzyskał stopień doktora habilitowanego, w 2005 roku został mianowany profesorem nadzwyczajnym Politechnice Warszawskiej, a w 2011 roku uzyskał tytuł profesora. Stopnie doktora nauk technicznych uzyskali: K. Mroczek (2002), P. Bilski (2006), R. Łukaszewski (2007).





inżynieria biomedyczna i jądrowa

INŻYNIERIA BIOMEDYCZNA

O wydziałowej historii pierwszych pięćdziesięciu lat inżynierii biomedycznej pisał w eseju w materiałach wydanych w 2001 roku, z okazji 50-lecia Wydziału, profesor Zdzisław Pawłowski. Historia ta koncentrowała się głównie wokół Zakładu Elektroniki Jądrowej i Medycznej, stanowiącego przez dekady główną siłę w dziedzinie technik medycznych, lecz profesor Pawłowski wskazał także kilka innych zespołów, które wniosły istotny wkład w tę dziedzinę. Postępująca integracja nauk ścisłych i technicznych z naukami medyczno-biologicznymi powoduje, że coraz więcej zespołów, z których tylko niektóre identyfikują się z inżynierią biomedyczną jako głównym polem badań, prowadzi prace wnoszące istotny wkład do tej dziedziny. Jest ich tak wiele, że mam, niestety, smutne przekonanie, że nie o wszystkich wiem i nie wszystkie zdołam w tym rozdziale wymienić. Licząc na wybaczenie postaram się jak najlepiej wypełnić nałożone na mnie zadanie i w wielkim skrócie opowiedzieć o tym, co w obszarze inżynierii biomedycznej działo się w ostatnim dziesięcioleciu, a działo i dzieje się wiele...

Zacznijmy od Zakładu Elektroniki Jądrowej i Medycznej — najliczniejszego i najsilniejszego zespołu reprezentującego na wydziale inżynierię biomedyczną. Zakład, z racji choćby swojej wielkości, od lat był dość mocno zatowizowany i podzielony na w dużej mierze autonomiczne zespoły badawcze (pracownie), skupione wokół dobrze zdefiniowanych obszarów tematycznych. Struktura Zakładu przez lata była bardzo stabilna — nie zmieniała się do 2007 roku, z wyjątkiem zaniknięcia, w sposób naturalny, jednoosobowej Pracowni Metod Przyspieszania Cząstek Naładowanych, po przejściu na emeryturę doktora W. Scharfa. W 2007 roku, w efekcie naturalnych ewolucyjnych procesów, powstała Pracownia Komputerowego Wspomagania Diagnostyki Medycznej dr. hab. Artura Przelaskowskiego, młodego, ambitnego samodzielnego pracownika naukowego, który zaczął budować wokół siebie zespół naukowy. W rok później przeniósł się on, niestety, wraz ze współpracownikami, do Zakładu Telewizji, jako kierownik Pracowni Telemedycyny, szukając tam korzystniejszego otoczenia dla rozwoju naukowego.

Wróćmy jednak do Zakładu Elektroniki Jądrowej i Medycznej. Pracownia Biomedycznych i Nukleonicyznych Systemów Komputerowych (BiNSK) przez długie lata kierowana była przez profesora Adama Piątkowskiego, niezwykle aktywnego lidera, wybitnego uczonego niepozbanionego żyłki menedżera. Śmierć Profesora w 2002 roku stała się dla Pracowni dramatem, lecz szybko okazało się, że Profesor wychował godnych następców i pracownia, pod kierownictwem doktora Piotra Bogorodzkiego, wspomagana przez doktor Ewę Piątkowską-Janko działa nie mniej dynamicznie niż przez poprzednie kilkanaście lat. Zainteresowania zespołu skupione są wokół biomedycznych zastosowań zjawiska jądrowego rezonansu magnetyczne-

Krzysztof Zaremba

prof. dr hab.
Instytut Radioelektroniki
Gmach Elektroniki, p. 72
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. +48-22-234-7955
e-mail: k.zaremba@ire.pw.edu.pl

Ryszard Romaniuk

prof. dr hab.
Instytut Systemów
Elektronicznych
Gmach Elektroniki,
p. 228A
ul. Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa
tel. +48-22-234-7986
e-mail: r.romaniuk@ise.pw.edu.pl

go. Badania obejmują zarówno techniki obrazowania morfologii, jak i czynnościowy rezonans magnetyczny (*Functional Magnetic Resonance Imaging*), który stał się z szandarową specjalnością Pracowni. Obecnie podejmowane są prace nad metodami wzmacniania sygnału NMR — hiperpolaryzacją (*Dynamic Nuclear Polarization*) i rezonansem elektronowo-jądrowym (*Proton Electron Double Resonance*). Czynnione są też poważne wysiłki zmierzające do stworzenia infrastruktury badawczej niezbędnej do prowadzenia prac badawczych związanych z techniką NMR. Obejmują one:

- Naukowe Centrum Obrazowania Biomedycznego (NCOB), powstałe w 2009 roku w Kajetanach pod Warszawą, stanowiące bazę do obrazowych badań klinicznych technikami MR. Przedsięwzięcie to jest efektem wspólnej inicjatywy Instytutu Radioelektroniki oraz Instytutu Fizjologii i Patologii Słuchu. Dysponuje ono skanerem MRI o indukcji pola głównego 3T.
- Przedkliniczne laboratorium technik MR, projekt realizowany z dotacji aparaturowej MNiSW, grantu Fundacji Nauki i Technologii Polskiej oraz grantu Centrum Badań Przedklinicznych i Technologii (CePT). Zaplanowane do 2013 roku inwestycje aparaturowe pozwolą na zbudowanie laboratorium nowych środków kontrastowych, w tym hiperpolaryzowanych gazów szlachetnych (^3He , ^{129}Xe).

Pracownia BiNSK współpracuje od lat z wieloma ośrodkami naukowymi, zarówno krajowymi, jak i światowymi, np. z Instytutem Biologii Doświadczalnej PAN, Instytutem Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej PAN, Instytutem Onkologii (filia w Gliwicach), Brain Institute, Utah University (USA), CREATIS Lyon (Francja). Ważnym faktem stało się złożenie w 2010 roku przez doktora P. Bogorodzkiego rozprawy habilitacyjnej, a optymizmem napawa powstała w pracowni silna grupa doktorantów i studentów, wspierających prowadzone przez zespół badania.

Pracownia Zastosowań Elektroniki w Medycynie Nuklearnej, kierowana przez docenta Romana Szabatina, działa bardzo prężnie, choć w ostatnich latach obszar prowadzonych w tym zespole badań oddalił się nieco od inżynierii biomedycznej. Grupa, od lat specjalizująca się w zagadnieniach związanych z tomografią komputerową, znalazła nowy, interesujący obszar działania, jakim jest tomografia procesowa. Przeniesienie zdobytych w dziedzinie technik medycznych doświadczeń na grunt diagnostyki obiektów przemysłowych zaowocowało serią ciekawych i obiecujących rozwiązań, a zbudowane w pracowni kolejne modele tomografów impedancyjnych i wyniki prac badawczych w tej tematyce zapewniły grupie międzynarodowe uznanie. W latach 2005–2010 powstały udane opracowania modeli tomografów elektrycznych (ET1, ET3, ET-IREna), wdrożone do prac badawczych, między innymi w Katedrze Informatyki Stosowanej Politechniki Łódzkiej, gdzie wykorzystano je do pionierskich prac badawczych nad elektryczną tomografią 3D. Model tomografu ET3 w wersji dwupłaszczyznowej zawędrował aż do Australii. W ośrodku badawczym TUNRA przy University of Newcastle wdrożono go do badań dynamiki procesu transportu cząstek popiołów lotnych.

Pracownia Rozpoznawania Obrazów i Sygnałów, obecnie zaledwie dwuosobowa, kierowana przez doktora Mariana Kazubka, prowadzi prace dotyczące zagadnień telemetrii medycznej. W szczególności dotyczą one monitorowania sygnałów podstawowych funkcji życiowych i telemedycznej opieki domowej.

W Pracowni Detekcji i Spektrometrii, przez szesnaście lat kierowanej przez profesora Zdzisława Pawłowskiego, a obecnie przez piszącego te słowa, prace tradycyjnie skoncentrowane są wokół dwóch obszarów tematycznych. Jeden z nich związany jest z elektroniką jądrową, której poświęcono w tym opracowaniu osobny rozdział. Drugi natomiast jest związany z diagnostyką medyczną. W tym obszarze w ostatnim dziesięcioleciu kontynuowane były trwające przez kilkanaście lat badania nad doskonaleniem metod i urządzeń do pomiaru składu tkanek biologicznych. Opracowano system do pomiarów spektrometrycznych wzbudzonej w tkankach fluorescencji rentgenowskiej, stosowany m.in. do pomiarów kumulacji ciężkich metali w tkance nerwowej i w strukturach kostnych. Rozwijano metody diagnozowania schorzeń kości (osteoporozy i osteomalacji). Podsumowaniem tych badań stała się rozprawa habilitacyjna piszącego niniejsze słowa, zatytułowana *Wybrane radiacyjne metody badania składu pierwiastkowego tkanek i płynów ustrojowych*, obroniona w 2003 roku. Od kilku lat prowadzone są prace nad bardzo nowoczesną i obiecującą techniką diagnostyczną, jaką jest tomografia optyczna, zarówno nad tomografią dyfuzyjną, jak i koherentną. Badania

związane z tomografią dyfuzyjną zaowocowały dwoma doktoratami: Roberta Kurjaty (2007) oraz Artura Trybuły (2009), natomiast tomografia koherentna jest przedmiotem badań wykonywanych na zlecenie firmy Frey S.J. Nową, ciekawą i bardzo perspektywiczną ścieżką badań są prowadzone od kilku lat w pracowni, we współpracy z Instytutem Biofizyki i Biochemii PAN oraz warszawskim Centrum Onkologii, badania dotyczące metod analizy danych w genetyce i proteomice. Zaowocowały one doktoratem Tymona Rubla (2010), obecnie pracownika Zakładu, są też przedmiotem finalizowanej rozprawy doktorskiej mgr. inż. Lecha Raczyńskiego.

Poza strukturą pracownianą pozostaje w ZEJiM Dariusz Radomski, zatrudniony w 2002 roku, mający także stopień naukowy doktora medycyny. Jego zainteresowania skupiają się wokół zagadnień związanych z modelowaniem matematycznym procesów fizjologicznych, a głównie z modelowaniem procesów związanych z fizjologią i patologią układu rozrodczego i hormonalnego człowieka. Badania są prowadzone w ścisłej współpracy z klinikami Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego oraz Szpitalem Klinicznym Uniwersytetu w Cambridge. Modele budowane są z wykorzystaniem metody analizy statystycznej. Stosowanie zaawansowanych modeli statystycznych i umiejętna interpretacja otrzymanych wyników przyczyniły się do identyfikacji nowych mechanizmów biologicznych modelowanych procesów. Badania te doprowadziły do uzyskania przez Dariusza Radomskiego stopnia doktora nauk medycznych w zakresie biologii medycznej.

Ostatnie dwa lata działalności badawczej dr. Radomskiego koncentrują się na problemie analizy czynności bioelektrycznej macicy. Celem badań jest opracowanie metody umożliwiającej estymację aktywności skurczowej ciężarnej macicy, która umożliwi lekarzowi predykcję zbliżającego się porodu na podstawie pomiaru potencjałów bioelektrycznych generowanych przez tkankę mięśniową macicy. Prace te wpisują się w światowy trend badań nad poprawą jakości opieki położniczej, w szczególności u pacjentek z zagrażającym porodem przedwczesnym.

Pracownia Telemedycyny w Zakładzie Telewizji została, jak wspomniano, utworzona w 2008 roku, po przejściu do tego zakładu profesora Artura Przelaskowskiego. Pracownia szeroko współpracuje z zespołami lekarzy, m.in. z prof. Jerzym Waleckim (Centralny Szpital Kliniczny MSWiA, Warszawa), prof. Bogdanem Ciszkiem (Zakład Anatomii WUM), dr. hab. Kazimierzem Szopińskim (Wydział Lekarski WUM) i innymi. Od kilku lat trwa także współpraca z zespołem prof. Tomasza Zielińskiego (AGH, Kraków) oraz z prof. Waldemarem Koczkodajem z Laurentian University, Sudbury, Canada.

Cechą prowadzonych w Pracowni Telemedycyny badań jest integracja doświadczeń na styku trzech zasadniczych obszarów nauki: inżynierii biomedycznej (wspomaganie obrazowej diagnostyki medycznej oraz obrazowanie medyczne), multimediów (teoria informacji i kodowanie danych, rozumienie obrazów, indeksowanie) oraz systemów teleinformacyjnych (medyczne systemy informacyjne, telediagnostyka, gromadzenie danych, uwarunkowania transmisji). Wśród najistotniejszych opracowań ostatnich lat wymienić należy: zintegrowane środowisko diagnostyczne (stacja diagnostyczna z narzędziami CAD, szkielet systemów RIS/PACS, moduły telediagnostyczne), kodeki obrazów, archiwizery, CAD do diagnostyki wczesnego udaru mózgu (Monitor Udaru) zmierzający do komercjalizacji, CAD do diagnostyki raka sutka (MammoViewer), narzędzie Ishark do indeksowania zawartością obrazów ze zbiorem deskryptorów semantycznych treści diagnostycznej, ontologia mammografii wraz z edytorem badań obrazowych MammoEdit (współpraca z IBIB PAN), narzędzia do przeglądania, przetwarzania, analizy i rozpoznawania obrazów i wideo (m.in. badań bronchoskopowych, obrazów USG, 3D USG, CT, angiografii CT, a także obrazów naturalnych).

Wśród rozwijanych w Pracowni zagadnień naukowych należy wymienić przede wszystkim rzadkie reprezentacje obrazów, compressive sensing z bazami skalowalnymi, nieliniową aproksymację sygnałów, probabilistyczne modele obrazów, superrozdzielczość, deskryptory wybranych patologii skojarzone z ontologiami, kodeki obrazów z selekcją informacji, uproszczone rozumienie obrazów, ocenę jakości obrazów według kryteriów subiektywnych i obliczeniowych.

Kolejnym, obok Zakładu Elektroniki Jądrowej i Medycznej i Pracowni Telemedycyny, filarem inżynierii biomedycznej na Wydziale jest Zespół Aparatury Biocybernetycznej w Instytucie Systemów Elektronicznych, kierowany przez profesora Antoniego Grzankę. Zespół ten, stworzony w 1975 roku przez profesora Witolda Golde, od 1995 roku prowadził badania z zakresu audiologii i foniatry, zapoczątkowane przez Antoniego Grzankę i Lecha Śliwę,

realizowane we współpracy z Instytutem Fizjologii i Patologii Słuchu w Kajetanach oraz z Uniwersytetem w Ferrarze we Włoszech. Owocem tej działalności był cykl znaczących publikacji związanych z emisją otoakustyczną. Nowszą tematyką tych prac, związana z diagnostyką rynologiczną, rozpoczęta przez Antoniego Grzanek w 1994 roku, rozwijana jest we współpracy z Warszawskim Uniwersytetem Medycznym i została uwieńczona jego habilitacją w 2005 roku. Istotą tych badań jest modelowanie przepływów powietrza w nosogardzieli w celu ustalenia diagnozy szeregu schorzeń. W 2002 roku zainicjowana została aktywność Zespołu w ramach Programu Powszechnych Badań Przesiewowych Słuchu u Noworodków Wielkiej Orkiestry Świątecznej Pomocy. W latach 2007–2009 realizowano elektrofizjologiczny system monitorowania ciąży w ramach Uczelnianego Programu Badawczego. W zakresie badania głosu ważnym osiągnięciem były wyniki uzyskane na polu wspomaganie mowy osób po całkowitym usunięciu krtani, zakończone doktoratem (R. Pietruch, 2009). Ważnym zapleczem Zespołu jest Studenckie Koło Naukowe Cybernetyki (prezes — T. Cedro), rozwijające tematykę interfejsu mózg–komputer (BCI — *Brain-Computer Interface*).

Ciekawe prace naukowe w dziedzinie inżynierii biomedycznej prowadzone były w ostatnim dziesięcioleciu także w Zakładzie Mikrosystemów i Systemów Pomiarowych Instytutu Systemów Elektronicznych. Prace te, rozwijane w Zespole Mikrosystemów i Czujników Pomiarowych pod kierunkiem profesora Ryszarda Jachowicza, głównie koncentrowały się na opracowaniu aparatury diagnostycznej w dwóch dziedzinach medycznych: w dermatologii i w laryngologii. Pierwsza z nich do pomiaru tzw. współczynnika TEWL (*TransEpidermal Water Loss factor*) pozwala określać **wskaźnik przelnaskórkowej utraty wody**, którego znajomość ma istotne znaczenie w dermatologii do oceny stanu zdrowia pacjenta (doktorat z wyróżnieniem G. Tarapaty). Badania te do 2006 roku prowadzone były we współpracy z Politechniką Wiedeńską (z prof. R. Chabicovskym). Drugi rodzaj aparatury, dla laryngologii, przeznaczony był do pomiaru zmian wilgotności w nosie i w gardle pacjenta podczas oddychania (doktorat D. Paczesnego). Konstrukcja obu przyrządów oparta była na opracowanym w Zespole mikrosystemie półprzewodnikowym, umożliwiającym superszybkie pomiary wilgotności gazu (do 10 razy na sekundę). Osiągnięcie takiej dynamiki pomiarów wilgotności (niezbędne w wymienionych aplikacjach medycznych) jest unikatowe w skali światowej. Wyniki tych prac zostały nagrodzone I nagrodą na międzynarodowej konferencji MicroNano'2008 (Hong Kong) w 2008 roku i nagrodą „Silver Leaf” za referat na konferencji PRIME 2005 (Lozanna, Szwajcaria) w 2005 roku.

Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki wpisał się w tendencję intensywnego rozwoju mikrosystemowych przyrządów, które znajdują lub mogą znaleźć zastosowania w diagnostyce biomedycznej i chemicznej. W nurcie tym znalazł się zespół technologii mikrosystemowej (Michał Borecki, Maria Bełłowska, Jan Szmidt, Piotr Firek, Andrzej Jakubowski). Od 2005 roku we współpracy ze Szkołą Główną Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawskim Uniwersytetem Medycznym, Wojskową Akademią Techniczną, Université du Québec en Outaouais (Kanada) i Szpitalem Praskim prowadzone są badania aplikacyjne wykorzystujące dwie oryginalne metody klasyfikacji stanu funkcjonalnego. Klasyfikacja dla organizmów żywych, pożywienia i otoczenia prowadzona jest na podstawie inteligentnego badania próbek wydzielin lub cieczy organicznych. Wyniki badań wskazują, że opracowane w zespole demonstratory technologii umożliwiają klasyfikację stanu najwyższej płodności ssaków z dokładnością do 6 godzin, stanu zdatności do spożycia mleka, zarówno surowego, jak i przetworzonego oraz zdatności do powtórzenia wykorzystania biologicznie przetworzonego ścieku szarego.

Osobą od lat bardzo aktywnie rozwijającą tematykę bioinformatyki i analizy danych medycznych jest doktor Stanisław Jankowski z Instytutu Systemów Elektronicznych. W latach 2002–2009 był on inicjatorem i liderem prac dotyczących zastosowania metod inteligencji obliczeniowej do analizy kształtu sygnałów elektrokardiograficznych w zapisie Holtera i sygnałów uśrednionych. Badania prowadzone były we współpracy z pracownikami Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, Zakładu Elektroniki Jądrowej i Medycznej i Instytutu Informatyki w ramach trzech zrealizowanych w latach 2006–2009 grantów dziekańskich. Istotnym osiągnięciem zespołu było stworzenie systemu automatycznej klasyfikacji uśrednionych sygnałów EKG do rozpoznania przypadków częstoskurczu komorowego i migotania komór u osób z przebyłym zawałem. W tym celu opracowano nowy transdukcyjny klasyfikator statystyczny z wykorzystaniem średniokwadratowej maszyny wektorów nośnych (*least-squares support vector machine*). Wprowadzenie wirtualnych estymatorów wpływu znacznie poprawiło skuteczność prawidłowej klasyfikacji.

W tym samym instytucie w Zakładzie Sztucznej Inteligencji istnieje zespół badawczy bioinformatyki, kierowany przez profesora Jana Mulawkę, zajmujący się od lat różnymi aspektami zastosowań informatyki w medycynie i biologii, przede wszystkim z punktu widzenia wykorzystania w tych dziedzinach koncepcji sztucznej inteligencji. W początkowym okresie prowadzone przez zespół badania koncentrowały się głównie na obliczeniach na bazie kwasu dezoksyrybonukleinowego — DNA (tzw. *DNA computing*) i prowadzone były we współpracy z biologami z Uniwersytetu Warszawskiego. Polegały one na poszukiwaniu nowych możliwości zbudowania komputera molekularnego, działającego w sposób przepływowy w roztworach z cząsteczkami DNA. Algorytm działania takiej maszyny obliczeniowej jest całkowicie oparty na warsztacie laboratoryjnym inżynierii genetycznej. Prace koncentrowały się głównie na opracowywaniu algorytmów implementacji (metodami *in vitro*) maszyn wnioskujących wykorzystywanych w sztucznej inteligencji, a w szczególności w systemach ekspertowych. Badania te przyniosły interesujące wyniki w postaci licznych publikacji o zasięgu światowym, dwóch patentów i dwóch obronionych prac doktorskich. Zespół prowadził też badania dotyczące wspomaganie projektowania sekwencji DNA kodujących rekombinowane białka, badania markerów genetycznych dla celów kryminalistyki, badania rozkładu haplotypów przy uwzględnieniu występowania niemych wariantów, jak również badania zależności statystycznych w danych pochodzących z mikromacierzy DNA.

Kolejnym obszarem, rozwijanym przez zespół profesora J. Mulawki w ramach współpracy z Centrum Zdrowia Dziecka, a także Warszawskim Uniwersytem Medycznym było odkrywanie wiedzy z medycznych baz danych oraz automatyczne rozpoznawanie obrazów medycznych. W tym celu eksplorowano różne kliniczne bazy danych z takich dziedzin, jak neurologia, gastroenterologia, okulistyka, neonatologia. W szczególności rozwijano następujące zagadnienia: automatyczne wykrywanie obrzęków siatkówki na podstawie tomografii OCT, odkrywanie wiedzy z baz danych na temat rozpoznawania padaczki u dzieci, odkrywanie wiedzy na temat nowych metod leczenia choroby AMD w okulistyce, eksploracji baz danych na temat stłuszczenia wątroby, choroby Wilsona i choroby Crohna w gastroenterologii, automatycznego rozpoznawania obrazów przy leczeniu padaczki, automatycznego rozpoznawania grubości tętnicy szyjnej w neonatologii. Wyniki badań prezentowano na różnych konferencjach. Niektóre z nich szczególnie wysoko zostały ocenione przez lekarzy specjalistów.

Osobnym zagadnieniem rozwijanym w ostatnim czasie jest neuroinformatyka i modelowanie działania mózgu. Temat ten rozwijany jest wspólnie z neurologami i psychiatrami i dotyczy automatycznego rozpoznawania sygnałów elektroencefalograficznych (EEG). W badaniach tych rozwiązuje się różne problemy automatycznej klasyfikacji sygnałów. Rezultatem przeprowadzonych badań i analiz było opracowanie algorytmów tworzenia pojęć, uczenia się oraz klasyfikacji we wprowadzonej rozmytej reprezentacji przestrzeni cech sygnałów. Uzyskana dokładność klasyfikacji przy użyciu opracowanego algorytmu była rzędu 71%, co jest porównywalne z metodami referencyjnymi.

W Instytucie Radioelektroniki zespół: dr inż. Tomasz Buczkowski, dr inż. Krzysztof Czerwiński, dr inż. Karol Radecki, podjął w ostatniej dekadzie szereg prac w dziedzinie radioelektronicznego medycznego oraz pozamedycznego wsparcia osób niepełnosprawnych i starszych. Badania prowadzone były we współpracy z zainteresowanymi zespołami Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, Akademii Wychowania Fizycznego, Instytutu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN, Polskiego Związku Niewidomych i Polskiego Towarzystwa e-Zdrowia. Najważniejsze prace koncentrowały się na urządzeniach i systemach do wspomaganie orientacji i nawigacji terenowej osób niewidomych — funkcji określanej jako O & M (*Orientation and Mobility*). U progu dekady został zrealizowany w ramach programu PHARE system radiolatarni ESOT przeznaczony do prowadzenia osoby niewidomej drogą oznakowaną z użyciem mikronadajników krótkiego zasięgu, pracujących w trybie ciągłym w paśmie 433 MHz. System mikronadajników ESOT testowano na terenie Ośrodka Szkolno-Wychowawczego dla Dzieci Niewidomych w Laskach koło Warszawy. Obecnie dla celów orientacji terenowej są badane układy transceiverów na pasmo 2,4 GHz.

Równoległe z badaniami przydatności łączny radiowych dla celów orientacji osób niewidomych były prowadzone prace nad modelem systemu głosowej nawigacji terenowej, z wykorzystaniem technik GPS (w tym DGPS) i GSM. Obecnie rozwijana jest koncepcja uniwersalnych pomocy O & M typu MSMN (*Multi-Sensor Multi-Network*). Oczekuje się, iż dzięki zastosowaniu redundancji — różnych systemów i czujników — nastąpi wyraźna poprawa właściwości użytkowych, a zwłaszcza dokładności i niezawodności pomocy nawigacyjnych.

Drugą dziedziną prac zespołu, o rosnącym znaczeniu praktycznym, są badania wpływu powszechnie występujących pól elektromagnetycznych (telefony komórkowe, bramki antykradzieżowe) na osobiste przyrządy medyczne. Badania wpływu telefonów komórkowych w różnych trybach pracy na sprzęt kardiologiczny (defibrylator, aparat EKG) prowadzono metodami laboratoryjnymi. Aktualnie budowane są przenośne urządzenia do terenowych badań wpływu telefonów GSM na aparaturę medyczną oraz do identyfikacji typów bramek antykradzieżowych. Ponadto, w ramach licznych prac dyplomowych, są realizowane elementy „inteligentnej koszuli” oraz „inteligentnego domu”, zgodnie ze współczesnymi poglądami na wsparcie osób przewlekle chorych i niepełnosprawnych.

W Instytucie Radioelektroniki interesujące prace mieszczące się w szeroko rozumianym obszarze inżynierii biomedycznej prowadzone są także w Pracowni Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów Pomiarowych, kierowanej przez profesora Romana Z. Morawskiego. Prace naukowo-badawcze i techniczne realizowane w Pracowni CPSP dotyczą bez wyjątku metodyki przetwarzania danych pomiarowych: odtwarzania wielkości mierzonych, wzorcowania torów pomiarowych, interpretacji danych pomiarowych oraz oceny niepewności wyników pomiarów. Wyniki tych prac wykorzystywane są głównie w spektrometrii optycznej, stosowanej m.in. w analizatorach substancji biochemicznych, i spektrometrii akustycznej. W latach 1998–2008, w ramach współpracy z kanadyjską firmą Measurement Microsystems, Inc., Pracownia CPSP uczestniczyła w projektach badawczo-rozwojowych dotyczących pakietu oprogramowania MM Spectra®, dedykowanego zastosowaniom w laboratoriach farmaceutycznych i w monitoringu środowiska naturalnego oraz w opracowaniu mikrospektrofotometru przeznaczonego do tanich analizatorów żywności. W ramach współpracy z firmą Svantek Sp. z o.o., trwającej nieprzerwanie od 1990 roku, Pracownia CPSP uczestniczyła w opracowaniu wielu przyrządów do pomiaru parametrów i analizy sygnałów akustycznych, a wśród nich — dwukanałowych dozymetrów hałasu i wielokanałowych dozymetrów drgań oddziałujących na organizm ludzki.

Pozostając przy Instytucie Radioelektroniki, nie można nie wspomnieć o działalności i dokonaniach Zakładu Elektroakustyki, kierowanego przez profesora Zbigniewa Kulkę. W 1997 roku z inicjatywy tego zespołu powstało w Instytucie Radioelektroniki Studium Techniki Audiologicznej (kierowane przez dr. inż. Andrzeja Leszczyńskiego), jako jeden z dwóch pierwszych w Polsce ośrodków przygotowujących do wykonywania zawodu protetyka słuchu. Działające do chwili obecnej Studium ma na celu merytoryczne przygotowanie absolwentów do profesjonalnej obsługi osób niedosłyszących ze szczególnym naciskiem położonym na dobór aparatów słuchowych. W ciągu ponad 13 lat nieprzerwanej działalności Studium wykształciło ponad 700 absolwentów w ramach 24 edycji. W Zakładzie Elektroakustyki opracowano także obowiązującą w całej Polsce podstawę programową dla zawodu protetyk słuchu na zlecenie Ministerstwa Edukacji Narodowej i Sportu, a w ramach dwóch grantów dziekańskich (dr inż. Andrzej Leszczyński, mgr inż. Piotr Nykiel, 2000–2004) opracowano, przy współpracy Zakładu Surdopedagogiki Akademii Pedagogiki Specjalnej sygnały testujące i płyty testowe do badania niedosłuchu małych dzieci (od 0 do 3 lat) oraz do badań i rehabilitacji dzieci autystycznych i upośledzonych.

Profesor Przemysław Rokita z Instytutu Informatyki jest aktywnym członkiem Grupy Roboczej Obrazowanie Biomedyczne i Przetwarzanie Obrazów sieci naukowej konsorcjum BIOMEN/EAMBES (*European Alliance for Medical and Biological Engineering & Sciences*). Prowadził, we współpracy z Instytutem Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN, prace nad badaniem płodności mężczyzn z wykorzystaniem analizy obrazów. Innym tematem jego badań były prace nad wyodrębnianiem trójwymiarowej struktury kanałowej zębów trzonowych na podstawie tomografii z wiązką stożkową dla potrzeb leczenia endodontycznego.

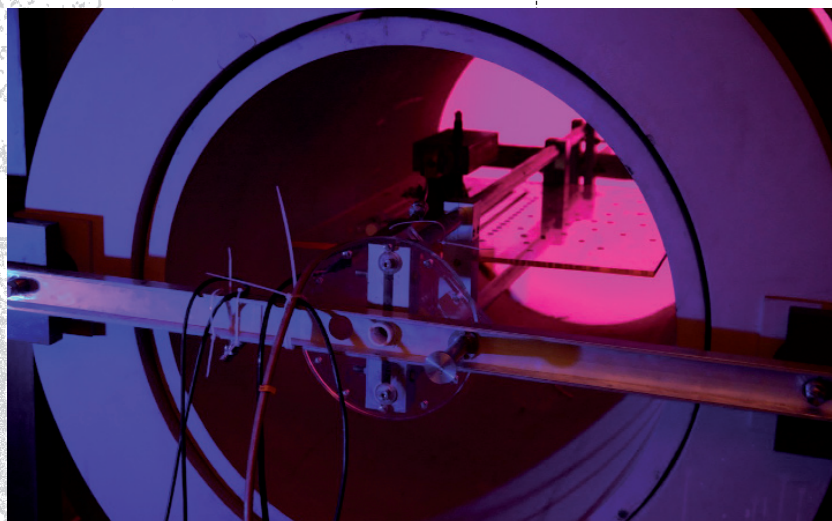
W tym samym instytucie zespół kierowany przez dr. Andrzeja Skorupskiego w ostatnich latach zajmował się różnymi aspektami analizy sygnałów biomedycznych, w tym sygnału EKG, sygnału oddechowego i ciśnienia tętniczego. Opracowano komputerowy system przetwarzania i analizy sygnału o nazwie ICAR. Posłużył on do rozwinięcia metody przestrzennej analizy sygnału EKG z zastosowaniem deskryptorów Fouriera do klasyfikacji pobudzeń serca. Za pomocą tego systemu opracowano sposób przestrzennej wizualizacji sygnału EKG, także w postaci stereoskopowej. Badania były prowadzone we współpracy z kardiologami ze Szpitala Wolskiego w Warszawie oraz z firmami przemysłowymi. Przy współpracy z Dziecięcym Szpitalem Klinicznym przy ul. Litewskiej w Warszawie opracowano metody oceny ryzyka nagłych zgonów sercowych w odległym okresie po operacji zespołu Fallota. Innym nurtem

prac były badania zakończone opracowaniem metody, a potem aparatury do monitorowania snu i wykrywania bezdechu nocnego. W ostatnim dziesięcioleciu powstało ponad 20 publikacji dotyczących opisywanych zagadnień.

Lista osób i zespołów zaangażowanych w prace badawcze i techniczne związane z inżynierią biomedyczną jest więc, jak widać, długa, a weźmy pod uwagę, że jest to lista niekompletna, częściowo z winy mojej niewiedzy, a częściowo dlatego, że kilka osób nie odpowiedziało na moją prośbę, by w kilku zdaniach nakreślili swój wkład w tę dziedzinę. Uszanujmy ich decyzję.

Próbując porównać sytuację z 2001 roku z realiami dnia dzisiejszego, śmiało można powiedzieć, że na wydziale daje się zauważyć tendencja od kilkunastu lat obserwowana w nauce światowej — coraz więcej badań w obszarze nauk ścisłych i technicznych wiąże się z zastosowaniami medycznymi. Nic w tym dziwnego w sytuacji, gdy demograficzne zjawisko starzenia się społeczeństwa stale podnosi rangę i potrzebę opieki zdrowotnej, a współczesna medycyna jest nasycona technologią do takiego stopnia, że bez środków technicznych staje się bezradna. Rośnie też zainteresowanie młodzieży w kształceniu się na kierunku Inżynieria Biomedyczna — w ostatniej akcji rekrutacyjnej liczba kandydatów na ten kierunek przekroczyła 6 osób na jedno miejsce, bijąc na głowę pozostałe oferowane przez wydział kierunki kształcenia. W tej sytuacji pytanie o szanse inżynierii biomedycznej wydają się naiwne. Otoczenie tworzy dla tej dziedziny niepowtarzalną szansę rozwoju. Czy istnieją zatem powody do niepokoju? Niestety tak, choć nie muszą one zdeterminować przyszłości. Nie można jednak ich nie dostrzegać. Permanentne niedofinansowanie nauki i szkolnictwa wyższego nie omija nawet najbardziej priorytetowych dziedzin. Rozwój inżynierii biomedycznej na Wydziale wymaga inwestycji, zwiększenia zatrudnienia, pozyskania nowych pomieszczeń na laboratoria badawcze i dydaktyczne. O ile pozyskanie środków finansowych, nawet znacznych, na sprzęt laboratoryjny jest obecnie całkiem realne, przy odpowiedniej inwencji i wysiłku, o tyle znalezienie środków na zatrudnienie młodych ludzi, konkurencyjnych względem oferty wysokich uposażeń oferowanych na warszawskim rynku pracy, jest trudniejsze, a wygospodarowanie pomieszczeń w przepelnionym gmachu — bardzo trudne, mimo przychylności władz wydziału, postrzegających inżynierię biomedyczną jako dziedzinę przyszłościową i priorytetową. Jestem jednak głęboko przekonany, a przekonanie to utrwala długa lista fascynujących prac badawczych, którą miałem przyjemność zaprezentować, że inżynieria biomedyczna jest dziedziną „skazaną na sukces” i że za dziesięć lat autor podobnego eseju będzie mógł z jeszcze większą satysfakcją opisywać dzieje minionej dekady...

Na zakończenie chciałbym gorąco podziękować wszystkim osobom, które odpowiedziały na mój apel i przesłały mi materiały, w mniej lub bardziej przetworzonej formie wykorzystane w niniejszym tekście.



ELEKTRONIKA JĄDROWA

Lektura materiałów jubileuszowych związanych z 50-leciem Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych nasuwa pewną refleksję — wśród opisywanych obszarów działalności naukowej nie pojawiła się elektronika jądrowa, która przecież ma na Wydziale bardzo bogatą historię, sięgającą pierwszych lat powojennych, obfitującą w wiele osiągnięć, a i ostatnie lata przyniosły zespołom działającym w tym fascynującym obszarze sporo satysfakcji i sukcesów. Przyszłość tej dziedziny jawi się także bardzo optymistycznie, bowiem nieuchronnym następstwem wejścia Polski do rodziny państw posiadających elektrownie jądrowe wydaje się być nie tylko pojawienie się zwiększonego zapotrzebowania na kształcenie kadr dla energetyki jądrowej, ale także zapalenie się zielonego światła dla prac badawczych prowadzonych w tym obszarze.

Uważna lektura rocznicowego zbioru esejów pokazuje jednak, że wrażenie nieobecności elektroniki jądrowej nie jest całkowicie słuszne, bowiem w rozdziale autorstwa profesora Zdzisława Pawłowskiego, poświęconym inżynierii biomedycznej, znajdziemy historię obu tych dziedzin, splatających się przez lata w jedną całość, związaną z działalnością Zakładu Elektroniki Jądrowej i Medycznej (dawniej — Elektroniki Jądrowej), będącego przez kilka dekad wydziałowym liderem w obu tych dziedzinach, i jego prekursorów — Katedry Radiologii profesora Cezarego Pawłowskiego i Katedry Budowy Aparatów Elektromedycznych profesora Stanisława Nowosielskiego. Dzieje elektroniki jądrowej i inżynierii biomedycznej splatają się w wydziałowych dziejach tak ściśle nie tylko dlatego, że łączy je zespół ludzi działających w obu tych obszarach, ale przede wszystkim ze względów czysto merytorycznych — techniki związane z zastosowaniem promieniowania jonizującego stanowią bardzo istotny obszar diagnostyki medycznej i przez lata elektronika jądrowa na Wydziale była skoncentrowana głównie na takim właśnie polu aplikacji. Bogaty zbiór informacji i wspomnień na ten temat można znaleźć we wspomnianym eseju profesora Zdzisława Pawłowskiego.

W tym miejscu musimy prosić Czytelnika o wyrozumiałość. Zakładamy, że brak zwarteo tekstu o elektronice jądrowej w zbiorze esejów z 2001 roku upoważnia nas do zarysowania historii tej dziedziny na naszym Wydziale. W tej sytuacji nieuchronne stają się jednak pewne powtórzenia informacji zawartych w eseju profesora Z. Pawłowskiego, których trudno uniknąć w trosce o kompletność obrazu dziejów.

Mimo ścisłego związku między elektroniką jądrową i inżynierią biomedyczną, badania i projekty konstrukcyjne związane z elektroniką jądrową nie ograniczały się do obszaru zastosowań medycznych. Już od lat 50. w katedrze Radiologii pojawiły się pierwsze prace dotyczące detekcji i spektrometrii promieniowania, która to dziedzina, przez lata i do dnia dzisiejszego uprawiana w Zakładzie Elektroniki Jądrowej i Medycznej, stała się sztandarową specjalnością jego zespołów badawczych. W latach 50. powstała aparatura do pomiarów stężeń aerozoli promieniotwórczych (Adam Piątkowski), aparatura do spektrometrii promieniowania beta (Jan Jagielak) i promieniowania gamma (Zdzisław Kotoński). Skonstruowano także oryginalny spektrometr do pomiarów widm promieniowania alfa (Zdzisław Pawłowski) i aparaturę do pomiaru małych aktywności znaczników promieniotwórczych (Zdzisław Kotoński, Aleksander Korol, Zdzisław Pawłowski), nagrodzone przez Państwową Radę ds. Pokojowego Wykorzystania Energii Atomowej. Opracowano też technologię wytwarzania półprzewodnikowych detektorów promieniowania (Zdzisław Pawłowski, Wiesław Węgorzewski). Skonstruowano też kilka typów dozymetrów (Jan Jagielak, Marta Bukowska-Korol, Agnieszka Działik). Głównym i wieloletnim partnerem przemysłowym w dziedzinie zastosowań elektroniki jądrowej stały się Zjednoczone Zakłady Aparatury Jądrowej POLON, w których wdrożono wiele powstałych na wydziale opracowań.

Wśród osiągnięć konstrukcyjnych z tego okresu znalazły się też, między innymi, monitory promieniowania z licznikiem Geigera-Mullera, aparatura do pomiaru naturalnego promieniowania skorupy ziemskiej (Aleksander Korol), zestawy automatycznych monitorów promieniowania montowane na pokładach samolotów (Marta Bukowska-Korol z zespołem), czy aparatura do wykrywania nieszczelności rurociągów naftowych (Aleksander Korol, Jan Zapisek).

Połowa lat 50. przyniosła gwałtowny wzrost zainteresowania technikami jądrowymi. Łączyło się to z faktem otworzenia w 1955 roku w Świerku pod Otwockiem Instytutu Badań Jądrowych (IBJ), a w skali europejskiej, a właściwie światowej, z decyzją o rozpoczęciu budowy

we wsi Meyrin pod Genewą, na granicy szwajcarsko-francuskiej, jednego z najważniejszych ośrodków badań nad fizyką cząstek elementarnych — Europejskiego Laboratorium Fizyki Cząstek CERN. Badania te uznawane były w owym okresie za niezwykle ważne, a nadzieje na ewentualne militarne zastosowania ich wyników, mimo deklaracji naukowców o całkowicie pokojowym charakterze badań, przyczyniały się do ogromnych nakładów finansowych w tym obszarze. W tej atmosferze w 1956 roku Ministerstwo Szkolnictwa Wyższego wystąpiło z inicjatywą organizacji na Politechnice Warszawskiej tzw. „studiów jądrowych”, które miały się stać, przede wszystkim, źródłem kadr dla Instytutu Badań Jądrowych. Zadaniem, nie bez racji, obarczono Katedry Radiologii, Budowy Aparatów Elektromedycznych oraz Automatyki, wyposażając je w odpowiednie środki finansowe i już w semestrze letnim roku akademickiego 1957/1958 uruchomione zostały pierwsze zajęcia dydaktyczne na specjalności „jądrowej”, której nazwa brzmiała **Elektrotechnika medyczna i technika radiacyjna**. Jednym z dwóch pierwszych absolwentów, w dniu 26 września 1959 roku, został Zdzisław Pawłowski, późniejszy wieloletni kierownik Zakładu Elektroniki Jądrowej i Medycznej, a dyplomy tej specjalności uczyła łącznie około 100 osób z 6 studenckich roczników.

Druga połowa lat 60. i początek lat 70. były dla zespołów związanych z elektroniką jądrową okresem trudnym. Na emeryturę odszedł profesor Cezary Pawłowski, profesor Juliusz Keller przeszedł do pracy w Instytucie Badań Jądrowych, a profesor Stanisław Nowosielski musiał zrezygnować z kierowania zespołem wskutek zmiany przepisów likwidującej piastowane przez niego stanowisko zastępcy profesora. Wreszcie w 1970 roku nastąpiła kontrowersyjna reorganizacja uczelni, w ramach której zespoły działające w obszarze szeroko rozumianej elektroniki jądrowej zostały podzielone między dwa Wydziały — Elektroniki i Mechaniki Precyzyjnej. Obaw o przyszłość nie kompensowała powszechna wówczas radość z przeniesienia się Wydziału do nowo wybudowanego gmachu, w którym mieści się do dziś, wówczas postrzeganego jako bardzo obszerny i komfortowy.

Na szczęście przyszłość okazała się łaskawa, jednak nie za przyczyną zrzuceniu losu, ale dzięki determinacji i kompetencji zespołów, które pozostały na Wydziale, włączone do nowo utworzonego Instytutu Radioelektroniki, kierowanego wówczas przez profesora Stanisława Ryżko. W instytucie powstało sześć zakładów, a wśród nich Zakład Elektroniki Jądrowej, którego kierownictwo powierzono docentowi Adamowi Piątkowskiemu. Kierunek zainteresowań naukowych i prac badawczych prowadzonych w Zakładzie był silnie zdeteminowany zapotrzebowaniami rynkowymi i ewolucją dostępnych technologii, a przede wszystkim rozkwitającą wówczas techniką komputerową. Równocześnie w Zakładzie wzrastała liczba tematów badawczych związanych z medycyną, w związku z czym w 1978 roku podjęto decyzję o zmianie jego nazwy na Zakład Elektroniki Jądrowej i Medycznej.

Druga połowa lat 70. była okresem burzliwego rozwoju Zakładu, zatrudniającego wówczas ponad 30 pracowników. Była też okresem niezwykle intensywnych prac badawczych i konstrukcyjnych, finansowanych głównie w ramach tzw. programów węzłowych i rządowych. Rozkwitała współpraca z innymi instytutami badawczymi, takimi jak Instytut Badań Jądrowych czy Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, a także z jednostkami przemysłowymi, przede wszystkim ze Zjednoczonymi Zakładami Urządzeń Jądrowych POLON.

Wśród opracowań, które powstały w tym okresie w ZEJiM dominowały urządzenia związane z technikami jądrowymi, takie jak system do pomiaru małych aktywności znaczników promieniotwórczych (Zdzisław Pawłowski z zespołem), spektrometr spolaryzowanych neutronów (Adam Piątkowski z zespołem), wielokanałowy analizator amplitudy w standardzie CAMAC (Adam Piątkowski z zespołem) czy spektrometr efektu Mössbauera (Adam Piątkowski i Mieczysław Wróblewski z zespołem) wyposażony w zestaw wyspecjalizowanych detektorów (Zdzisław Pawłowski z zespołem), wprowadzony do seryjnej produkcji w ZZUJ POLON (Nagroda Państwowej Rady ds. Pokojowego Wykorzystania Energii Atomowej). W latach 70. i 80. obroniono w Zakładzie 20 prac doktorskich, z których większość dotyczyła technik jądrowych.

Druga połowa lat 80. i początek lat 90. to okres silnej ewolucji zainteresowań naukowych pracowników Zakładu Elektroniki Jądrowej i Medycznej. Głównym obszarem koncentracji wysiłków badawczych stały się techniki medyczne, choć w wielu przypadkach nadal związane z aplikacjami technik jądrowych. Taka zmiana zainteresowań miała dwie przyczyny. Pierwszą z nich była kontrowersyjna decyzja o rezygnacji z budowy w kraju elektrowni jądrowej i związany z tym odwrót od techniki jądrowej, kojarzonej w opinii publicznej, ale także w opinii dysponentów środków na badania naukowe, głównie z energetyką jądrową. Drugą

przyczyną było powołanie w roku akademickim 1990/1991 nowego kierunku kształcenia — Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna. Mimo że istniał on bardzo krótko, zaledwie 3 lata, zaowocował utworzeniem na Wydziale Elektroniki specjalności Elektronika Medyczna, która później zmieniła nazwę na Inżynieria Biomedyczna, a następnie — Elektronika i Informatyka w Medycynie. Zmiana ta dotyczyła dydaktyki i stała się dodatkowym impulsem do przeniesienia zainteresowań naukowych do obszaru technik diagnostyki i terapii medycznej.

Na te niekorzystne zmiany nałożył się głęboki kryzys finansowy, który dotknął całe szkolnictwo wyższe i spowodował, między innymi, odejście wielu pracowników naukowych, emigrujących, zakładających własne firmy, bądź odchodzących do miejsc pracy oferujących wyższe uposażenia, a także dramatyczną redukcję kadry technicznej. Mimo to, paradoksalnie, początek lat 90. stał się początkiem nowej ery Elektroniki Jądrowej na Wydziale Elektroniki — ery fascynującej współpracy z wielkimi międzynarodowymi eksperymentami Fizyki Wysokich Energii, w której wziął udział nie tylko zespół z Zakładu Elektroniki Jądrowej i Medycznej, do tej pory dominujący w tym obszarze, ale także silny zespół z Instytutu Systemów Elektronicznych, kierowany przez profesora Ryszarda Romaniuka. Zespół ten niezwykle dynamicznie wszedł w obszar elektroniki jądrowej, osiągając w krótkim czasie wiele spektakularnych sukcesów i zdobywając silną pozycję w środowisku międzynarodowym.

Zacznijmy jednak od Zakładu Elektroniki Jądrowej i Medycznej, kontynuując opisywane wcześniej dzieje. Tematyka elektroniki jądrowej nie została tu zarzucona nie tylko dzięki determinacji części pracowników Zakładu wciąż identyfikujących się z tym obszarem nauki i techniki, ale także w dużej mierze dzięki szczęśliwemu zbiegowi okoliczności. Roczny wyjazd jednego z niżej podpisanych, Krzysztofa Zaremby do CERN-u zaowocował nawiązaniem ścisłych kontaktów z tą instytucją i z wieloma europejskimi instytutami badawczymi, czego efektem stała się trwająca do dziś fascynująca współpraca w realizacji kolejnych eksperymentów fizyki cząstek elementarnych. Współpraca ta prowadzona jest przez Pracownię Detekcji i Spektrometrii, kierowaną do 2006 roku przez profesora Zdzisława Pawłowskiego, a następnie przez profesora Krzysztofa Zaremby.

Od 1989 roku pracownia uczestniczy w badaniach podstawowych nad kwarkową strukturą spinu nukleonu prowadzonych w CERN-ie, w ramach kolejnych międzynarodowych eksperymentów fizycznych: NMC (*New Muon Collaboration* — 1985–1989), SMC (*Spin Muon Collaboration* — 1990–1995) i COMPASS (*COmmon Muon Proton Apparatus for Structure and Spectroscopy* — od 1996 roku). Współpraca ta dotyczy zarówno konstrukcji detektorów i współpracujących z nimi systemów elektronicznych, jak i zastosowań metod sztucznej inteligencji w analizie danych eksperymentalnych. Zespół brał udział, między innymi, we współpracy z zespołami z CERN-u, Monachium i Dubnej, w konstrukcji wielkopowierzchniowych detektorów pozycyjnych, tzw. komór słomkowych, i współpracujących z nimi układów elektronicznych dla eksperymentu COMPASS, a także detektorów złożonych z zespołów światłowodów scyntylacyjnych dla tego samego eksperymentu. Wynikiem tych prac jest rozprawa habilitacyjna profesora Janusza Marca (2003), a także mocno zaawansowana w momencie pisania tych słów rozprawa doktorska mgr. inż. Marcina Ziembickiego. Dużym sukcesem okazały się prace związane z zastosowaniem ontogenicznych sieci neuronowych (czyli sieci adaptacyjnie ustalających swoją strukturę) w zadaniach analizy i interpretacji danych eksperymentalnych, wykonane na potrzeby eksperymentu COMPASS, które stały się podstawą obronionego z wyróżnieniem w 2009 roku doktoratu Roberta Suleja. Stworzone przez niego oprogramowanie jest nie tylko intensywnie wykorzystywane w analizie danych pomiarowych w eksperymencie COMPASS, ale znalazło zastosowanie w innych eksperymentach: ICARUS (Gran Sasso, Włochy) i T2K (Tokai, Japonia). Prace te są kontynuowane w ramach pracy doktorskiej Piotra Płońskiego. Tematem przygotowywanej dysertacji mgr. inż. Adama Padée jest natomiast optymalizacja konfiguracji układu pomiarowego eksperymentu COMPASS z zastosowaniem algorytmów ewolucyjnych. W chwili wydania niniejszych materiałów zespół kończy też inny interesujący projekt — konstrukcję „inteligentnego” zasilacza, dedykowanego do zastosowania w eksperymentach fizycznych, który jest w stanie dostosować poziom napięcia wyjściowego, ograniczenia prądowego i szybkości narastania i opadania napięcia do wymagań zasilanych bloków elektronicznych. Przewidywane jest objęcie idei działania tego urządzenia zgłoszeniem patentowym, a także wdrożenie go do seryjnej produkcji.

W dziedzinie elektroniki jądrowej Pracowni Detekcji i Spektrometrii udało się uzyskać bezsprzecznie opinię zespołu o wysokim w skali światowej poziomie kompetencji. Rezulta-

tem są zaproszenia do realizacji kolejnych międzynarodowych przedsięwzięć. Ograniczone możliwości kadrowe spowodowały, że tylko niektóre z tych wyzwań mogły zostać podjęte. Najciekawszym wydaje się udział w eksperymencie fizyki neutrin T2K (*Tokai to Kamiokande*), realizowanym w Japonii, w którym zespół uczestniczy od 2007 roku. W eksperymencie tym badane są zjawiska tzw. oscylacji neutrin, natura tych cząstek i mechanizm ich oddziaływań z materią. Sztuczna wiązka neutrin jest generowana w akceleratorze protonowym w Tokai i wystrzeliana w stronę 50-kilotonowego wodnego detektora promieniowania Czerenkowa zlokalizowanego w Super-Kamiokande — leżącym na głębokości około 1000 m podziemnym laboratorium, 295 km od Tokai. Jednym z głównych zadań realizowanych przez zespół było opracowanie urządzenia do automatycznego pomiaru parametrów kilku tysięcy scalonych liczników fotonów typu MPPC (*Multi-Pixel Photon Counter*) — nowego typu miniaturowych urządzeń złożonych z setek diod lawinowych działających w modzie geigerowskim, które są nową, obiecującą alternatywą dla standardowo stosowanych w eksperymentach Fizyki Wysokich Energii fotopowielaczy. Stworzone w ramach projektu urządzenie pomiarowe zapewnia precyzję pomiarów najlepszą spośród układów pomiarowych zbudowanych w tym celu w kilku innych laboratoriach. Badania i zadania konstrukcyjne prowadzone w ramach eksperymentu T2K są podstawą przygotowywanej rozprawy doktorskiej mgr. inż. Michała Dziewieckiego.

Przygoda z fizyką cząstek nie zdominowała jednak całkowicie uprawianej w ZEJiM tematyki elektroniki jądrowej. Nie można nie wspomnieć o prowadzonych w tym zespole przez kilkanaście lat badaniach nad udoskonaleniem metod i urządzeń do pomiaru składu tkanek biologicznych. Opracowano spektrometr wzbudzonej fluorescencji rentgenowskiej z kriogenicznym systemem detekcyjnym, stosowany m.in. do pomiarów penetracji ciężkich metali toksycznych do tkanek nerwowych i struktur kostnych. Opracowane zostały również nowe metody i urządzenia do diagnozowania schorzeń kości (osteoporozy i osteomalacji). Zaproponowano oryginalną metodę kompleksowych badań tkanek kostnych — jednoczesnych pomiarów gęstości i zatruc kości metalami ciężkimi. Udoskonalano także klasyczne metody diagnozowania osteoporozy — fotodensytometryczne i skaningowe. Prace te połączone były z modelowaniem zjawisk i optymalizacją sensorów obrazów stosowanych w radiografii cyfrowej. Jednym z owoców tych badań stała się rozprawa habilitacyjna Krzysztofa Zaremby, związana z radiacyjnymi metodami badania składu pierwiastkowego tkanek i płynów ustrojowych.

Drugim zespołem naukowym koncentrującym zainteresowania naukowe w obszarze elektroniki jądrowej jest grupa profesora Ryszarda Romaniuka z Instytutu Systemów Elektronicznych. Zespół ten od początku lat 90. współpracuje z Instytutem Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego w zakresie budowy zaawansowanych elektronicznych systemów pomiarowych dla eksperymentów Fizyki Wysokich Energii. Początkowo prace dotyczyły budowy wielokanałowych systemów trygerowania i akwizycji danych dla detektorów VETO Wall i Backing Calorimeter w eksperymencie ZEUS przy akceleratorze HERA (*Hadron — Electron Ring Accelerator*) w Ośrodku Badawczym DESY (*Deutsches Elektronen-Synchrotron*) w Hamburgu. Współpraca z DESY była kontynuowana po 2000 roku, przy czym prace w tym okresie dotyczyły budowy systemu kontrolno-pomiarowego dla liniowego akceleratora (liniaka) nadprzewodzącego typu TESLA. Był on prototypem fragmentu planowanego zderzacza teraelektronowoltowego oraz układu zasilającego dla sprzężonego z nim lasera na swobodnych elektronach. Prace te prowadzono w ramach konsorcjum TTC — *Tesla Technology Collaboration*, do którego w 2005 roku formalnie przystąpiła Politechnika Warszawska. W chwili publikacji niniejszych materiałów prace te są kontynuowane w grupie rozwijającej laser FLASH oraz w zespole budującym Europejski Laser Rentgenowski na swobodnych elektronach. Zadania realizowane przez zespół profesora Romaniuka obejmowały:

- budowę nowej generacji układu kontrolno-pomiarowego liniowego akceleratora nadprzewodzącego,
- budowę precyzyjnego światłowodowego i mikrofalowego systemu dystrybucji sygnału odniesienia zegara dla akceleratora liniowego,
- prace nad rozwojem programowania sterującego akceleratorami w DESY — DOOCS — *Distributed Object-Oriented Control System*.

Od 2004 roku ścisłą współpracę z ośrodkiem DESY prowadzi także grupa dr. inż. Krzysztofa Czuby z Zakładu Układów i Aparatury Mikrofalowej ISE. W ramach tej współpracy ze-

spół doktora Czuby projektuje i realizuje aparaturę kontrolno-pomiarową i układy sterowania dla potrzeb akceleratora FLASH. Do ważniejszych wdrożonych osiągnięć tego zespołu należy:

- opracowanie i zrealizowanie projektu systemu generatora wzorcowego (*Master Oscillator*) i systemu dystrybucji sygnałów odniesienia dla akceleratora FLASH,
- opracowanie i zrealizowanie kart wielokanałowych układów przemiany częstotliwości na częstotliwości 1300 MHz, 3000 MHz oraz 3900 MHz,
- opracowanie kart AMC z układami precyzyjnych generatorów sygnałów zegarowych oraz modulatorem wektorowym, a także opracowanie rozwiązań do rozprowadzania sygnałów analogowych i wielkiej częstotliwości wewnątrz kaset standardu ATCA.

Równolegle, od połowy lat 90. ISE uczestniczy w pracach międzynarodowej kolaboracji budującej w CERN-ie detektor CMS (*Compact Muon Solenoid* — Kompaktowy Solenoid Mionowy) przy akceleratorze LHC (*Large Hadron Collider* — Wielkim Zderzaczem Hadronowym). We współpracy z Instytutem Fizyki Doświadczalnej UW zbudowany został system trygera mionowego oparty na komorach RPC (*Resistive Plate Chamber*) — ukończona praca habilitacyjna dr. inż. Krzysztofa Poźniaka. Obecnie, po uruchomieniu akceleratora LHC, zespół bierze udział w eksploatacji systemu, w rutynowych procedurach jego utrzymania w ruchu oraz w stopniowej modernizacji, szczególnie na poziomie algorytmów. W przyszłości przewidywana jest także modernizacja systemu na poziomie sprzętowym. Politechnika Warszawska jest Członkiem Stowarzyszonym Konsorcjum CMS.

W CERN-ie przebywa na stałe kilku doktorantów oraz studentów ISE. Uczestniczą oni w realizacji kilku projektów badawczych i technicznych, dotyczących głównie rozwoju infrastruktury badawczej. Są to między innymi:

- White Rabbit — rozszerzenie standardu IEEE 1588,
- LHC Interlock — nowa generacja systemu,
- TOTEM (*TOTAl Elastic and diffractive cross section Measurement*) — rozwój systemu elektronicznego detektora,
- budowa systemu pomiaru pozycji i intensywności wiązki w akceleratorze PS (*Proton Synchrotron* — Synchronotron Protonowy) — ukończona praca doktorska mgr. Inż. Grzegorza Kasprowicza.

Zespół z ISE prowadzi od lat stałą współpracę z Instytutem Problemów Jądrowych w Świerku, w którym *nota bene* podjęło pracę kilku doktorantów ISE. W ramach tej współpracy prowadzone są prace koncepcyjne i projektowe dotyczące maszyny POLFEL — polskiego lasera na swobodnych elektronach. W zakresie budowy źródła CW (*Continuous Wave* — fala ciągła) dla liniowego akceleratora nadprzewodzącego współpracuje z PSI — Paul Scherer Institute w Willingen, DESY oraz JLAB w Newport News w USA.

Zespół profesora Ryszarda Romaniuka prowadzi też prace w ramach programów astrofizyki cząstek i elektroniki kosmicznej, we współpracy z Centrum Fizyki Teoretycznej PAN, Instytutem Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego oraz Centrum Badań Kosmicznych PAN. Współpracę tą realizowano w ramach konsorcjum Polska Sieć Astrofizyki Cząstek (PSAC). Realizowane były następujące projekty:

- budowa części optycznej spektrografu SIR dla satelity indyjskiego we współpracy z Max Planck Institute for Solar Research,
- budowa systemu szerokokątnych obserwacji nieba w celu detekcji rozbłysków optycznych towarzyszących zjawiskom GRB (*Gamma-Ray Bursts*) — zbudowano nową generację ultraniskoszumnych kamer CCD. Obecnie trwają prace nad generacją kamer sCCD i algorytmami uwzględniającymi techniki optyki adaptacyjnej i happy imaging,
- budowa fragmentów satelity studenckiego oraz mikrosatelitów opracowywanych przez Europejską Agencję Kosmiczną,
- budowa spektrometru POLAR, (2010–2012) który jest konstruowany w PSI i będzie wyniesiony na orbitę na satelicie chińskim.

W ramach międzynarodowych projektów JET oraz ITER, dotyczących Tokamaków — urządzeń przewidywanych w przyszłości do generowania energii z kontrolowanej reakcji termojądrowej, prowadzone są prace nad elektronicznym systemem monitorowania plazmy z wykorzystaniem gazowych detektorów mikrokanalikowych ze wzmocnieniem elektrono-

wym — GEM (*Gas Electron Multiplier*). Partnerami ISE w tym zakresie są IFPILM — Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy oraz IFD — Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego.

W Instytucie Systemów Elektronicznych realizowano następujące Europejskie Projekty Ramowe dotyczące elektroniki jądrowej:

- EU FP6 CARE *Coordinated Accelerator Research in Europe* (2004–2008) — budowa systemu LLRF dla akceleratora liniowego,
- EU FP7 EuCARD — *European Coordination of Accelerator R & D* (2009–2013) — budowa nowej generacji systemu LLRF (*Low Level Radio Frequency*) dla akceleratora liniowego; rozwój lasera FLASH,
- TIARA (*Test Infrastructure and Accelerator Research Area*) — przygotowanie nowego etapu budowy infrastruktury akceleratorowej w Europie.

Zespół brał też udział w kilku konsorcjach krajowych:

- Polskie Konsorcjum Europejskiego lasera E-X-Ray FEL,
- Konsorcjum Kształcenia Kadr dla Energetyki i Medycyny Jądrowej,
- Polska Platforma Technologii Jądrowych,
- Femtofizyka — Skompresowana Materia Barionowa (*Compressed Baryonic Matter* — CBM), planowany udział w eksperymentach w ośrodku GSI w Darmstadt,
- Pi-of-the-Sky — obserwacja zjawisk GRB, rozbłysków gamma całego nieba,
- PSAC — Polska Sieć Astrofizyki Cząstek.

Ważnym przedsięwzięciem realizowanym corocznie przez zespół profesora Romaniuka od 1998 roku jest organizacja kolejnych edycji Sympozjum dla Młodych Naukowców WILGA na temat Zaawansowanych Systemów Fonicznych i Elektronicznych dla Eksperymentów Fizyki Wysokich Energii, Astronomii i Techniki Akceleratorowej. W Sympozjum od początku jego działalności wzięło udział ponad 4000 młodych uczonych, studentów i doktorantów z kraju i zagranicy oraz ich opiekunów naukowych. Opublikowano też ponad 2000 artykułów naukowych, w tym 1000 w czasopiśmie *Proceedings of SPIE* wydawanym w USA.

Obserwując rozwój czołowych światowych uczelni technicznych, można przewidywać, że także Politechnika Warszawska i nasz Wydział będą wspierać te techniczne kierunki badawcze i kształcenia, które ten rozwój tworzą. Do takich dziedzin należą np. atomistyka (a w tym elektronika jądrowa), technologie kosmiczne, biotechnologie, kognitywistyka i wiele innych.

Termin **elektronika jądrowa** jest bardzo pojemny. Zakresem swojego znaczenia obejmuje wiele różnych kategorii rozwiązań i aplikacji elementów, układów i systemów elektronicznych oraz optoelektronicznych. Obejmuje zarówno urządzenia wykorzystujące bezpośrednio przemiany jądrowe, oddziaływania cząstek z materią, promieniowanie jonizujące, nisko i wysokoenergetyczne, jak i aplikacje dotyczące układów pomiarowych i sterowania małej i dużej infrastruktury badawczej i przemysłowej, takiej jak reaktory, synchrotrony, tomografy, tokamaki, liniaki, lasery na swobodnych elektronach, klasyczne lasery dużej mocy, detektory cząstek kosmicznych, transmutatory i wiele innych. Dziedzina ta wchodzi także stopniowo do takich wydawałoby się odległych obszarów, jak np. badania nad nowymi metodami telekomunikacji przez transmisję splątanych stanów kwantowych cząstek elementarnych metodą teleportacji czy budowa komputera kwantowego.

Badania podstawowe w zakresie fizyki wysokich energii, będące także generatorem postępu w dziedzinie elektroniki jądrowej, koncentrują się dzisiaj na kilku głównych kierunkach: próbach odtworzenia początkowych warunków Wielkiego Wybuchu; poszukiwaniu zjawisk bardzo rzadkich; obserwacji wszechświata; gromadzeniu wielkich zbiorów danych umożliwiających przeprowadzanie złożonych i statystycznie wiarygodnych analiz. Cztery rodzaje infrastruktury akceleratorowej, znacznej pod względem kosztów, skomplikowania technicznego i rozmiarów, są potrzebne do realizacji tych celów. Obejmują one: akceleratory o dużych energiach i intensywnościach wiązek, detektory akceleratorowe, systemy zarządzania i przetwarzania gigantycznych, ponad zettabajtowych (10^{21}) zbiorów danych, dużą infrastrukturę towarzyszącą, np. podziemną. Rozwój każdego z tych rodzajów infrastruktury akceleratorowej przekłada się obecnie, prawie bezpośrednio, na zastosowania przemysłowe, dostępne dla całego społeczeństwa (medycyna, bezpieczna energetyka jądrowa, nowe materiały,

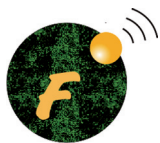
techniki informacyjne i sieć Internet, w przyszłości zagospodarowanie Księżyca, sąsiednich planet i przestrzeni kosmicznej).

W obszarze badań podstawowych infrastruktura akceleratorowa, wyposażona w elektronikę jądrową, jest używana do szukania odpowiedzi na fundamentalne pytania dotyczące energii (czy istnieją inne prawa fizyki, co to jest ciemna energia, czy istnieją inne wymiary, czy wszystkie siły pochodzą od jednej?), cząstek (dlaczego jest tyle rodzajów cząstek elementarnych, czym jest ciemna masa i jak można ją generować w warunkach laboratoryjnych, jaka jest natura neutrin?), a także wszechświata (jak powstał, co stało się z antymaterią?) Akceleratory badawcze dla fizyki wielkich energii (FWE) rozwijają się w kierunku większych energii wiązki, większych intensywności i mniejszych wymiarów wiązki. Rozwój techniki akceleratorowej wymaga dostępu do stanowisk testowych: wiązek akceleratorowych, magnesów o wielkich natężeniach pola, nadprzewodzących akceleratorowych wnęk rezonansowych, wyrafinowanych systemów kontrolno-pomiarowych. Rozwój największych akceleratorów dla FWE spowodował powstanie innych rodzin akceleratorów badawczych dla nowych generacji źródeł światła o najwyższych intensywnościach oraz źródeł neutronów i mionów, także neutrin, a następnie akceleratorów medycznych do terapii nowotworów i przemysłowych do implantacji jonów i inżynierii materiałowej, spawania i cięcia wiązką elektronową, produkcji radioizotopów, testowania nieniszczącego i bezpieczeństwa. Niektóre urządzenia akceleratorowe odpowiedniej mocy są wykorzystywane dodatkowo do procesów transmutacji energetycznych odpadów reaktorowych.

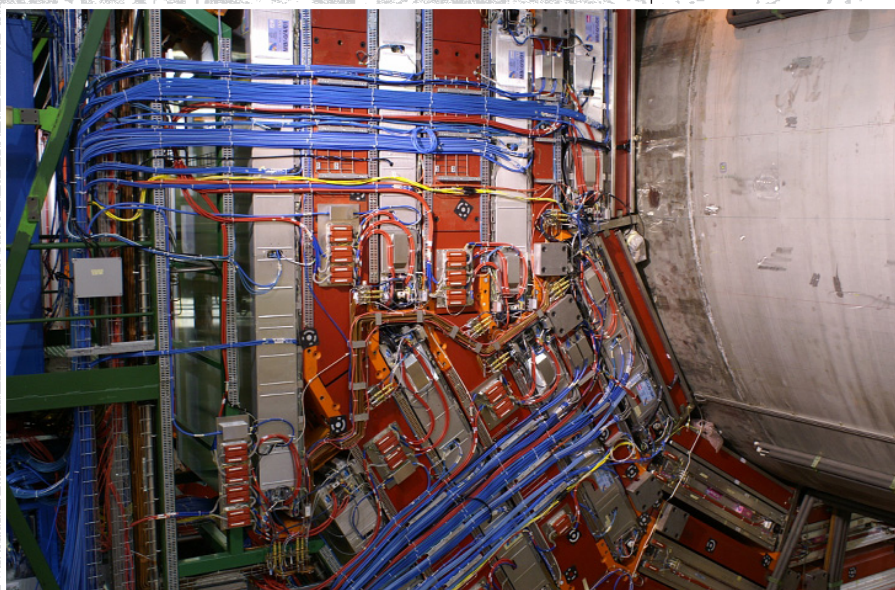
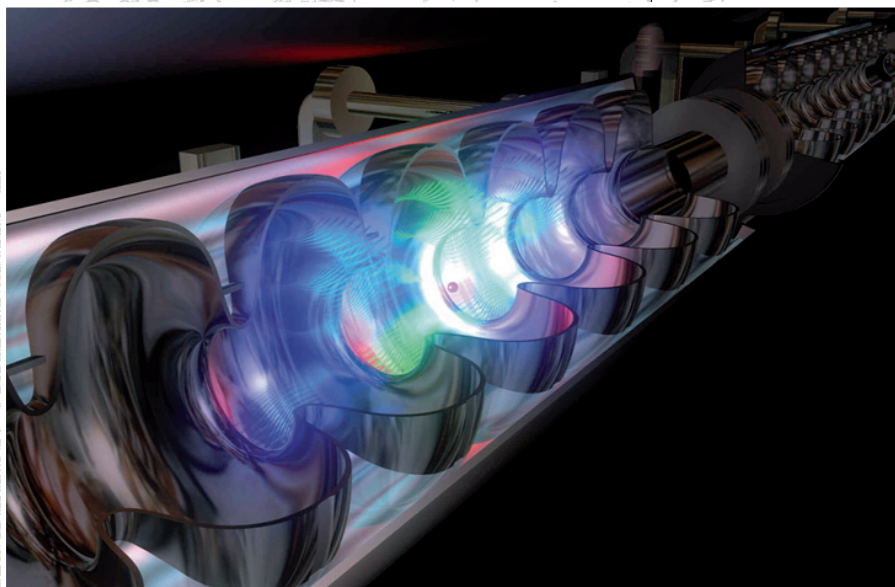
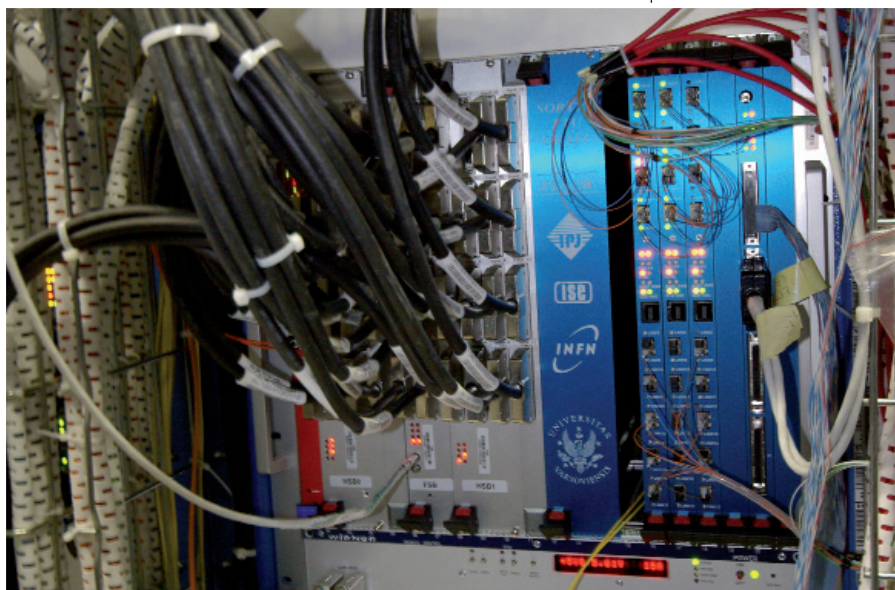
Dywersyfikacja źródeł energii wykorzystywanych w przyszłości w krajowym systemie energetycznym jest jednym z głównych problemów, którego rozwiązania musimy pilnie poszukiwać już dzisiaj. Niepodejmowanie tego wyzwania oznacza poważne zaniechanie wobec przyszłych pokoleń. Elementem podejmowania decyzji w tym kierunku, na poziomie naszego Wydziału jest rozpoczęcie procesu budowy wybranych elementów otoczenia przemysłu jądrowego w kraju, przez kształcenie kadr dla tego sektora nowoczesnej gospodarki. Uniwersalnym spoiwem dla tego przemysłu jest energetyka jądrowa, technologie akceleratorowo-jądrowe oraz medycyna jądrowa i akceleratorowa.

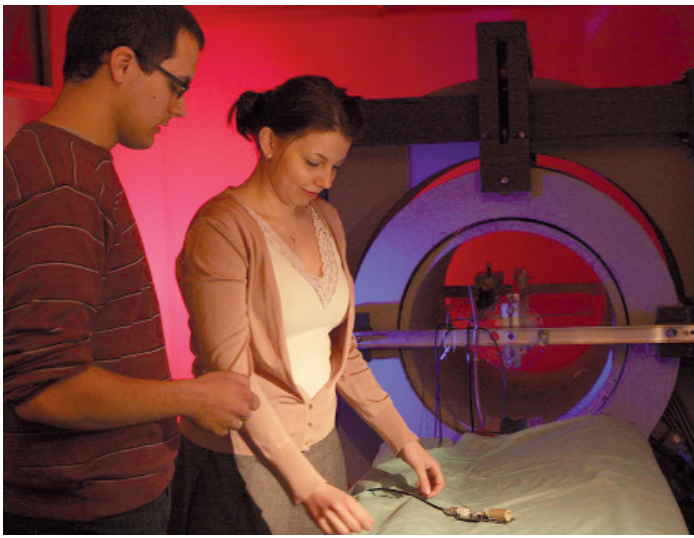
Rozwój kadr kierowniczych i technicznych na poziomie wyższym dla tak zaawansowanej i ciągle rozwijającej się dziedziny jaką jest atomistyka, jest procesem wymagającym połączenia w procesie kształcenia warstwy badawczej, technicznej, a także administracyjnej, socjologicznej i środowiskowej. Potrzebne są kadry, których dzisiaj u nas zaczyna brakować: inżynierowie, dozór techniczny, inspektorzy nadzoru radiacyjnego, operatorzy sprzętu, instruktorzy, kadra zarządzająca. W skali dwóch dekad, a więc do przewidywanego czasu powstania pierwszej elektrowni jądrowej, potrzeby te mogą dotyczyć nawet kilku tysięcy osób. Z tej grupy znaczna część musi być kształcona na Politechnice Warszawskiej i na naszym Wydziale.

Podsumowując, możemy stwierdzić, że próby prognozowania przyszłości są zawsze obarczone sporym ryzykiem, a w przypadku prognoz związanych z rozwojem nauki i techniki takich prób lepiej unikać, szczególnie jeśli chcemy sięgnąć wzrokiem dalej niż w kolejne dziesięciolecie. Mając to na względzie, można jednak chyba bez wielkiego ryzyka ocenić, że rozwój dziedziny elektroniki jądrowej na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych przez kilkanaście następnych lat jest niezagrażony. Podstawy do takiej diagnozy daje przede wszystkim fakt, iż dwa silne zespoły badawcze zaangażowane od wielu lat w tę dziedzinę zdobyły dobrą i stabilną pozycję w międzynarodowym środowisku fizyków cząstek elementarnych i techniki akceleratorowej. Są też zaangażowane w przedsięwzięcia, które zapewnią im pole do badań i działalności konstrukcyjnej na wiele lat. Po drugie, w obu zespołach nie brak młodych ludzi silnie identyfikujących się z tą dziedziną. Po trzecie, w chwili tworzenia tego tekstu trwają już dyskusje nad powołaniem na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych specjalności **Elektronika Jądrowa** lub włączeniem się wydziałowych zespołów do realizacji międzywydziałowego kierunku kształcenia **Energetyka Jądrowa**. Wydarzenia te dotyczą co prawda dydaktyki, lecz należy przewidywać, że także w obszarze prac badawczych i zadań konstrukcyjno-wdrożeniowych wkrótce pojawi się ożywienie. Wreszcie niewątpliwie nadal będą się dynamicznie rozwijać metody diagnostyki i terapii medycznej wykorzystujące promieniowanie jonizujące, dając szansę rozwojowi zespołom działającym na pograniczu elektroniki jądrowej i inżynierii biomedycznej. Nie powinno więc zabraknąć szans, a od nas tylko zależy jak je wykorzystamy...



Materiały wydane
dzięki dofinansowaniu
**Fundacji Wspierania
Rozwoju
Radiokomunikacji
i Technik
Multimedialnych**





Politechnika Warszawska

Wydział Elektroniki
i Technik Informatycznych

<http://www.elka.pw.edu.pl>

Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa



ISBN 978-83-7207-969-5