

POLSKA AKADEMIA NAUK

**ROLA NAUK CYBERNETYCZNYCH
W ROZWOJU KRAJU**

REFERAT
opracowany na XXXIV Sesję Zgromadzenia Ogólnego
Polskiej Akademii Nauk
30—31 maj 1972 r.

WARSZAWA

MAJ

1972

SPIS TREŚCI

| | str. |
|---|------|
| ROLA NAUK CYBERNETYCZNYCH W ROZWOJU KRAJU | 5 |
| 1. Wstęp | 5 |
| 2. Analiza systemowa | 7 |
| 3. Teoria sterowania | 12 |
| 4. Przetwarzanie informacji | 17 |
| CYBERNETYKA EKONOMICZNA I AUTOMATYZACJA ZARZĄDZANIA. | 24 |
| CYBERNETYKA TECHNICZNA I AUTOMATYZACJA KOMPLEKSOWA PROCESÓW | 32 |
| CYBERNETYKA BIOMEDYCZNA | 38 |
| SZTUCZNA INTELIGENCJA, ROBOTY ORAZ INNE ZASTOSOWANIA CYBERNETYKI | 45 |
| 1. Sztuczna inteligencja | 45 |
| 2. Roboty | 48 |
| 3. Rozpoznawanie obrazów | 49 |
| 4. Bionika | 52 |
| POTENCJAŁ NAUKOWO-BADAWCZY | 55 |
| PROBLEMY WĘZŁOWE I RESORTOWE ORAZ KOORDYNACJA BADAŃ Z ZAKRESU NAUK CYBERNETYCZNYCH | 58 |
| POTRZEBY I PRZEWIDYWANE REZULTATY | 61 |

ROLA NAUK CYBERNETYCZNYCH W ROZWOJU KRAJU

1. Wstęp

W parę lat po drugiej wojnie światowej powstała nowa dziedzina działalności na polu nauki i techniki zwana cybernetyką. Nazwa ta została zaproponowana przez amerykańskiego matematyka Norberta Wienera, który wywiódł ją z greckiego słowa "kubernetes" /tj. sternik/. Później okazało się, że termin ten był używany już przez Ampér'a w odniesieniu do nauk politycznych oraz przez uczonych polskich: A.Cieszkowskiego /1814-1894/, i B.Trentowskiego /w książce pt. "Stosunek filozofii do cybernetyki czyli sztuki rządzenia narodem", Poznań 1843/.

W rozumieniu Wienera oraz jego kontynuatorów cybernetyka jest nauką o systemach sterowanych oraz o przekazywaniu i przetwarzaniu w nich informacji. Bazuje ona na rezultatach osiągniętych w naukach matematycznych, takich jak np. logika matematyczna, teoria prawdopodobieństwa, oraz w naukach technicznych, takich jak elektronika, łączność, teoria systemów, teoria sterowania, informatyka itp. Cybernetyka zajmuje się między innymi badaniem analogii jakie istnieją pomiędzy pracą maszyn liczących /tzw. komputerów/ i urządzeń sterowanych w sposób automatyczny, a działalnością żywego organizmu, przebiegiem procesów ekonomicznych, społecznych itp. Analogie te polegają na tym, że zarówno w urządzeniach technicznych jak i w systemach biologicznych oraz systemach społeczno-ekonomicznych występuje przekazywanie informacji pomiędzy poszczególnymi elementami i częściami składowymi tych systemów oraz spotykamy się z tzw. zjawiskiem sprzężenia zwrotnego.

Od pojawienia się przed 24 laty książki Wienera "Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine" pojawiło się wiele publikacji z zakresu cybernetyki, odbywają się zjazdy, konferencje i seminaria, poświęcone tej dziedzinie badań oraz tworzone są cybernetyczne placówki naukowo-badawcze i dydaktyczne. Świadczy to o

bujnym rozkwicie cybernetyki. Jednakże próba ścisłego scharakteryzowania podstaw metodologicznych i zakresu tematyki tej dziedziny badań napotyka na pewne trudności. Podobne trudności występują zresztą i w innych dziedzinach badań o charakterze interdyscyplinarnym.

Trudności te powodowały i powodują, że szereg wybitnych specjalistów odnosi się z ostrożną rezerwą do cybernetyki, jako dyscypliny naukowej. Stawiane są zarzuty, że jednym z głównych zadań nauki i naukowców jest odkrywanie nowych faktów nie zaś przenoszenie ich z jednej dziedziny nauki na drugą. Jeśli zaś takie przenoszenie jest konieczne i uzasadnione powinno ono być dokonywane w sposób ścisły i kompetentny. Ten ostatni zarzut sformułowany jest zwykle pod adresem popularyzatorów nauki, którzy aby zaspokoić zainteresowanie szerokich rzesz społeczeństwa problemami cybernetyki często rezygnują ze ścisłości naukowej na rzecz fantazji naukowej. Fantazja ta budzi zastrzeżenia ze strony specjalistów, którzy widzą w działalności popularyzatorskiej zagrożenie nie tylko pozycji cybernetyki jako nauki lecz również przeniknięcie nieścisłych metod rozumowania do podstawowych dyscyplin nauki.

Z drugiej strony można zanotować szereg entuzjastycznych wypowiedzi wybitnych przedstawicieli nauki dotyczących roli i przyszłości nauk cybernetycznych. Stwierdza się między innymi, że metody i urządzenia cybernetyczne rewolucjonizują istniejącą produkcję oraz wiążą z produkcją wiele innych gałęzi nauki, a także - znajdują dla tych nauk drogę praktycznego wykorzystania. Podkreśla się, że pomoc elektronicznych urządzeń cybernetycznych pozwoli na wyzwolenie człowieka od żmudnej pracy umysłowej oraz umożliwi wielokrotnienie jego intelektualnych zdolności. Jako czynnik pozytywny uważa się integrującą rolę nauk cybernetycznych, która pozwala na wprowadzenie ścisłych metod matematycznych i elektronicznej techniki obliczeniowej do tych sfer działalności człowieka, które jak do tej pory bardziej opierały się na intuicji niż na ścisłej analizie.

Należy stwierdzić, że w zaistniałej sytuacji ważne są nie tyle jakowe spory o to czym jest /lub nie jest/ cybernetyka ile określenie zakresu problematyki naukowej zawartej w cybernetyce oraz wykorzystanie metod i osiągniętych rezultatów.

Mając powyższe na uwadze w niniejszym opracowaniu starano się wyeksponować problematykę i rezultaty osiągnięte w tych dziedzinach nauki, na których bazuje cybernetyka, a więc takich jak: analiza systemowa, teoria sterowania i automatyka oraz teoria informacji i informatyka. W części drugiej zawarte jest omówienie głównych zastosowań cybernetyki zaś część trzecia zawiera ocenę krajowego potencjału badawczego oraz oczekiwane efekty naukowe i ekonomiczne.

Poszczególne części niniejszego artykułu zostały opracowane przez:

Prof.dr W.Findeisena, Z-cę Sekretarza Wydziału IV PAN,
Prof.dr R.Kulikowskiego, Z-cę Sekretarza Naukowego PAN,
Prof.dr M.Nałęcza, Sekretarza Wydziału IV PAN,
Prof.dr J.Seidlera, Przew.Komiteu Informatyki PAN,
Prof.dr A.Straszaka, Dyr.Instytutu Cybernetyki Stos.PAN,
Prof.dr S.Węgrzyna, Kierownika Zakładu Systemów Automatyki Kompleksowej PAN.

2. Analiza systemowa

Pod określeniem system, ogólnie biorąc rozumie się zespół wzajemnie powiązanych części składowych lub elementów pewnej całości. Pojęcie systemu rozpowszechniło się ostatnio i jest szeroko używane nie tylko w naukach technicznych.

Analiza systemowa zajmuje się badaniem procesów zachodzących w systemach. W szczególności nauka ta zajmuje się badaniem procesów w systemach mechanicznych /takich jak np. drgania wyjściowe systemu spowodowane siłami wejściowymi/ oraz badaniem procesów w systemach elektrycznych /takich jak np. wpływ prądu z systemu spowodowany przyłożonym do wejścia tego systemu napięciem elektrycznym/. Teoretyczną podstawą dla badań systemów elektro-mechanicznych są klasyczne już dzisiaj metody, które powstały na bazie teorii równań różniczkowych i fizyki teoretycznej jeszcze w XIX wieku.

Badania te rozwijano pod kątem widzenia określonych potrzeb technicznych. I tak w okresie międzywojennym w Polsce, podobnie jak i w innych krajach, rozwijana była tak zwana metoda symbo-

liczna analizy sieci elektrycznych oraz metoda harmonicznych - dla badania systemów tele-radiotechnicznych. W pierwszych latach po II-giej wojnie światowej, w związku z potrzebami tzw. techniki impulsowej, która znajduje między innymi zastosowanie w radiolokacji i komputerach, rozwinęły się metody badania systemów wykorzystujące rachunek operatorowy. Obecnie analizę systemów w oparciu o rachunek operatorowy wyklada się już na drugim roku studiów technicznych zaś szeroko stosowanym aparatem matematycznym, jakim posługują się specjaliści systemowcy, są zaawansowane metody teorii równań różniczkowych i całkowych, metody analizy funkcjonalnej, rachunku wariacyjnego, probabilistyki itp. Fakty te świadczą, iż postęp w dziedzinie opanowania nowoczesnego aparatu matematycznego przez inżynierów systemowców jest niesłychanie szybki. Należy także zauważyć, że o ile w pierwszych latach po II wojnie światowej analizę systemową zajmowali się głównie inżynierowie elektrycy i elektronicy, to obecnie zakres specjalności, które stosują podobne metody badawcze rozszerzył się gwałtownie na inne dyscypliny techniczne oraz nie techniczne, takie jak np. ekonomia, zarządzanie itp.

Jedną z głównych zalet analizy systemowej jest to, iż pozwala ona w oparciu o analizę modelu systemu określić ściśle zależność pomiędzy przyczyną i skutkiem w działaniu wielu urządzeń technicznych i procesów fizycznych. Pozwala ona na przewidzenie zachowania się modelu systemu w przyszłości oraz pozwala na przeanalizowanie wpływu zmian parametrów systemu na przebieg procesów zachodzących w systemie. Pozwala to z kolei na projektowanie optymalnych i precyzyjnych urządzeń technicznych i procesów.

Dla pełnej jasności konieczne jest tu omówienie relacji pomiędzy systemem i modelem systemu. Otóż analiza systemowa zajmuje się nie tyle rzeczywistymi systemami, co modelami tych systemów.

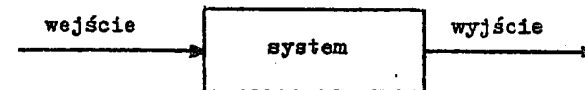
Ponieważ rzeczywistość jest zbyt złożona, aby można ją było badać bezpośrednio, konstruuje się w sposób abstrakcyjny /tj. na papierze/ pewien uproszczony wycinek rzeczywistości, zwany modelem, oderwany od oddziaływań postronnych i posiadający tę zaletę, że jest dostatecznie prosty, co pozwala badać i zrozumieć zachodzące w nim procesy. Relacja pomiędzy rzeczywistością a jej uproszczonym modelem jest następująca: czym

model jest bardziej uproszczony, a tym samym bardziej przejrzysty, tym bardziej zachodzące w nim procesy różnią się od procesów rzeczywistych i tym mniejszą wartość praktyczną mają wszystkie wnioski wysnute z analizy modelu. Fakt ten powodował przez długi okres czasu sceptycyzm co do użyteczności ścisłych metod matematycznych w badaniach zjawisk ekonomicznych, społecznych oraz w zarządzaniu. Ostatnio rysuje się zmiana stanowiska wielu specjalistów, co związane jest przede wszystkim z rozwojem elektronicznej techniki obliczeniowej pozwalającej na rozwiązywanie numeryczne złożonych problemów matematycznych, a więc w efekcie - na operowanie modelami, które z wystarczającą dla praktyki dokładnością aproksymują rzeczywiste systemy i procesy.

Nie sposób tu także pominąć olbrzymiej roli dydaktycznej jaką posiada analiza prostych modeli dla zrozumienia procesów zachodzących w rzeczywistości. Człowiek uczy się bowiem w procesie rozwiązywania coraz trudniejszych zagadnień. Różnica pomiędzy specjalistą i laikiem polega w znacznym stopniu na dokładności modeli systemów, jakimi oni operują i w oparciu o które formułują swoje wnioski i decyzje.

Wypada tu także zaznaczyć, że wiele osób nie rozróżnia pojęcia systemu rzeczywistego od jego modelu. Na usprawiedliwienie tego stanu rzeczy wpływa fakt, że sam model może być traktowany jako system i bywa często tak nazywany.

Wśród znacznej liczby możliwych modeli, jakie stosowane są w analizie systemowej, jednym z podstawowych jest model "wejście-wyjście" /the input-output model/, który pokazano na rys.1.



Rys.1.

W modelu tym proces lub tzw. sygnał wejściowy działa na rozpatrywany system i powoduje pojawienie się procesu wyjściowego systemu, co zaznaczono przez właściwe ukierunkowane strzałki.

W analizie systemowej rozpatruje się następujące podstawowe problemy:

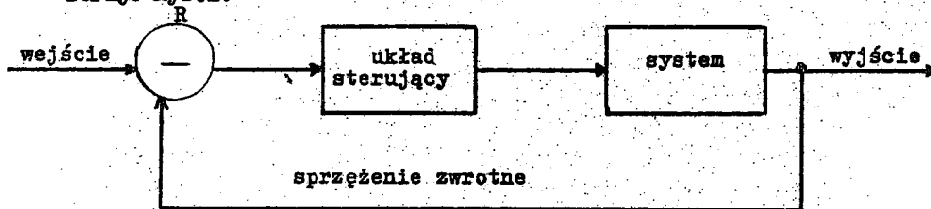
a/ określenie procesu wyjściowego spowodowanego działaniem znanego procesu wejściowego na system o znanym modelu,

b/ określenie modelu systemu na podstawie znanych /np. otrzymanych z doświadczenia/ procesów wejściowego i wyjściowego,

c/ określenie procesu wejściowego, który w systemie o danym modelu spowoduje proces wyjściowy o danym przebiegu.

Problemy typu a/ powstają przy badaniu zachowania się systemu w zmiennych warunkach zewnętrznych. Problemy typu b/ zwane są problemami identyfikacji modelu. Jeśli ponadto stawia się żądania określenia budowy i konstrukcji modelu, problem powyższy zwany jest też syntezą modelu systemu. Problemy typu c/ zwane są problemami sterowania systemem, gdyż chodzi tu o wyjaśnienie w jaki sposób trzeba oddziaływać na system, by jego procesy wyjściowe przebiegały zgodnie z założonymi wymaganiami.

Okazuje się zwykle, że sterowania takiego nie udaje się zrealizować w formie dokładnej natomiast realizuje się je z pewnym stopniem dokładności. Potrzebny jest do wykonania tego zadania tzw. regulator lub układ sterujący. Układ ten często realizuje się wykorzystując tzw. sprzężenie zwrotne, którego zasadę ilustruje Rys.2.



Rys.2.

Zadaniem sprzężenia zwrotnego jest porównywanie procesu wyjściowego z procesem wejściowym czyli obliczanie różnicy pomiędzy tymi procesami /co dokonuje urządzenie R/. Różnica ta pobudza z kolei układ sterujący, który oddziałuje na system w ten sposób, by proces wyjściowy posiadał przebieg podobny do procesu wejściowego.

Trzeba zauważyć, że obecność sprzężenia zwrotnego jest często traktowana jako nieodłączny atrybut systemów cybernetycznych. Sprzężenia zwrotne występują bowiem w wielu systemach technicznych, biologicznych i ekonomicznych. Gwoli ścisłości należy jednak zaznaczyć, że identyczne efekty dynamiczne można uzyskać i w tak zwanych systemach otwartych, jeśli tylko układ sterujący dysponuje pełną informacją o systemie sterowanym.

Obecność sprzężenia zwrotnego w niektórych systemach powoduje tendencję do powstawania niepożądanych i niesterowalnych procesów /np. drgań o narastającej amplitudzie/ zwaną niestabilnością systemów. Powstaje wtedy bardzo ważny problem opracowania takiej konstrukcji układu sterującego, która zabezpiecza system przed utratą stabilności.

W oparciu o przeprowadzoną powyżej popularną i pobieżną klasyfikację zagadnień, z którymi ma do czynienia analiza systemowa, łatwiej będzie przeanalizować charakter prac naukowo-badawczych, jakie były i są prowadzone w krajowych placówkach naukowych.

Otóż największą popularnością i rozwojem na przestrzeni lat powojennych cieszyła się u nas problematyka dotycząca analizy liniowych systemów elektromechanicznych, tj. takich systemów, które są opisywane przez liniowe równania różniczkowe. Szereg wydawnictw PAN-owskich, takich jak Archiwum Elektrotechniki, Archiwum Automatyki i Telemechaniki, oraz wydawnictwa Wyższych Uczelni technicznych, takie jak np. Zeszyty Naukowe i Rozprawy Elektrotechniki, opublikowały wiele prac z tej dziedziny. Pełnego rozkwitu doczekały się w szczególności metody badania procesów przejściowych oparte na transformacjach całkowych Laplace'a i Fouriera.

Gorzej sprawa przedstawia się z analizą systemów nieliniowych, tj. takich systemów, które są opisane przez nieliniowe równania różniczkowe. Uzyskano tu jak do tej pory jedynie rezultaty jakościowe i numeryczne. Jest to jednak związane z podstawowymi trudnościami, na jakie napotyka analiza systemów nieliniowych.

Należy także podkreślić, że w zakresie analizy systemów ukazało się szereg monografii, z których niektóre były tłumaczone na języki obce.

Podobnie w zakresie syntezy obwodów elektrycznych uzyskano u nas szereg rezultatów, które okazały się bardzo przydatne przy syntezie i projektowaniu filtrów elektrycznych i niektórych systemów automatyki.

Na uwagę zasługują także prowadzone w naszym kraju prace z dziedziny identyfikacji, analizy i badania stabilności systemów ze sprzężeniem zwrotnym.

W ostatnich latach zainteresowania wielu naszych specjalistów od analizy systemowej zaczynają skupiać się na nowoczesnych problemach badawczych, dotyczących między innymi takich

zagadnień jak analiza systemów z rozłożonymi parametrami /tj. takich systemów, które są opisywane przez równanie różniczkowe cząstkowe/ oraz systemów wielowymiarowych /tj. zawierających wiele niezależnych wejść i wyjść/. Ta ostatnia klasa zagadnień jest szczególnie ważna w zastosowaniach technicznych i przemysłowych. Chodzi tu w szczególności o złożone i wzajemnie powiązane procesy, jakie są typowe przy rozwiązywaniu zagadnień tzw. automatyki kompleksowej.

W ścisłym związku z tą klasą zagadnień pozostaje tzw. teoria systemów wielkich, która zajmuje się badaniem złożonych struktur, w których w charakterze elementów uczestniczą proste systemy typu "wejście - wyjście". Wśród różnorodnych struktur wyróżnia się tu w szczególności tzw. struktury hierarchiczne lub piramidalne, które są dosyć typowe zarówno w kompleksowych systemach technicznych /takich jak zjednoczony w skali krajowej system produkcji energii elektrycznej/ jak i w systemach ekonomicznych i systemach zarządzania. Prace w tym kierunku były podjęte w naszym kraju dosyć wcześnie, gdyż już w początku lat sześćdziesiątych. Dzięki temu mamy już szereg oryginalnych osiągnięć oraz nieliczną lecz na ogół dobrze przygotowaną kadrę specjalistów.

Trzeba jednocześnie zauważyć, że znajomość teoretycznych podstaw i metod w zakresie analizy systemowej musi iść w parze ze znajomością konkretnych dziedzin specjalistycznych, w których metody te mogą być zastosowane. Dla przykładu, automatyzacja kompleksowa przemysłu chemicznego wymaga nie tylko znajomości metod teorii systemów wielkich lecz również znajomości kinetyki reakcji chemicznych oraz rozwiązań technologicznych.

Z powyższych względów największe efekty naukowe i praktyczne uzyskuje się w tych dziedzinach nauki i techniki, w których specjaliści systemowcy współpracują ściśle ze specjalistami reprezentującymi konkretne zastosowania.

3. Teoria sterowania

3.1. Geneza i przedmiot teorii sterowania

Inspiracją dla pierwszych prac w dziedzinie teorii sterowania były wynalazki techniczne. Zbudowany przez Jamesa Watta regulator odśrodkowy obrotów maszyny parowej został teoretycz-

nie zbadany przez J.C.Maxwella w pracy "on governors", opublikowanej w 1868 r.; podobne urządzenie było przedmiotem pracy teoretycznej J.A.Wysznegradzkiego /1876 r./; matematyk A.Hurwitz opracował swe kryterium stabilności /1895 r./ na prośbę znanego inżyniera, profesora A.Stodoli.

Współdziałanie matematyki i techniki w dziedzinie sterowania trwa do dziś i przynosi wiele korzyści. Główne odkrycia w teorii sterowania wiążą się z nazwiskami matematyków /N.Wiener, L.S.Pontriagin, N.N.Krasowski i inn./, natomiast rozwinięcia tych odkryć i ich efektywnego wykorzystania dokonują naukowcy - inżynierowie a obok nich - w ostatnich 20 latach - ekonomiści.

Problem sterowania odnosi się zawsze do pewnego obiektu, takiego jak reaktor chemiczny, walcownia stali, okręt na morzu, czy przedsiębiorstwo. Dany jest zwykle cel sterowania, na przykład przepłynięcie z portu A do B albo utrzymanie określonej cechy produktu. Wpływanie na obiekt nazywamy decyzjami sterującymi, lub inaczej - sterowaniami. Cel sterowania musi być celem osiągalnym, to znaczy mamy np. dość paliwa, aby przebyć drogę od A do B /badanie osiągalności celu jest jednym z zagadnień szczegółowych teorii sterowania/. Jeśli cel jest osiągalny, to może istnieć więcej niż jeden sposób jego osiągnięcia, to znaczy więcej niż jedno możliwe do zastosowania sterowanie. Wybór najlepszego sterowania jest przedmiotem teorii optymalizacji. Trzeba oczywiście ustalić kryterium, według którego uznamy sterowanie za najlepsze. Kryterium to nazywamy wskaźnikiem jakości sterowania. Na przykład, w zadaniu przebycia drogi z portu A do B, możemy minimalizować ilość paliwa albo czas podróży - da nam to dwa zupełnie różne sterowania optymalne.

Aby do zagadnienia technicznego lub ekonomicznego zastosować teorię sterowania, trzeba przedstawić obiekt sterowania i wszystkie inne żądania w postaci opisu matematycznego, na przykład w postaci układu równań różniczkowych oraz ograniczeń na występujące w nich zmienne. Teoria sterowania dostarczy wyniku w postaci wskazania właściwych decyzji, na przykład w postaci przebiegu w czasie określonych sterowań. Decyzje te może następnie zastosować operator walcowni, dyrektor przedsiębiorstwa lub kapitan okrętu.

Inżynier - automatyk jest zainteresowany nie tylko w znajomości najlepszego sterowania; chciałby on ponadto wywoływać

to sterowanie w sposób samoczynny. Jeśli zadanie automatyki sprowadzić do utrzymania żądanego stanu albo drogi obiektu, to najprostszą drogą realizacji jest utworzenie układu ze sprzężeniem zwrotnym /rys.2/. Taki był schemat urządzenia J.Watta, analizowanego przez J.C.Maxwella. Dynamika układów odpowiadających rys.2 jest do dziś aktualnym problemem teorii sterowania, a same te układy stanowią główną podstawę automatyzacji procesów technologicznych.

Układ wywołujący samoczynne sterowanie na podstawie informacji o stanie obiektu i postawionych wymagań jest często realizowany jako automat cyfrowy, tzn. urządzenie przetwarzające informacje w postaci liczbowej.

Zadanie sterowania optymalnego również może być wykonywane samoczynnie, ale już nie w tak prostym układzie jak pokazuje rys.2. Operacje potrzebne do wyznaczenia optymalnego sterowania mogą być tak złożone, że wymagają bieżącego stosowania maszyny matematycznej.

W miarę postępów matematycznej i stosowanej teorii sterowania możemy rozpatrywać coraz bardziej złożone obiekty takie jak układ technologiczny, składający się z wielu obiektów połączonych ze sobą przepływem materiałów i energii. Układem takim jest np. fabryka kwasu siarkowego. Możemy rozwiązywać zadanie optymalnego sterowania procesem w tym układzie, biorąc pod uwagę różne warunki i wpływy jego otoczenia. Sterowanie to nie różni się w idei od sterowania pojedynczym obiektem, ale rozmiar potrzebnych tu działań i wyliczeń wymagać może specjalnych środków i metod. Mówimy w tym przypadku o sterowaniu wielkim systemem.

Każde zastosowanie teorii sterowania wymaga dopasowania do siebie czterech ogniw:

Po pierwsze, zadanie techniczne czy ekonomiczne musi zostać sformułowane w języku matematycznym; główna trudność to opis obiektu /reaktora chemicznego, systemu transportowego, przedsiębiorstwa przemysłowego itd./ przy pomocy odpowiednich równań. Mówimy o modelu matematycznym obiektu.

Po drugie, muszą być znane prawa matematyczne optymalizacji, takie jak warunki konieczne i warunki wystarczające optymalności. Jest to przedmiot matematycznej teorii sterowania.

Po trzecie - potrzebujemy wskazówek odnośnie do struktury układu sterowania optymalnego, analizy jego cech, efektywnego

wyznaczenia rozwiązań; będzie to stosowana teoria sterowania.

Wreszcie po czwarte, musimy dokonać selekcji wyników teoretycznych, ocenić ich przydatność, przenieść je do realizacji - będą to zagadnienia techniczne sterowania.

3.2. Zagadnienia szczegółowe

Teoria stabilności

Układ sterowania zawierający sprzężenie zwrotne w rodzaju przedstawionego na rys. 2, powinien być stabilny. Termin ten oznacza w przybliżeniu, że po wytrąceniu z położenia równowagi stan układu powinien powracać do tego położenia, lub przynajmniej dążyć do jego otoczenia.

Stosowane współcześnie metody badania stabilności pochodzą od A.M.Lapunowa /1892/. Powstały one na gruncie teorii drgań układów mechanicznych i przedostały się do automatyki dopiero w kilkadziesiąt lat później. W latach 1950-70 nastąpił silny rozwój teorii stabilności. Istotą tego rozwoju jest przeniesienie metody Lapunowa na grunt współczesnej matematyki, przez co nastąpiło osłabienie założeń i poszerzenie klasy rozpatrywanych przypadków; rozpatruje się również stabilność w warunkach stochastycznych.

Idea Lapunowa polega na tym, że mając równanie różniczkowe układu autonomicznego /to znaczy bez zewnętrznego sterowania/ dobieramy pewną skalarną funkcję pomocniczą, spełniającą określone wymagania. Warunkiem wystarczającym stabilności układu jest następnie ujemność pochodnej funkcji pomocniczej względem czasu. Tym sposobem unika się potrzeby rozwiązania równania różniczkowego.

Badanie stabilności ma duże znaczenie praktyczne - zastosowania obejmują, poza układami automatyki, dynamikę reaktorów chemicznych, systemów elektroenergetycznych, pojazdów a nawet badanie zbieżności iteracyjnych procedur obliczeniowych.

Sterowanie optymalne /teoria optymalizacji/

Większość prac w dziedzinie teorii sterowania w ubiegłych 10-15 latach poświęcono teorii optymalizacji. Zadanie sterowania optymalnego można określić następująco: spośród wszystkich sterowań zapewniających osiągnięcie celu i spełniających wszelkie inne ograniczenia wybrać to, przy którym zadany wskaźnik jakości sterowania osiąga ekstremum.

Matematyczne podstawy teorii sterowania optymalnego podał L.S.Pontriagin /1956/; sformułował on tak zwaną zasadę maximum, która stanowi o warunkach koniecznych, by dane sterowanie było optymalne. Posługiwanie się zasadą maximum wymaga rozwiązywania układów równań różniczkowych.

Równolegle do prac Pontriagina i jego szkoły problem sterowania optymalnego rozwiązywał R.Bellman, podając tzw. zasadę optymalności i wynikającą stąd metody programowania dynamicznego.

W ostatnich latach opracowano bardziej ogólne podstawy matematyczne sterowania optymalnego, oparte na analizie funkcjonalnej, pozwalające jednolicie rozpatrywać bardzo różnorodne zadania. Umożliwiają one również rozpatrywanie sterowania optymalnego w warunkach stochastycznych.

Trudności sterowania optymalnego wiążą się z metodami obliczeniowymi. Tylko najprostsze zadania daje się rozwiązać analitycznie; wszystkie niemal przypadki praktyczne wymagają rozwiązań numerycznych. Metody obliczeniowe optymalizacji są pracochłonne w sensie absorbowania czasu i pamięci maszyny matematycznej; różne odmiany i warianty zadań wymagają różnych metod, jeśli mają one być efektywne.

Teoria automatów cyfrowych

Problemy opisu i syntezy automatów cyfrowych zostały rozwiązane w latach pięćdziesiątych w pracach von Neumanna, Moore'a, Kleene i innych. Głównym zadaniem teorii jest opracowanie zasad syntezy układów, realizujących zadany algorytm za pomocą urządzeń o minimalnej złożoności. Ponieważ zasady te są silnie zależne od rodzaju elementów składowych układu, a elementy cyfrowe ulegają częstym przeobrażeniom, więc teoria automatów musi rozwiązywać wciąż nowe problemy.

Współczesna teoria nie poprzestaje na układach wykonujących algorytmy, lecz wprowadza metody przekształcania algorytmów, optymalizując ich realizację. Wykorzystuje się przy tym osiągnięcia teorii algorytmów i lingwistyki matematycznej, a zakres stosowania wyników rozszerza się na inne dziedziny /np. rozpoznawanie znaków, programowanie maszyn matematycznych/.

3. Osiągnięcia krajowe i prognoza rozwoju

Prace w dziedzinie teorii sterowania rozwijają się w Pol-

sce od lat 1950-tych, a ich rezultaty niejednokrotnie osiągają wysoki poziom. Można tu zanotować w szczególności: prace w dziedzinie matematycznej i stosowanej teorii sterowania; osiągnięcia w teorii stabilności; prace nad sterowaniem optymalnym; prace w statystycznej teorii sterowania; prace w dziedzinie sterowania wielkich systemów. Prace te prowadzone są w Instytucie Matematycznym PAN, Instytucie Cybernetyki Stosowanej PAN oraz w wyższych uczelniach technicznych: Politechnice Warszawskiej, Śląskiej, Gdańskiej, Akademii Górniczo-Hutniczej i innych.

W skali światowej naukowcy polscy wnieśli szczególnie duży wkład w następujących trzech dziedzinach: zastosowanie analizy funkcjonalnej do teorii sterowania optymalnego, teoria stabilności, teoria sterowania w wielkich systemach. W ogólnej ocenie, w zakresie teorii sterowania nauka polska nadążyła za czołową światową; natomiast pod względem zastosowań jesteśmy od niej dość daleko.

Rozwój prac w przyszłości będzie zapewne biegł w dwóch kierunkach. W matematycznej teorii sterowania zwiększać się będzie nacisk na ogólność podstaw oraz na zakres ich stosowalności, tak aby obejmowały one możliwie dużo przypadków szczególnych.

W stosowanej teorii sterowania kluczowe są następujące zagadnienia: sterowanie układów opisywanych równaniami cząstkowymi i równaniami z przesuniętym argumentem, metody obliczeniowe optymalizacji, sterowanie w wielkich systemach i związane z tym zagadnienia hierarchicznych struktur sterowania, metody prognozy i optymalnej identyfikacji, metody syntezy automatów z dużych bloków /układów scalonych/.

4. Przetwarzanie Informacji

4.1. Określenia

Podjęwając próbę analizy dotychczasowego stanu oraz prognoz w dziedzinie przetwarzania informacji, trzeba zacząć od określenia tej dziedziny, gdyż nie istnieje jak dotychczas jednolita terminologia. W literaturze anglosaskiej hasło "information processing" stosowane jest stosunkowo rzadko /np. nie jest ono w ogóle stosowane w podstawowych czasopiśmiech z abstraktami/ natomiast

stosowane są terminy: "data processing" oraz "signal processing".

Zacniemy od sprecyzowania pojęcia "informacja". Zdaniem autora informacją nazywamy to wszystko co może być wykorzystane do bardziej sprawnej realizacji celowego zadania, np. sterowania, produkcji, transportu czy administracji. Realizacja celowego działania polega na podejmowaniu decyzji. Innymi więc słowami informacją jest to, co może mieć wpływ na optymalizowane decyzje. Istotny jest tu optymalny charakter decyzji, gdyż decyzje nieoptymalne mogą poprostu nie brać pod uwagę dostępnych informacji. Ważny jest też względny charakter informacji: to co stanowi informację z punktu widzenia jednego celowego działania może być jedynie zakłóceniem z punktu widzenia innego działania.

Informacja z zasady zawarta jest w pewnym nośniku, zwanym sygnałem. Synonimem sygnału są: "dane", "obserwacje"; dla jednolitości będziemy w dalszym ciągu używali pojęcia "sygnał". Sygnał poza informacją ma naogół wiele cech, które nie zależą od informacji bezpośrednio. Ich odrzucanie zmniejsza "objętość" sygnału ale nie zmniejsza zawartej w sygnale informacji a zatem nie zmniejsza użyteczności sygnału z punktu widzenia optymalizacji podejmowania określonego typu decyzji. Zdaniem autora, pod terminem "przetwarzanie informacji" należy rozumieć takie uproszczenie struktury /zmniejszenie "objętości" / sygnału /synonimy "dane", "obserwacje"/, aby na podstawie uproszczonego sygnału można było podejmować optymalizowane decyzje o jakości nie dużo gorszej niż na podstawie sygnału pierwotnego.

Przypomnijmy, że mowa jest tu o potencjalnej jakości podejmowanych decyzji. W przypadku bowiem gdy nie dysponujemy dostatecznie sprawnymi urządzeniami do podejmowania decyzji, pierwotny sygnał o "dużej objętości" może wręcz zablokować urządzenie decyzyjne a więc być gorazdy od sygnału uproszczonego. Jest to jednak tylko pozorne, gdyż żadne przekształcenie sygnału nie może zwiększyć zawartej w nim informacji.

Odrzucenie cech sygnału nie niosących bezpośrednio informacji ma charakter procesu decyzyjnego. Tak więc system, w którym stosujemy takie uproszczenie sygnału ma charakter systemu decyzyjnego kaskadowego. U góry hierarchii znajduje się przy tym proces decyzji ostatecznych związanych ze wspomnianym na wstępie działaniem celowym. Dla przykładu weźmy system kontroli awaryjnej maszyny na podstawie wytwarzanego przez nią hałasu. Na podstawie analizy tego hałasu /ma on w tym przypadku charakter

sygnału/ podejmowana jest decyzja binarna: maszyna sprawna, maszyna niesprawna. Decyzja ta ma charakter przetwarzanej informacji. Na podstawie tej informacji podejmowana jest decyzja ostateczna odnośnie zatrzymania pracy maszyny, czy też zespołu maszyn oraz sposobu usunięcia awarii.

Reasumując pod terminem "przetwarzanie informacji" będziemy tu rozumieli takie przekształcenie sygnału /danych, obserwacji/, by przekształcony sygnał miał prostszą strukturę /mniejszą "objętość"/ a przy tym, by jakoś optymalizowanych decyzji określonego typu, podejmowanych na podstawie przekształconego sygnału, nie była znacznie gorsza od optymalizowanych decyzji podejmowanych na podstawie sygnału bezpośredniego.

Z podanego tu określenia wynika, że do przetwarzania informacji zaliczymy takie klasyczne dziedziny obróbki sygnałów jak:

1. próbkowanie i dyskretyzacja /kwantyzacja/
2. predykcja /prognozowanie/
3. filtracja

oraz takie typy podejmowania decyzji wstępnych jak:

4. klasyfikacja /rozpoznawanie obrazów/.

Należą tu również, pozornie odległe dziedziny jak:

5. wydobywania informacji z danych o charakterze masowym,

jak np. danych związanych z operacjami finansowymi czy też rezerwacją miejsc. Zdaniem autora dziedziny 1-4 są stosunkowo precyzyjnie określone, a to ze względu na to, że na ogół dość precyzyjnie bywa określony typ decyzji ostatecznych do podejmowania których potrzebna jest informacja. Natomiast, mimo, że zagadnieniom związanym z dziedziną 5 n. daje się sporo rozgłosu często nie mówi się dostatecznie precyzyjnie o jakiego typu decyzje chodzi, a bez tego nie można określić co stanowi informację, a co zatem idzie trudno jest określić o jakie przetwarzanie danych faktycznie chodzi. Z tego względu będziemy w dalszym ciągu zwracali głównie uwagę na problemy związane z dziedzinami 1-4.

Ze względu na charakter ogólnego opracowania, którego składnikiem ma być niniejsze opracowanie, pozostaje do wyjaśnienia relacja pomiędzy cybernetyką a przetwarzaniem informacji /w sensie tu określonym/. Związek ten nie jest łatwy do sprecyzowania ze względu na płynność pojęcia "cybernetyka". Zdaniem autora "cybernetycznymi" można nazwać te aspekty przetwarzania informacji, które mają charakter adaptacyjny to znaczy takie,

które związane są z procesami samoczynnego dostrajania procedur przetwarzania danych do zmiennych warunków. W dalszym ciągu skoncentrujemy się więc na adaptacyjnych procesach upraszczania struktury sygnałów /danych, obserwacji/, nie niszczących informacji /związanej z określonymi procesami decyzyjnymi/.

4.2. Kierunki badań podstawowych związane z ewentualnymi zastosowaniami

1. Próbkowanie i dyskretyzacja zapewniające równocześnie redukcję danych
2. Wydobywanie informacji w celach prognozowania
3. Wydobywanie danych ciągłych /estymacja, filtracja/
4. Klasyfikacja /rozpoznawanie obrazów, sytuacji/
5. Wydobywanie informacji z danych masowych /uzyskiwanie informacji statystycznych, wyszukiwanie informacji indywidualnych/.

1. Teoria próbkowania skalarnych funkcji czasu jest dobrze ugruntowana. W stadium rozwoju znajdują się badania nad próbkowaniem nieperiodycznym procesów wielowymiarowych, co ma duże znaczenie w systemach centralnej rejestracji danych. Istotne znaczenie ze względu na współpracę z maszynami cyfrowymi ma dyskretyzacja przebiegów czasowych a zwłaszcza wielowymiarowych. Bardzo perspektywiczne wydają się systemy kwantyzujące typu predykcyjno-różnicowego, pobierające dane cyfrowe wtedy, gdy zachodzi potrzeba dodatkowej poprawki. Szczególnie ważną dziedziną praktycznych zastosowań są systemy przesyłania dźwięków mowy i telewizji. Jak wiadomo istnieją, dotychczas nie wyzyskane bardzo duże możliwości zwiększenia sprawności tych systemów.

2. Problem predykcji jest problemem klasycznym. Nie mniej jest to problem ciągle aktualny, przede wszystkim w powiązaniu z procesami sterowania. Otwarte zostają zagadnienia autonomicznych układów predykcyjnych, zwłaszcza przebiegów wielowymiarowych w sytuacjach niestacjonarnych, gdy nie dysponujemy dużą ilością informacji wstępnej. Istotne znaczenie dla automatyzacji sterowania statkiem ma na przykład predykcja falowania morza. Również ważna jest predykcja przebiegów w systemach o strukturze sieciowej, np. w sieci rzek, czy w sieci gazowej. Mimo, że problemy predykcji postawiono już przed wielu laty, w związku z rozwojem transportu wyłaniają się nowe aspekty problemu predykcji ruchu obiektów, jak np. kontrola ruchu lotniczego czy ruchu stat-

ków na morzu i w portach. Ciągłe rozwijają się metody automatyzacji prognozowań meteorologicznych.

3. Wydobywanie danych o strukturze ciągłej w sytuacjach wymagających stosowania układów adaptacyjnych ma też duże znaczenie praktyczne w wielu dziedzinach. Dla przykładu można wymienić obróbkę sygnałów związanych z prądami czynnościowymi w organizmach żywych /w szczególności elektrokardiografia, encefalografia/ oraz bardzo duży dział związany z obróbką sygnałów występujących w meteorologii, w badaniach morza czy też przy poszukiwaniach geologicznych. Z punktu widzenia badań podstawowych chodzi znów o problem filtracji procesów wielowymiarowych, niestacjonarnych przy braku danych apriorycznych. Duże znaczenie ma przy tym filtracja cyfrowa /powiązanie problematyki filtracji i dyskretyzacji/.

4. Stosunkowo najbardziej dynamicznie rozwijającym się działem przetwarzania informacji jest rozpoznawanie obrazów. Jest to obecnie już rozległa dziedzina wiedzy i można by wskazać na liczne kierunki jej rozwoju. Rozpoznawanie obrazów ma bardzo duże znaczenie praktyczne. Spośród licznych zastosowań można tu wymienić:

- a/ czytanie liter /co ma ogromne znaczenie dla automatyzacji pracy na poczcie, bankowości, automatyzacji prac projektowych/
- b/ diagnostyka lekarska
- c/ systemy ostrzegawcze /np. wykrywanie sytuacji przedawaryjnych w kopalnictwie, energetyce, nawigacji/
- d/ systemy wykrywające stany specjalne, np. w komorach jonizacyjnych, w badaniach mikroskopowych /automatyzacja analiz lekarskich/, klasyfikacja wyników badań laboratoryjnych.

5. Wydobywanie informacji z danych masowych. W ostatnich latach wiele rozgłosu nadano problemom przetwarzania danych o charakterze masowym, jakie występują np. w bankowości, archiwizacji, ewidencji ludności, administracji dużych zakładów przemysłowych, sieciach transportowych itp.

Jak się wydaje nie istnieją dotychczas dostatecznie wyraźnie określone modele matematyczne takich systemów, w szczególności nie są, jak o tym już była mowa w pkt. 4.1 niniejszego opracowania, dostatecznie jasno określone procesy decyzyjne, dla których informacje mają być dostarczane. Wydaje się, że można wy-

dzielić tu dwa typy informacji:

A. o charakterze statystycznym potrzebne dla centralnego sterowania

B. o charakterze indywidualnym, związane z pojedynczym użytkownikiem systemu /np. rezerwacja miejsc, obliczanie podatków/.

Zapotrzebowanie praktyczne na systemy przetwarzania danych o charakterze masowym jest oczywiste. Brak powstania dotychczas dostatecznie ogólnych a zarazem użytecznych dla praktyki metod teoretycznych analizy i syntezy systemów przetwarzania informacji o charakterze masowym może nasuwać przypuszczenie, że w realizacji tych systemów istotną rolę odgrywa liczbowy wzrost odpowiedniego sprzętu a nie rozwój badań o charakterze podstawowym. Tego rodzaju sytuacje już się zdarzały. Można tu wymienić na przykład system kolejowy czy też system pocztowy. Ciągłe rozwijają się one i posiadają ogromne znaczenie praktyczne ale ich rozwój w znikomym stopniu związany jest z rozwojem badań podstawowych w systemach a w głównej mierze sprowadza się do rozwoju technologicznego stosowanych masowo urządzeń. Wydaje się, że udział badań podstawowych i postępu technologii urządzeń jest tu inny niż na przykład w tworzeniu nowoczesnego lotnictwa czy też w badaniach kosmosu. Nasuwają się więc wątpliwości, czy rola badań podstawowych w dziedzinach, w których mamy do czynienia z masowym powtarzaniem tych samych działań, może być duża. Jeśli wątpliwości te są uzasadnione, to zakres badań podstawowych systemowych związanych z przetwarzaniem informacji o charakterze masowym nie będzie tak wielki jak by to wynikało z praktycznego znaczenia tej problematyki.

4.3. Krótką oceną stanu aktualnego

Do mniej więcej roku 1968 były prowadzone w kraju badania podstawowe nad dyskretyzacją, filtracją i rozpoznawaniem obrazów. Częściowo wyrastały one na podłożu radiolokacji. Pewnym przejawem rozwoju tych prac były sympozja, a w szczególności dwie kurso-konferencje organizowane przez PAN. W ciągu ostatnich 3 lat nastąpił regres badań podstawowych związanych z omawianymi dziedzinami; niestety nie doszło prawie zupełnie do rozwoju tych badań w kierunkach określonych przez wzrost roli komputerów. Nie doszło też do realizacji wielu koncepcji powstałych na tle badań podstawowych.

W ostatnich dwóch latach, na fali ogólnego zainteresowania informatyką, zaczęto wiele mówić o przetwarzaniu informacji o charakterze masowym, zwłaszcza w związku z administracją. Większość prac jakie się ukazały nie ma jednak charakteru badań podstawowych. Zdanem autora niniejszego opracowania należy dołożyć starań, by przynajmniej niektóre spośród wymienionych poprzednio w punktach 1-4 kierunków badań podstawowych były rozwijane. Należy oczywiście również nie tracić z pola widzenia badań podstawowych w zakresie przetwarzania informacji o charakterze masowym, uwzględniając jednakże specyfikę tej problematyki, o czym była mowa poprzednio. W szczególności nie wydaje się możliwym prowadzenie na szerszą skalę badań podstawowych nad przetwarzaniem informacji masowych dopóki nie zostaną skonstruowane dostatecznie dobre modele matematyczne systemów informacyjnych oraz modele procesów decyzyjnych wykorzystujących informację.

CYBERNETYKA EKONOMICZNA I AUTOMATYZACJA ZARZĄDZANIA

Rozpowszechnienie i wzrost popularności koncepcji i metod badawczych, jakimi operuje cybernetyka i jakie zaczęły się rozpowszechniać w latach pięćdziesiątych naszego stulecia nie omięły również ekonomii.

Ekonomiści zajmowali się zresztą, jak to podkreślał niejednokrotnie Prof. Oskar Lange, od zarania rozwoju ekonomii politycznej problemami, które określamy dziś jako zagadnienia cybernetyczne. Podstawowe pojęcia cybernetyczne takie jak regulacja, stabilność, sterowanie itp. występowały w literaturze ekonomicznej znacznie wcześniej niż stały się przedmiotem badań cybernetyki.

Wydaje się natomiast, że istotnym rezultatem wzrostu zainteresowania metodami cybernetycznymi w środowisku ekonomicznym stała się popularyzacja i rozpowszechnienie ścisłych metod badawczych opartych na matematyce, analizie systemowej i informatyce itp.

W związku z rozpowszechnieniem tych metod, zamiast opisowego traktowania procesów ekonomicznych oraz wywnioskowania wniosków w oparciu o intuicję, zaczynają pojawiać się prace, w których operuje się modelami matematycznymi systemów ekonomicznych. Badania tych modeli z wykorzystaniem metod analizy systemowej pozwalają na lepsze zrozumienie istoty procesów ekonomicznych. Przykładem mogą tu służyć makroekonomiczne modele dynamiczne gospodarki jednosektorowej, takie jak np. model Goodwin'a, Kaleckiego itp. Są to modele, w których wyjście systemu, jakim jest produkcja gospodarki narodowej, poprzez inwestycje, działające w pętli sprzężenia zwrotnego, wpływa na popyt, będący wielkością wejściową systemu. Rozwiązanie odpowiednich równań różniczkowych, jakie opisują te modele pozwala wyjaśnić powstawanie procesów okresowych czyli cykli koniunktury gospodarczej. Podobne procesy, zwane niestabilnymi drganiami relaksacyjnymi powstają również w systemach technicznych.

Dla uniknięcia tych drgań inżynierowie automatycy stosują tzw. elementy stabilizujące.

Możliwość praktycznego wykorzystania podobnych metod dla stabilizacji procesów ekonomicznych została wykazana w pracach ekonomicznych A.W.Philips'a. Przykład ten wskazuje, że wykorzystanie metod i środków jakie rozwinęły się w dziedzinie dosyć odległej od badań ekonomicznych, jaką jest automatyka, a ściślej mówiąc - teoria serwomechanizmów, może okazać się bardzo użyteczne.

Z innych modeli makroekonomicznych, którym udziela się dużo uwagi literaturze dotyczącej omawianego zagadnienia, należy wspomnieć o tzw. liniowych modelach produkcyjnych, których konkretnym przykładem jest model Leontiefa. W modelu tym gospodarka narodowa składa się z sektorów produkcyjnych. Wyjście, czyli produkcja każdego sektora, jest rozdzielana pomiędzy pozostałe sektory oraz eksport na zewnątrz systemu. W modelu tym przyjmuje się często, że jedynym pierwotnym czynnikiem produkcyjnym /tj. niewytwarzanym przez system/ jest praca ludzka.

W oparciu o model Leontief'a można w szczególności określić:

- rozmiary produkcji w poszczególnych sektorach,
- ceny produktów,
- wpływ zmian płac w określonym sektorze na ceny w całej gospodarce.

Model ten pozwala również na sformułowanie i badanie szeregu zagadnień optymalizacyjnych. Na przykład można dążyć do ustalenia takich rozmiarów produkcji, przy których jest zagwarantowany dany eksport zaś ilość pracy zużyta w systemie jest minimalna. Problem ten wymaga rozwiązania odpowiedniego zagadnienia z zakresu programowania liniowego. Należy ponadto zauważyć, że problematyka związana z liniowymi modelami produkcji opiera się na klasycznych już dzisiaj rezultatach liniowej algebry, a w szczególności - macierzy dodatnich. Wiąże się też ona w naturalny sposób z problemami dualnymi w programowaniu liniowym i problematyką gier macierzowych.

Należy także zauważyć, że mimo szerokiego rozpowszechnienia modeli liniowych należy zachować pewną ostrożność przy wyciąganiu praktycznych wniosków odnoszących się do realnych systemów ekonomicznych. Modele te upraszczają bowiem lub pomijają wiele istotnych czynników. W szczególności założenie liniowości systemu oraz jego bezinercyjność są daleko idącą idealizacją rzeczywistości. Próba uwzględnienia tych efektów prowadzi do konieczności zastosowania równań różniczkowych dla opisu modelu zaś

zagadnienia optymalizacyjne przekształcają się w dosyć trudne problemy rachunku wariacyjnego. Jeszcze inne trudności, które wyłaniają się przy rozpatrywaniu systemów o znacznej liczbie sektorów produkcyjnych, to trudności związane z koniecznością agregatywacji tych sektorów bądź też - koniecznością rozwiązania problemów matematycznych o dużej wymiarowości.

Stosowane są do tych celów coraz częściej metody, które bazują na teorii systemów wielkich, tj. zasadzie dekompozycji lub inaczej mówiąc - decentralizacji. Zaletą tych metod jest możliwość rozłożenia skomplikowanego zagadnienia matematycznego na szereg zagadnień prostszych, tj. o mniejszej wymiarowości. Zastosowanie tych metod w złożonych systemach planowania i podejmowania decyzji ekonomicznych pozwala na osiągnięcie optymalności globalnej systemu poprzez szereg niezależnie podejmowanych decyzji lokalnych, jakie są związane z funkcjonowaniem istniejących zdecentralizowanych systemów zarządzania. Osiągnięcie optymalności globalnej wymaga ponadto systemu koordynacji decyzji lokalnych z decyzjami centralnymi władz nadrzędnych. Typowym przykładem takiego systemu planowania ekonomicznego jest dwupoziomowa optymalizacja rozdziału zasobów, która jak wynika z literatury była zastosowana w praktyce planowania w Węgierskiej Republice Ludowej.

Osobliwością tej metody jest wykorzystanie procesu iteracyjnego zwanego fikcyjną grą dla uzgodnienia strategii organu centralnego i lokalnych organów decyzyjnych. W systemie tym centrum daje sektorom określone zadania, prosząc jednocześnie o podanie, z jaką efektywnością zadania te mogą być wykonane. Drogą wzajemnych konsultacji i koordynacji, będących istotą gry fikcyjnej, powstaje wreszcie taki plan działalności ekonomicznej, który zadawała zarówno centrum jak i sektory.

Należy wreszcie omówić krótko klasę modeli makroekonomicznych, które zajmują się problematyką wzrostu gospodarczego. Modele takie operują zwykle funkcją produkcji lub dochodu narodowego uzależnioną od majątku produkcyjnego, zatrudnienia, współczynników techniczno-organizacyjnych i postępu technicznego itp. Stawia się zadanie uzyskania najszybszego wzrostu dochodu narodowego przez właściwą politykę gospodarczą w zakresie inwestycji itp.

Problemy te ogólnie biorąc prowadzą do niełatwych zagadnień z zakresu rachunku wariacyjnego. Czynnione są ostatnio

próby rozwiązywania tych zagadnień w oparciu o metody dekompozycyjne oraz metody modelowania systemowego.

Należy podkreślić, że rozwiązanie problemów tego typu posiada duże znaczenie nie tylko dla optymalizacji procesów inwestycyjnych i planowania gospodarczego lecz również dla naukowej prognostyki rozwoju systemów ekonomicznych.

W szczególności jako przykład systemowego podejścia do problemu planowania i prognostyki rozwoju systemu ekonomicznego, można wspomnieć o modelu ekonometrycznym dla Stanów Zjednoczonych zwanym modelem Brookings'a lub też modelem "Zasobów federalnych w Stanach" opracowanym w M.I.T.

Z podanego powyżej, w sposób pobieżny i popularny, przeglądu problematyki makroekonomicznej wynika, iż postęp nauki w tej dziedzinie zależy w znacznym stopniu od rozwoju i zastosowań szeregu działów matematyki takich jak w szczególności: programowanie liniowe, programowanie nieliniowe, programowanie dynamiczne, teoria funkcji decyzyjnych, teoria gier macierzowych i różniczkowych, analiza funkcjonalna itp. Zależy on także od rozwoju i zastosowań teorii sterowania, teorii wielkich systemów i informatyki.

Szczególne znaczenie ma tu też rozwój zastosowań elektronicznej techniki obliczeniowej, która pozwala na przetworzenie olbrzymiej ilości informacji, jaka jest konieczna przy operowaniu modelami wielowymiarowymi, odzwierciedlającymi właściwości realnych systemów ekonomicznych.

Należy również zauważyć, że ugruntowało się już w naszym kraju w pełni przekonanie, że rozwój metod naukowego kierowania gospodarką socjalistyczną w oparciu o nowoczesne metody i środki techniczne posiada podstawowe znaczenie dla przyszłości i rozwoju kraju.

Czołowi polscy ekonomiści w pełni docenili i doceniają znaczenie cybernetyki czyli metod matematycznych, analizy systemowej, teorii sterowania i informatyki.

Profesor Oskar Lange był jednym z pierwszych zwolenników i propagatorów tej dziedziny wiedzy. Jego książka pt. "Wstęp do cybernetyki ekonomicznej"/Warszawa 1965/ jeszcze do dziś stanowi aktualną i wartościową pozycję naukową. Duże znaczenie i rozgłos uzyskał model cykli koniunktury M.Kaleckiego z roku 1933 oraz jego prace z zakresu modeli wzrostu gospodarczego.

Jest zjawiskiem bardzo pocieszającym, że do badań z zakresu cybernetyki ekonomicznej włącza się szereg ośrodków i naukowców reprezentujących nauki matematyczne i techniczne.

Jednakże zakres i ilość tych prac jest niewątpliwie nie-współmierny ze znaczeniem problematyki naukowej w omawianej dziedzinie. W przodujących krajach np. ZSRR, działają wielkie Instytuty naukowo-badawcze takie jak Centralnyj Ekonomiczno-Matematiczeskij Instytut, które zajmują się wyłącznie omawianą problematyką. Instytuty te zatrudniają zarówno ekonomistów jak inżynierów i matematyków, starając się wykorzystać i zespolić precyzję i ścisłość sformułowań jakie cechuje przedstawiciele nauk matematycznych z doświadczeniem i umiejętnościami praktycznymi ekonomistów i inżynierów.

Omawiając problematykę makroekonomiczną nie wolno zapominać o zagadnieniach typu mikrosystemowego a w szczególności - o zagadnieniach zarządzania i ekonomiki przedsiębiorstw przemysłowych. Należy tu zauważyć, że nauka polska może się poszczycić szeregiem osiągnięć i na tym polu.

Podstawowe prace z zakresu naukowego zarządzania produkcją jakie były dziełem inż. Karola Adamieckiego /1856-1933/ datują się już na pierwsze lata XX wieku.

Jak wiadomo w ostatnich latach nastąpił znaczny postęp w zakresie możliwości unowocześnienia zarządzania zakładami produkcyjnymi.

Związane jest to po pierwsze z rozwojem i wykorzystaniem nowoczesnych metod jakie oferuje teoria naukowego zarządzania oraz po drugie - z szerokim stosowaniem nowoczesnego sprzętu informatycznego. W szczególności, w zakresie nowoczesnej problematyki naukowej należy wymienić:

- a/ badania operacyjne,
- b/ metody planowania produkcji, takie jak planowanie kalendarzowe oraz planowanie sieciowe /tzw. metody PERT/,
- c/ teoria kolejek i teoria obsługi masowej,
- d/ optymalizacja zasobów, magazynowania i transportu,
- e/ optymalizacja procesów inwestycyjnych,
- f/ metody planowania celów /np. system PATTERN/.

Problematyka ta, mimo iż dotyczy zagadnień użytkowych, opiera się na zaawansowanych metodach teoretycznych. W szczególności stosowane są tu niektóre działy matematyki, jak np.: programowanie nieliniowe i całobrońkowe /np. w zagadnieniach

układania planów kalendarzowych/, rachunek wariacyjny /np. w zakresie optymalizacji inwestycji, magazynowania/, współczesna probablistyka, a w szczególności teoria funkcji decyzyjnych /teoria kolejek i obsługi masowej/.

Omawiana dziedzina wykorzystuje też w znacznym stopniu metody analizy systemowej. Chodzi tu w szczególności o ustalenie właściwych struktur zarządzania, a więc - ilości szczebli decyzyjnych oraz ilości podległych komórek organizacyjnych na poszczególnych szczeblach.

Wreszcie wykorzystuje się w nowoczesnej teorii zarządzania metody teorii informacji i informatyki. Chodzi tu głównie o analizę przepływu i przetwarzania informacji oraz dostarczania dla potrzeb poszczególnych szczebli zarządzania informacji zagregowanej /tj. odpowiednio skondensowanej/. Oddzielna sprawa to budowa odpowiednich systemów informatycznych zawierających w charakterze elementów: szybkie czytniki tekstów, urządzenia przetwarzania i kodowania informacji, linie transmisyjne, tzw. banki danych, cyfrowe maszyny matematyczne dla przetwarzania informacji, przekształconej uprzednio w kod cyfrowy oraz - urządzenia końcowe, które pozwalają na odczytanie przetworzonej i przesłanej informacji.

W oparciu o mniej lub bardziej złożone systemy informacyjne powstają systemy służące bądź to do celów operatywnego zarządzania, bądź też do automatyzacji niektórych form działalności administracyjnej, takich jak księgowanie i fakturowanie zleceń, gospodarka magazynowa, ustalanie list płacy, sprawozdawczość itp.

W zakresie omawianej problematyki wchodzi również problem automatyzacji projektowania inżynierskiego, zarządzania zespołem przedsiębiorstw produkcyjnych oraz całymi zjednoczeniami czy resortami. W niektórych krajach zakres prac nad automatyzacją zarządzania jest bardzo szeroki. Na przykład w ZSRR, jak o tym donosi prasa, prowadzone są prace nad systemem automatyzacji zarządzania w skali całego kraju.

Problem unowocześnienia systemów zarządzania przez optymalizację procesów podejmowania decyzji i usprawnienia systemów informatycznych nabiera i w naszym kraju coraz większego znaczenia.

Wiadomo powszechnie jak dużą wagę do rozwiązania tego pro-

blemu przykłada Partia i Rząd PRL. Wagę tego problemu podkreślają też osiągnięcia krajów przodujących w rozwoju techniczno-ekonomicznym, które w szerokim zakresie korzystają z nowoczesnych środków zarządzania, a w szczególności - z elektronicznej techniki obliczeniowej, oraz narastające kłopoty z zarządzaniem złożonymi systemami jakie powstają i rozwijają się w przeżywanej obecnie dobie rewolucji naukowo-technicznej.

Jak wiadomo wiele naszych zakładów i instytucji pracuje w sposób nieefektywny. Systemowa analiza wskazuje, że niedomagania istniejących systemów zarządzania związane są bądź to ze złym funkcjonowaniem systemu informacyjnego oraz systemu organizacyjnego, bądź też - ze złym funkcjonowaniem organów decyzyjnych. Jeśli chodzi o system informacyjny, to podstawowym mankamentem jest istnienie dużych opóźnień w przekazie informacji, które dezaktualizują decyzje, a często stawiają pod znakiem zapytania celowość utrzymywania systemu informacyjnego. Innym zjawiskiem jest brak agregatyżacji na poszczególnych szczeblach zarządzania, co prowadzi w efekcie do zalewu informacji, z której nikt nie jest w stanie korzystać. Obserwuje się też często niewłaściwą decentralizację prowadzącą do przeciążenia poszczególnych szczebli zarządzania i zmniejszenia efektywności pracy całego systemu.

Szereg niedomagań systemów zarządzania spowodowanych jest też nieznaną metodami optymalizacyjnymi oraz niskimi kwalifikacjami organów zarządzających. Fakty te świadczą, że istnieje poważny dystans pomiędzy stanem teorii zarządzania oraz jej wykorzystaniem w praktyce przedsiębiorstw państwowych.

Należy także zauważyć, że badania naukowe z zakresu podstaw teoretycznych zarządzania były prowadzone w krajowych placówkach naukowych już od wielu lat. Przede wszystkim należy tu wymienić prace w dziedzinie prakseologii Prof. T. Kotarbińskiego i utworzonej przez niego szkoły.

Prace w dziedzinie zarządzania o charakterze systemowym i informatycznym zapoczątkowano stosunkowo niedawno na niektórych uczelniach wyższych, placówkach PAN /COPAN, Instytut Cybernetyki Stosowanej/ oraz, w węższym zakresie - w niektórych instytutach resortowych. W przewidywanym planie prac Komitetu Nauk Organizacji i Zarządzania proponuje się też położenie specjalnego nacisku na rozwój metod cybernetycznych. Proponuje

się też utworzenie w systemie Polskiej Akademii Nauk Instytutu Zarządzania. W chwili obecnej prowadzone jest już na szeroką skalę szkolenie specjalistów zarządzania w ramach studiów doktoranckich.

Wydaje się, że zakres tych prac w konfrontacji z istniejącym zapotrzebowaniem ze strony gospodarki narodowej jest jednak niedostateczny. Koniecznym staje się również unowocześnienie tematyki badawczej i wyposażenia odpowiednich placówek w nowoczesny sprzęt informacyjny.

CYBERNETYKA TECHNICZNA I AUTOMATYZACJA
KOMPLEKSOWA PROCESÓW

W ramach problemu węzłowego 06.1.2., Polska Akademia Nauk wspólnie z resortami: Przemysłu Ciężkiego, Chemii, Budownictwa Przemysłowego i Materiałów Budowlanych, Przemysłu Maszynowego oraz MON, realizowany jest obecnie cykl zamknięty podstawowych prac teoretycznych, doświadczalnych, rozwojowych i wdrożeń w wyniku których już w niektórych przypadkach uzyskano a w innych ma się uzyskać w okresie 1971-1975 następujące rezultaty:

a/ wprowadzenie do praktyki gospodarczej systemów zawierających programowane maszyny matematyczne do sterowania określonymi w planie procesami w celu uzyskania większych wydajności, jakości efektywności lub innych przewidzianych z góry funkcji celu,

b/ opracowanie podstaw naukowych i wynikających z nim metod projektowania i realizacji systemów sterowania procesami zawierających programowane maszyny matematyczne tak aby w przyszłej pięcioletniej problem ten mógł już stać się przedmiotem powszechnej praktyki inżynierskiej biur projektowych i instytutów branżowych.

Niniejszy referat jest podsumowaniem doświadczeń, wyników badań i zastosowań uzyskanych dotąd na tym odcinku.

Przez automatyzację kompleksową rozumiemy tę dziedzinę wiedzy, która tworzy podstawy naukowe układów technicznych zastępujących człowieka w jego czynnościach kontroli, nadzoru i sterowania procesami w celu uzyskania większych dokładności, szybkości i niezawodności procesu sterowania.

U podstaw tej nowej gałęzi wiedzy leży więc z jednej strony analiza i syntezy samego procesu sterowania, badanie jego podstawowych elementów składowych, takich jak modele poszczególnych cech

procesu, algorytmy obsługi poszczególnych sytuacji, systemy operacyjne, gospodarowanie zbiorem przygotowanych programów użytkowych i zbiorem środków materialnych przygotowanych dla ich realizacji. Z drugiej zaś strony to teoria cyfrowych systemów sterujących ze specjalistycznymi maszynami przystosowanymi do pracy uwarunkowanej stałym, bezpośrednim kontaktem ze sterowanym procesem, tak zwanych maszyn zdolnych do realizacji programów z uwarunkowaniem w czasie rzeczywistym.

Teoretyczne podstawy sterowania, a zwłaszcza teoria sterowania optymalnego, czy adaptacyjnego były i są rozwijane nie koniecznie w powiązaniu z problemami automatyki kompleksowej.

Teoria sterowania procesami w takim ujęciu, które zostało zainicjowane a obecnie jest rozwijane w ramach automatyki kompleksowej, posiada jednak kilka cech szczególnych.

Najbardziej istotnym jest to, że sformalizowany opis procesu rozumie się tu w sposób pełny, a więc nie ograniczający się do modelu jakiejś jednej jego wybranej cechy, ale do zbioru modeli tych jego cech, których znajomość jest niezbędna dla podjęcia właściwej decyzji i ustalenia programu sterowania dla wielu możliwych sytuacji mogących zaistnieć w procesie. Mogą to więc być: stan ustalony i potrzeba jego optymalizacji w całym procesie lub w jego podstawowych węzłach, różne stany awaryjne i potrzeba przejścia do stanu normalnego, żądanie operatora zatrzymania całości lub części procesu lub jego uruchomienia, bieżąca obserwacja procesu, analiza i wykrywanie zmian jego istotnych cech, w końcu wykrywanie i sygnalizowanie różnych sytuacji alarmowych, prowadzenie danych bilansowych i statystycznych.

Takie ujęcie zadania sterowania procesem wymaga nie tylko przygotowania zbioru programów obsługi i użytkowych, każdy dla określonej sytuacji mogącej powstać w procesie, ale i programu nadrzędnego przyjmującego zgłoszenia ze strony procesu i realizujący ich obsługę wg pewnych kryteriów nadrzędnych wynikających z ustalonych uprzednio priorytetów, modyfikowanych aktualną globalną sytuacją procesu.

Istotną cechą teorii sterowania procesami, rozwijanej w ramach automatyki kompleksowej jest warunek zapisu opracowywanego zbioru programów obsługi, użytkowych i nadrzędnego programu dyry-

genta w takim formalizmie, który mógłby być wczytany a następnie odpowiednio interpretowany automatycznie, bez udziału człowieka, w elektronicznym systemie cyfrowego sterowania.

I stąd następujące wzajemne powiązanie. Podstawą przygotowania zbioru programów użytkowych dla jakiegoś procesu technologicznego, łącznie z odpowiednim nadrzędnym programem dyrygenta musi być jakiś określony system elektronicznego sterowania wraz ze swą jednostką centralną, jej podstawowym oprogramowaniem i zbiorem programów pomocniczych.

Opracowywane na tej podstawie oprogramowania dla coraz szerszego zakresu procesów technologicznych sugerują jednocześnie takie tendencje w rozwoju tych materialnych środków realizacji automatyki kompleksowej, które pozwoliłyby na wczytywanie i uruchamianie programów w sposób szybszy, łatwiejszy, programów bardziej rozbudowanych i zróżnicowanych.

To wzajemne ścisłe powiązanie między metodami, środkami i zastosowaniami automatyki kompleksowej leży u podstaw jej bardzo szybkiego, lawinowego rozwoju jako samodzielnej dyscypliny naukowej, która w zakresie metod wniosła nowe nieklasyczne w sensie matematycznym formalizmy tworzenia modeli procesów, niektóre specjalistyczne języki formalne dla celów opracowywania i zapisu programów sterujących procesami z uwarunkowaniami w czasie bieżącym, a w zakresie konstrukcji - specjalistyczne typy elektronicznych maszyn cyfrowych o charakterze minikomputerów odznaczające się specyfiką zbioru rozkazów podstawowych, budową modułową, magistralą łączności z obiektem i systemem urządzeń priorytetów, maskowań i prze-rywań.

W zakresie zastosowań nie ma dziś właściwie technologii, w której nie myślano by o wprowadzeniu automatyki kompleksowej, jej nie wprowadzano bądź w końcu już nie wprowadzono.

Przejdźmy teraz do omówienia stanu, rozwoju i perspektyw naukowych podstaw automatyki kompleksowej opartej o specjalistyczne elektroniczne systemy sterujące.

Punktem wyjścia jest tu zbiór modeli reprezentujących te podstawowe własności procesu, których znajomość jest niezbędna dla opracowania odpowiednich programów sterowania w różnych sytuacjach mogących zaistnieć w procesie.

W tym zakresie można wyróżnić dwa zasadniczo różne podejścia. Historycznie pierwszy cechował się tym, że starano się na podstawie badań statystycznych znaleźć i przedstawić w odpowiednio dobranej matematycznej postaci analitycznej zależności między interesującą nas cechą procesu, a parametrami mogącymi mieć na nią wpływ nie wchodząc bliżej w fizyko-chemiczny mechanizm tej zależności. Była to więc próba potraktowania procesu jako czarnej skrzynki i odcięcia się przy tworzeniu modeli różnych jej cech od uciążliwej konieczności dogłębnego poznawania fizyko-chemicznych, technologicznych mechanizmów determinujących działanie tej skrzynki. Pozorne wygody podejścia statystycznego, to znaczy niekonieczność dogłębnej znajomości technologii procesu i możliwość opracowania jej modelu na drodze czysto matematycznej stały się oczywiście najsłabszym punktem modeli statystycznych niepozwalającym na ich bezpośrednio oddziaływanie na proces, na szybkie uwzględnienia zmian w technologii przez zmiany modelu, na możliwości szybkiej adaptacji modelu i uzyskiwane dokładności. Droga do tak zwanego modelu fizyko-chemicznego procesu jest bardziej uciążliwa. Wymaga współpracy co najmniej zespołu dwóch ludzi - technologa i matematyka. Model jest wtedy bardzo często pewną hipotezą istoty zjawisk leżących u podstaw danej technologii, a tak zwana identyfikacja modelu, doświadczalną weryfikacją tej hipotezy. Uzyskany i sprawdzony w ten sposób model to nie tylko doskonała podstawa tworzenia algorytmów sterowania, ale bardzo często punkt wyjścia do zmian i ulepszeń technologii.

Przy tworzeniu modeli wielu cech procesów można posłużyć się równaniami algebraicznymi, różniczkowymi czy różnicowymi, względnie niektórymi metodami analizy funkcjonalnej, a więc tym co można by nazwać zbiorem środków matematyki klasycznej. Ale w niektórych przypadkach na przykład w przypadku cech istotnych dla sytuacji awaryjnych, dla pewnych czynności sekwencyjnych o uwarunkowaniach logicznych, musimy odejść od tych metod i szukać najważniejszego formalizmu dla opisu cech w różnych wariantach zapisów grafowych mogących być wczytanymi przez maszyny cyfrowe, czy też w procedurach języków formalnych, jeśli chodzi np. o podstawę programów konwersacyjnych z operatorem.

Miejsce szczególne zajmuje tu model tych strategicznych cech procesu, które będą leżały u podstaw ustalenia priorytetów i programu nadrzędnego.

Stało się to, między innymi, punktem wyjścia do rozwoju takich nowych i chyba niekonwencjonalnych dziedzin jak teoria lingwistyki formalnej, matematyczne podstawy programowania i teoria systemów operacyjnych. W lingwistyce formalnej nastąpił szybki rozwój teorii stochastycznych języków kontekstowych, które wypełniają lukę między językami bezkontekstowymi i kontekstowymi.

Matematyczne metody programowania dążą do opracowania metod tworzenia programów z pomocą systemów konwersacyjnych, w których programista podaje najpierw przeznaczenie i ogólny szkic programu, po czym w trakcie dyskusji z maszyną przechodzi do szczegółów. W rezultacie takiego dialogu człowieka z maszyną, zostaje opracowana gotowa wersja programu. Ma to szczególne znaczenie dla automatyki kompleksowej, gdzie na oprogramowanie jednego procesu składa się cały zbiór poszczególnych programów użytkowych, z których każdy wymaga dokładnego sprawdzenia, przy czym czas sprawdzenia i poprawiania to 80% czasu tworzenia programu.

Druga sprawa to sposoby zapisu i analizy algorytmów zwłaszcza z punktu widzenia oceny ich dobroci i efektywności. Problemy do rozwiązania to określenie transformacji zmniejszających ilość operacji, ilość zmiennych, ustalenie postaci kanonicznej i równoważności algorytmów. Być może, że całkowite rozwiązanie tych problemów doprowadzi do pewnej algebry programowania, pewnego uniwersalnego symbolizmu, który umożliwi wykonywanie operacji na algorytmach podobnie do matematycznego symbolizmu umożliwiającego wykonywanie przekształceń na liczbach, funkcjach, równaniach.

Sprawą koronującą to teoria systemów operacyjnych, w której problemami najistotniejszymi są zagadnienia efektywności /wydajności/ oraz niezawodności systemu. System jest wydajny jeżeli stosunek czasu zużytego na czynności administracyjne do czasu użytecznego jest niewielki. Dążenie do zwiększenia wydajności systemów prowadzi do szukania rozwiązań nie w rozbudowie odpowiednich programów pomocniczych, obciążających niepotrzebnie pamięć centralną i przez to z reguły wolnych, lecz na drodze odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych, rozwiązań prowadzących z reguły do bardzo krótkich czasów odpowiedzi.

Klasycznym przykładem może tu być sprawa rozpoznawania priorytetów, czy też chowanie rejestrów przy przerwaniu programu. Może

to być przyrównane do odciążenia centralnego systemu przez rozbudowę pętli sprzężeń lokalnych.

Staje się to możliwe w coraz większym stopniu dzięki kolosalnemu postępowi technologicznemu. I tak w ciągu kilku lat ilość elementów mieszcząca się na tej samej powierzchni jednostkowej wzrosła 1000-krotnie. Jeżeli przy podstawowej integracji było ich 10 to przy średniej 100 a przy dużej 1000.

To wzajemne sprzężenie postępu w oprogramowaniu i w technologii doprowadziło dziś do elektronicznych systemów sterujących, zdolnych do zastąpienia człowieka w tych wszystkich czynnościach kontroli nadzoru i sterowania, które można oprzeć na odpowiednio sformalizowanym zapisie matematycznym, logicznym lub w jednym z języków formalnych.

Sprawą otwartą pozostaje sprawa powstawania, generacji nowych pomysłów, koncepcji w czasie procesu sterowania i obserwacji.

CYBERNETYKA BIOMEDYCZNA

Cybernetyka biomedyczna jest dziedziną stanowiącą przedmiot zainteresowań takich głównie specjalności jak biologia, medycyna, chemia, fizyka i technika. Tworzenie wspólnych zespołów badawczych i szybki rozwój cybernetyki biomedycznej obserwujemy na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat.

Cybernetyka biomedyczna interesuje się szczególnie poznaniem działania złożonych układów organizmu żywego /takich jak system nerwowy czy krwionośny/ i ich wzajemnych zależności. W chwili obecnej potrafimy zrozumieć działanie niektórych wycinków wybranych systemów i to w sposób bardzo uproszczony.

Jedną z głównych przyczyn tych trudności jest brak dostatecznej liczby informacji o systemach, innymi słowy brak pomiarów wielu parametrów organizmów żywych i metod ich kontroli.

Bliższe zrozumienie działania poszczególnych narządów i ich funkcji pozwala w wielu przypadkach na budowę zastępczych protez w szerokim znaczeniu tego terminu.

Współczesna technika obliczeniowa pozwala na szybkie przetwarzanie danych pomiarowych, na modelowanie systemów oraz na automatyczną dokumentację i diagnostykę.

Poznanie procesów zachodzących w organizmach żywych pozwala technikom na budowę nowych urządzeń pomiarowych /np. dla rozpoznawania obrazów, dźwięków, zapachów czy dotyku/ i konstruowanie systemów sterowania opartych na nowych zasadach.

POMIARY

Stan współczesny pomiarów klinicznych pozwala na uzyskanie szeregu danych o stanie pacjenta. Poniżej są podane wybrane przykłady pomiarów parametrów organizmów żywych.

W systemie pracy serca obiektywne pomiary do wykrywania tonów i szmerów serca /fonokardiografia/ odbywają się przy pomocy mikrofonów o określonych charakterystykach częstotliwościowych, a pomiary sygnałów elektrycznych towarzyszących rozkurczowi i skurczowi komór sercowych stały się podstawą elektrokardiografii. Wektokardiografia i balistokardiografia są dalszym rozwinięciem elektrokardiografii. Przy pomocy wielu metod dokonuje się też pomiaru pulsu lub krzywej pulsu.

Hemodynamika może być określona przez pomiar ciśnienia krwi /przy czym system pomiarowy może być w pełni zautomatyzowany/ i pomiar przepływu krwi. Pomiar przepływu krwi nastęrcza duże trudności. Może być dokonany w fizjologii eksperymentalnej i chirurgii klinicznej przy pomocy przepływomierza elektromagnetycznego. Stosowane są w medycynie klinicznej detektory dla pomiaru przesuwania się wzdłuż naczyń wprowadzonych tam izotopów lub barwników. Ostatnio stosuje się przepływomierze ultradźwiękowe wykorzystujące zjawisko Dopplera, pozwalające na pomiar przepływu krwi bez zabiegu chirurgicznego. Bardzo istotne znaczenie posiada opracowanie automatycznych metod chemicznych analiz krwi.

Istnieją już obecnie systemy pozwalające na pomiar 12 parametrów próbki z szybkością 300 próbek w ciągu jednej godziny. Wynik wyjściowy jest automatycznie drukowany dla każdej próbki i zapis ten może być także podawany do maszyny matematycznej i porównywany z danymi tego samego pacjenta, zapisanymi dawniej na taśmie magnetycznej.

Praca płuc może być dość dokładnie określona przez urządzenia pozwalające na pomiar objętości statycznych i dynamicznych płuc, prędkości oddychania lub oporności dróg oddechowych. Istnieją również liczne metody pozwalające na dokładną analizę gazów wydechowych.

Badania pracy mózgu odbywają się głównie przez pomiar potencjałów elektrycznych różnych miejsc na skórze głowy. Nowoczesna analiza kształtu otrzymanej fali elektroencefalograficznej wymaga metod matematycznych i elektronicznych filtrowania, uśredniania i korelacji dla wyboru znaczącej informacji.

W technice diagnostycznej i terapeutycznej wielkie osiągnięcia posiada radiologia. Rentgen jest tym urządzeniem technicznym, które wywarło największy wpływ na medycynę. Izotopy radioaktywne

są wykorzystywane przy diagnozach klinicznych do oznaczania odpowiednich substancji, które przenikają do określonego narządu lub podlegającego badaniu miejsca w organizmie. Opracowane zostały złożone urządzenia elektroniczne do wykrywania, zliczania, analizy oraz rejestracji radioaktywności.

Badania wewnętrznych obszarów organizmu, takich jak narząd trawienia czy ścianki oskrzeli w tzw. endoskopii lub bronchoskopii dokonuje się przy pomocy bezpośredniej obserwacji wizualnej. Istotny postęp w tej dziedzinie został dokonany przez wprowadzenie giętkich włókien optycznych i miniaturyzację sprzętu optycznego. Na przykład w urządzeniach japońskich na końcu przewodu był umieszczany zminiaturyzowany aparat filmowy.

W ostatnich latach obserwuje się duże zainteresowanie zastosowaniem ultradźwięków tak w diagnostyce jak i w terapii. Umożliwiają one wykrywanie nowotworów, obserwacje płodu, badanie oka, ruchów serca, pomiaru przepływu krwi oraz mogą być używane do badania struktur wewnątrzczaszkowych.

Otrzymywanie "mapy termicznej" powierzchni ciała czyli tzw. termografia pozwala na wykrywanie chorób nowotworowych /wiele z nich powoduje lokalne podwyższenie temperatury/ oraz anomalii w krążeniu. Opracowano detektory półprzewodnikowe promieniowania ciepłego pozwalające na dokładny pomiar temperatury badanej powierzchni.

KONTROLA

Istnieją przypadki, np. podczas operacji chirurgicznej, w stanach pooperacyjnych lub wymagających wzmożonej opieki lekarskiej, kiedy w sposób ciągły należy kontrolować podstawowe parametry określające stan pacjenta. Do nich należy temperatura, oddech, EKG, ciśnienie krwi jak również parametry dodatkowe odnoszące się do indywidualnych schorzeń pacjenta. Aparatura powinna stale rejestrować odpowiednie pomiary oraz informować personel szpitalny o stanach odbiegających od założonych norm, poprzez sygnały świetlne i akustyczne. Aparaturę kontrolną powinna cechować bardzo wysoka niezawodność działania.

PROTEZY

Do grupy protez zaliczamy różnego typu sztuczne narządy i urządzenia do zastępowania funkcji biologicznych.

Biomechanika zajmuje się nie tylko pomiarami parametrów ruchu człowieka, lecz również przy współpracy z ortopedami, budową urządzeń protetycznych dla upośledzonych fizycznie. Skonstruowano szereg "sztucznych nóg" i "sztucznych rąk". Złożone systemy sztucznych kończyn wymagają napędów elektrycznych lub pneumatycznych. Ostatnio "sztuczne ręce" są częściowo sterowane przy pomocy sygnałów elektromiograficznych. Do grupy tej zaliczyć można również sterowane wózki inwalidzkie przy pomocy sygnałów mechanicznych, elektrycznych, świetlnych, cieplnych i akustycznych.

Dalszy rozwój obserwujemy w miniaturyzacji elektronicznych aparatów słuchowych oraz pomocach technicznych dla niewidomych.

Bardzo rozwinięty się prace nad sztucznymi stymulatorami pracy serca, mechanicznymi zastawkami sercowymi oraz pierwsze próby konstrukcji sztucznego serca, z którym przeprowadzono próby na zwierzętach.

Wśród urządzeń do czasowego zastępowania narządów wewnętrznych na podkreślenie zasługują prace nad sztucznym płucem-sercem, które w czasie operacji chirurgicznej może przejąć zadanie pompowania i natleniania krwi, oraz nad sztuczną nerką. W czasie działania, sztuczna nerka zostaje włączona w szereg z odpowiednią gałęzią układu krążenia pacjenta, a jej zadanie polega na usunięciu w krwioobieg zbędnych składników takich jak kreatynina, mocznik i kwas moczowy. Czas procesu dializy, pozwalający na utrzymanie przy życiu chorych z niewydolnością nerek, trwa wiele godzin tygodniowo. Biegają prace nad automatyzacją procesu i skróceniem czasu dializy oraz miniaturyzacją sztucznych nerek.

PRZETWARZANIE DANYCH

Wraz ze wzrostem liczby pomiarów biomedycznych i stopnia ich złożoności, wynikała potrzeba przetwarzania otrzymanych danych w taki sposób, aby informacja wynikowa była przedstawiona w postaci nadającej się do natychmiastowej i jednoznacznej interpretacji. Do przetwarzania i analizy danych biomedycznych mogą być wykorzystane zarówno urządzenia wyspecjalizowane jak i odpowiednie programy dla maszyn cyfrowych.

Analiza kształtu krzywych elektrokardiogramu pozwala na wyodrębnienie istotnych cech przebiegów, takich jak graniczne wartości

impulsów lub odstępy między impulsami. Dokonuje się zatem uproszczenia badanego wykresu, oddzielenia sygnałów użytecznych od zakłóceń i skojarzenia wyników z warunkami klinicznymi. Współczesna analiza elektroencefalogramów stosuje filtrowanie cyfrowe dla wydzielenia różnych rytmów przebiegów przy zastosowaniu cyfrowych maszyn matematycznych.

Obszerna dziedzina cybernetyki związana z rozpoznawaniem obrazów znalazła również zastosowanie np. przy analizowaniu zdjęć rentgenowskich czy obrazów z mikroskopu elektronowego. Jest konieczne, aby każdy wybrany bit informacji był wyraźnie określony. Wynik analizy obrazu jest następnie wprowadzany do maszyny cyfrowej. Obiekt może być analizowany np. na zasadzie zmian gęstości optycznej, a otrzymany wynik jest porównywany z informacją o znormalizowanym obiekcie przechowywaną w maszynie cyfrowej. Metodę tę stosujemy tam, gdzie mamy do zanalizowania wielką liczbę obiektów, lub gdzie analiza jest bardzo pracochłonna jak np. przy analizie kształtów chromosomów.

Z uwagi na fakt, że większość pomiarów biologicznych ma charakter ciągły, istotne jest opracowanie urządzeń do graficznego przedstawienia wyników zarówno przed ich przetworzeniem jak i po przetworzeniu danych przez maszynę cyfrową.

MODELOWANIE

Przy badaniu układów biomedycznych mogą być wykorzystywane zasady opracowane w teorii sterowania, które początkowo ograniczały się wyłącznie do zastosowań technicznych.

Powstała nowa gałąź cybernetyki medycznej zwana bioniką, która zajmuje się opisem matematycznym, a następnie modelowaniem analogowym i cyfrowym, lub analogowo-cyfrowym układów biomedycznych.

Opis matematyczny i jego model elektroniczny w pierwszym przybliżeniu nie konieczne musi być prawdziwym modelem badanego układu biomedycznego. Działanie modelu i jego sprzężeń zwrotnych można następnie zmieniać przez odpowiednie dopasowanie parametrów liczbowych i kolejnych porównań z danymi doświadczalnymi. W ten sposób hipoteza może być sprawdzona teoretycznie, a symulowany model dopasowany do posiadanych danych doświadczalnych.

Modelowanie dotyczy m.in. wybranych odcinków układu nerwowego takich jak droga wzrokowa lub sterowanie mięśniami rąk.

Zrozumienie działania układów biologicznych pozwala z kolei technikom na budowanie systemów sterowania opartych na nowych zasadach. I tak np. modelowanie drogi wzrokowej przyczyniło się do budowy czytnika tekstów dla przemysłu poligraficznego w oparciu o nowe koncepcje rozpoznawania liter i cyfr.

DOKUMENTACJA I DIAGNOSTYKA

Coraz szerzej prowadzone są prace nad wykorzystaniem maszyn matematycznych do przechowywania wielkiej liczby danych o pacjentach i szybkiego wyszukiwania żądanych informacji spośród tych danych. Wyniki tych prac pomogą również w ustaleniu diagnozy na podstawie korelacji z objawami choroby. Opracowano również wyspecjalizowane urządzenia cyfrowe dla diagnostyki np. chorób przewodu pokarmowego czy układu krążenia.

Metody te mogą szeroko przyjąć się w praktyce, co będzie wymagało pewnej reorganizacji sposobu rejestracji danych o pacjentach oraz ujednoczenia terminologii.

PERSPEKTYWY ROZWOJU

Dalszy rozwój cybernetyki medycznej uzależniony jest od postępu techniki pomiarowej poprzez stworzenie możliwości pomiarów znacznie większej liczby parametrów oraz od zwiększenia ich dokładności i niezawodności. Przy czym metody pomiarowe powinny być dalej udoskonalane, tak aby nie były związane z bólem lub ryzykiem dla pacjenta. Przewiduje się coraz szerszy udział techniki laserowej nie tylko w chirurgii oka lecz również w technice pomiarowej.

Nowobudowane protezy powinny coraz wierniej spełniać funkcje biologiczne narządów, które zastępują.

Następnym etapem rozwoju cybernetyki medycznej będzie prawdopodobnie prognozowanie wyników różnych metod leczenia pacjenta.

Organizm ludzki stanowi niezwykle skomplikowany hierarchiczny system sterowania i należy się spodziewać, iż obecnie podejście do zagadnienia prognozowania opierając się jedynie na określonych pomiarach nie da zadowalających wyników.

Można w związku z tym przypuszczać, że coraz większe zastosowanie znajdą tu techniczne metody polegające na zadawaniu badanemu systemowi określonych zakłóceń i następnie obserwacji funkcji odpowiedzi.

Technika stała się niezbędnym elementem wiedzy medycznej i posiada coraz większe znaczenie w ogólnej służbie zdrowia. Prezydium Polskiej Akademii Nauk powołało w bieżącym roku Komitet Inżynierii Biomedycznej przy Wydziale IV Nauk Technicznych, do którego zadań należy koordynowanie i rozwijanie badań w dziedzinie cybernetyki biomedycznej w kraju.

SZTUCZNA INTELIGENCJA, ROBOTY ORAZ INNE ZASTOSOWANIA CYBERNETYKI

1. Sztuczna inteligencja

Badania naukowe nad tak zwaną "sztuczna inteligencja" /termin angielski - artificial intelligence, machine intelligence, termin rosyjski - iskusztwiennyj intielliekt/ rozpoczęły się niespełna 20 lat temu jako rezultat badań mających na celu "złożone przetwarzanie informacji" w maszynach cyfrowych, czyli programowanie maszyn cyfrowych dla rozwiązywania zadań nienumerycznych. Prace z tego zakresu zapoczątkowane zostały na Uniwersytecie Carnegie, w MIT i Uniwersytecie w Stanford. Do pionierów badań w tej dziedzinie należą Allen Newell i Herbert A. Simon. Prace rozpoczęły się od prób stworzenia programów dla automatycznego dowodzenia prostych twierdzeń z zakresu logiki oraz programów dla automatycznej gry w szachy czy warcaby.

Badania nad sztuczną inteligencją prowadzone są obecnie w wielu krajach przez liczne zespoły badawcze. Szczególnie intensywnie rozwijane są one w Stanach Zjednoczonych, Związku Radzieckim i w Anglii. Do wiodących ośrodków badawczych należą następujące środowiska naukowe - w Stanach Zjednoczonych: Uniwersytet Cyrnogie, MIT, Uniwersytet w Stanford, Uniwersytet Case Western Reserve; w Związku Radzieckim: Instytut Cybernetyki w Kijowie, Instytut Problemów Sterowania w Moskwie, Uniwersytet Moskiewski; w Anglii: Uniwersytet w Edinburgh.

Problematyce tej poświęcono już wiele konferencji i sympozjów międzynarodowych, a od 1970 roku zaczęło się ukazywać międzynarodowe czasopismo z tego zakresu "Artificial Intelligence".

Badania nad sztuczną inteligencją mają dotychczas w głównej

mierze charakter prac doświadczalnych, aczkolwiek ukazują się już obecnie i publikacje o charakterze teoretycznym oraz prace zmierzające do pewnego scalania wyników.

Wśród naukowców zajmujących się tą dziedziną cybernetyki stosowanej nie ma jednomyślności co do rozległości przedmiotu i zakresu badań tej specjalności; brak jest również bardziej uściślonych definicji. Sprawa jest o tyle ważna, że istnieją dziedziny cybernetyki stosowanej bardzo ściśle związane z dziedziną sztucznej inteligencji, a przez niektórych autorów wprost włączane do tego obszaru badań. Chodzi tu mianowicie o badania z zakresu rozpoznawania obrazów, bioniki, robotów itp. Osobiście podzielam pogląd tych uczonych, którzy uważają, że głównym przedmiotem badań poświęconych sztucznej inteligencji jest dziedzina badania i automatyzacji procesów rozwiązywania zadań złożonych, tzn. takich zadań, dla rozwiązania których konieczne jest zastosowanie metod heurystycznych. Proces rozwiązywania zadania można traktować jako ciąg transformacji przekształcających stan wyjściowy zadania w stan końcowy /rozwiązanie/ zadania.

Pierwszą wstępną próbą opracowania stosunkowo uniwersalnej metody programowania heurystycznego był opracowany przez A. Newella i H. Simona tak zwany Uniwersalny Program Rozwiązujący /GPS/. Stan początkowy zadania, stan końcowy procesu rozwiązywania zadania, jak i stany pośrednie nazywają się w tej metodzie obiektami; przekształcenia stanów procesu rozwiązywania zadania realizuje się przez odpowiednie zastosowanie operatorów. Zakłada się ponadto możliwość określania różnicy między obiektami. Program GPS realizuje proces rozwiązywania zadania poprzez określenie odpowiednich podcelów, rozwiązanie których prowadzi do rozwiązania zadania pełnego.

Zakłada się, że w procesie rozwiązywania zadania mogą wystąpić trzy rodzaje podcelów: 1/ znaleźć sposób przekształcenia jednego obiektu w drugi; 2/ zmniejszyć różnicę między dwoma obiektami; 3/ użyć do jednego z obiektów pewnego operatora. W zależności od podcelu stosuje się rozmaite procedury.

Programowanie heurystyczne w początkowym okresie stosowane było do takich problemów jak gry, dowodzenie twierdzeń, całkowanie itd., co wynikało głównie ze względnej prostoty i dość dobrego

opisu tych problemów i z tego, że badania te miały raczej charakter wstępny.

Obecnie pojawiają się coraz częściej prace z zakresu zastosowań programowania heurystycznego m.in. do zagadnień sterowania operatywnego.

Przykładem zastosowania programowania heurystycznego jest program gry w szachy lub warcaby.

Proces gry można graficznie przedstawić w postaci grafu drzewa. Wychodząc ze stanu początkowego gry, poprzez tworzenie odpowiednich rozgałęzień na każdym etapie /ruchu/ gry, otrzymujemy wraz z ilością etapów /ruchów/ coraz bardziej złożone drzewo. Jako miarę złożoności można przyjąć ilość gałęzi w drzewie. Analiza wszystkich możliwych rozgałęzień na przykład w drzewie gry w warcaby wymaga zbadania około 10^{40} wariantów, co nawet przy założeniu 3 analiz wariantów w ciągu 1 n-sek / 10^{-9} sek/ daje czas ogólny analizy 10^{22} lat; przy grze w szachy mamy aż 10^{120} możliwych wariantów.

Wymienione tu gry są przykładem rozwidlającego się procesu rozwiązywania zadań; zastosowanie programowania heurystycznego w tym przypadku sprowadza się do wprowadzenia funkcji oceny, która wykorzystywana jest do wyboru odpowiednich decyzji na każdym etapie gry.

Jak wiadomo, nie tylko z prasy fachowej, opracowano szereg programów gry w szachy a także przeprowadzono na ich podstawie grę między maszynami /np. między maszyną cyfrową programowaną w Instytucie Fizyki Teoretycznej i Stosowanej w Moskwie i maszyną programowaną w Uniwersytecie w Stanford/.

Proces dowodzenia twierdzeń można także przedstawić graficznie w postaci grafu-drzewa, w początku którego umiejscowione jest wyrażenie podlegające dowodowi. Osiągnięcie tego punktu jest celem procesu dowodzenia, który przebiega od wierzchołka drzewa /aksjomaty i twierdzenia poprzednio udowodnione/ do jego początku.

Przykładem zastosowania sztucznej inteligencji dla automatyzacji prostych lecz żmudnych prac badawczych jest program DENDRAL, który służy do dowodzenia hipotez o strukturach molekuł organicznych w oparciu o dane ze spektrometru masowego.

Badania w zakresie sztucznej inteligencji wymagają odpowiednio dostosowanych maszyn cyfrowych /b. duże pamięci wewnętrzne/

oraz zużywają bardzo dużo czasu maszyny, dlatego też mogą być prowadzone w ośrodkach posiadających nowoczesne rozbudowane systemy obliczeniowe. Brak dotychczas takich ośrodków w kraju powoduje, że badania z tej dziedziny miały charakter wstępny, teoretyczny, metodyczny czy też przeglądowy. Problematyka automatyzacji procesów rozwiązywania zadań złożonych referowana była w 1967 roku na I Krajowym Sympozjum Cybernetyki Technicznej.

Badania nad sztuczną inteligencją mimo bardzo jeszcze wstępnego, poznawczego charakteru mają duże znaczenie dla zastosowań cybernetyki w praktyce. Złożoność zadań występujących czy to w zadaniach sterowania systemami wielkimi, czy też przy automatyzacji prac badawczych wymaga jako reguły stosowania programów operacyjnych o heurystyczne metody poszukiwania rozwiązań.

Wydaje się, że należałoby już teraz rozwinąć w kraju szersze badania doświadczalne z tego zakresu: predysponowanymi do tego typu badań ośrodkami są: Instytut Cybernetyki Stosowanej PAN, Centrum Obliczeniowe PAN jak również ośrodki obliczeniowe wyższych uczelni.

2. Roboty

R o b o t y stały się przedmiotem badań naukowych dopiero około 10 lat temu. Jedną z istotnych motywacji rozwoju tych badań była konieczność podjęcia prac nad budową urządzeń automatycznych lub zdalnie sterowanych do badania powierzchni ciał kosmicznych, w szczególności księżyca.

Jak wiadomo, radziecki zdalnie sterowany robot o nazwie "Łunochod" przez wiele miesięcy badał powierzchnię księżyca, a pobieranie próbek gruntu księżycowego przez radzieckie stacje automatyczne także zostało wykonane przez odpowiednio skonstruowane roboty.

Roboty znalazły także pewne zastosowanie w pracach podwodnych a ponadto coraz częściej zaczynają być stosowane w przemyśle.

Dotychczas budowane roboty są to w większości przypadków automatyczne urządzenia ruchowe składające się z urządzeń pomiarowo-czujnikowych, silników wykonawczych oraz mniej lub bardziej złożonych urządzeń przetwarzania informacji od prostych elementów logicznych po całe maszyny cyfrowe.

Zadaniem robota jest wykonywanie operacji ruchowych czy to na rozkaz zdalny człowieka, czy też na podstawie decyzji generowanych przez wewnętrzne urządzenia sterujące.

Roboty, które obecnie są przedmiotem intensywnych badań w wielu krajach, są to mechanizmy sterowane wewnętrznym komputerem, działające w otoczeniu rzeczywistym w autonomiczny a jednocześnie odpowiednio "inteligentny" sposób. Roboty takie muszą być wyposażone w czujniki posiadające własności rozpoznawania obrazów, sygnałów czy sytuacji oraz w wewnętrzne urządzenia przetwarzania informacji posiadające zdolność rozwiązywania zadań. Ta ostatnia cecha silnie wiąże badania z zakresu robotów i sztucznej inteligencji, z tym, że badania nad robotami muszą obejmować również badania z dziedziny rozpoznawania oraz ruchu /mobilności/.

Badania z zakresu robotów mają głównie charakter doświadczalny, wymagają kosztownych urządzeń i maszyn cyfrowych oraz są bardzo prac- i czasochłonne; znajdują się więc nadal na wstępnym etapie rozwoju.

W Polsce badania z zakresu robotów zintegrowanych nie były jeszcze prowadzone; ograniczono się tylko do prac nad biomanipulatorami i bioprotezami, które to prace opisano w innym miejscu referatu.

3. Rozpoznawanie obrazów

Przez rozpoznawanie obrazów lub postaci rozumie się w cybernetyce teorię i technikę semantycznej klasyfikacji sygnałów dowolnej natury fizycznej na podstawie ich cech - obserwowalnych i mierzalnych. Przykładem rozpoznawania obrazów może być rozpoznawanie liter lub prostych znaków graficznych niezależnie od ich rozmia-

rów, ustawienia w polu widzenia lub kroju, rozpoznawanie dźwięków mowy niezależnie od barwy głosu mówiącego lub od natężenia dźwięku itp. Istotne jest przy tym, że przy rozpoznawaniu obrazów idzie nie tyle o odróżnienie sygnałów ze względu na różnice zewnętrzne, łatwo uchwytnie cechy mierzalne, lecz o odróżnienie ich ze względu na przypisywane sygnałom wartości znaczeniowe. W problemie rozpoznawania występują zatem dwa blisko ze sobą związane zagadnienia: 1/ zdefiniowanie klasy podobieństwa sygnałów przyporządkowanej temu samemu desygnatowi, czyli sformalizowanie pewnego "pojęcia"; 2/ synteza algorytmu, czyli reguły, według której każdemu sygnałowi można przyporządkować jednoznacznie klasę podobieństwa z możliwie niską miarą błędu klasyfikacji.

Rozpoznawanie obrazów rozwija się dziś częściowo niezależnymi drogami. Kierunek, zwany bionicznym, zmierza do stworzenia fizycznych makromodeli wyspecjalizowanych ośrodków centralnego systemu nerwowego możliwie adekwatnych do obserwowalnej rzeczywistości, zbadania własności takich modeli i wykorzystania wykrytych na tej drodze praw ich zachowania się do budowy urządzeń rozpoznających.

Drugi kierunek w teorii rozpoznawania obrazów, zwany kierunkiem algorytmicznym lub programowym, traktuje rozpoznawanie jako szczególnie przypadek podejmowania decyzji na podstawie obserwowalnych danych, a urządzenia rozpoznające - jako wyspecjalizowane urządzenia liczące przeznaczone do realizacji odpowiednich algorytmów decyzyjnych. W nowoczesnych rozwiązaniach szeroko wykorzystuje się do tego celu uniwersalne maszyny liczące, które wyposaża się jedynie w urządzenia peryferyjne umożliwiające wprowadzenie odpowiednich sygnałów do maszyny cyfrowej w postaci kodu cyfrowego. Zależnie od formalnych własności sygnałów algorytmiczna teoria rozpoznawania obrazów korzysta z metod geometrii, statystyki matematycznej, konstruktywnej teorii funkcji, wreszcie algebry i lingwistyki formalnej. Ten ostatni kierunek wydaje się dziś szczególnie obiecujący.

W zastosowaniach praktycznych układy rozpoznawania obrazów traktowane są najczęściej jako część składowa niektórych systemów informacyjnych, w których zachodzi konieczność automatycznego przekształcenia informacji zadanej w postaci zdjęć, rysunków, zbiorów danych pomiarowych itp. w postaci kodu cyfrowego nadającą się do wykorzystania w maszynie cyfrowej. Jako przykład można tu wymienić

systemy automatycznego opracowywania danych doświadczalnych: fotografii śladów cząstek elementarnych w badaniach fizycznych, fotografii komórek lub tkanek, rentgenogramów i radiogramów, próbek pisma, zdjęć traseologicznych itp. Drugą grupę zastosowań stanowią systemy diagnostyczne: techniczne, lekarskie, systemy opracowywania wyników badań geologicznych, systemy opracowywania prognoz meteorologicznych, prognoz zanieczyszczenia środowiska itp. Grupę trzecią stanowią systemy rozpoznawania dźwięków mowy zarówno w celu bezpośredniego wprowadzania informacji podawanej głosem do maszyn liczących, jak i dla celów identyfikacji osób na podstawie próbek ich głosu, itp.

Badania w zakresie rozpoznawania obrazów prowadzone są w Polsce od ok. 8 lat przez szereg ośrodków, przy czym przez długi okres miały one charakter rozproszonych, nieskoordynowanych poczynań, nastawionych raczej na uzyskanie przyczynków teoretycznych. Aktualnie najbardziej zaawansowane są prace badawcze prowadzone w Instytucie Cybernetyki Stosowanej PAN, gdzie opracowano wersję prototypową systemu rozpoznawania tekstów drukowanych opartego na zasadach bionicznych, system wprowadzania informacji graficznej do maszyny cyfrowej ODRA 1204 i maszynowego rozpoznawania obrazów mikroskopowych wraz z językiem PICTURE ALGOL służącym do programowania algorytmów przetwarzania informacji obrazowej przy pomocy maszyny cyfrowej. Prowadzone są także badania nad rozpoznawaniem zgłosek mówionych oraz nad akustyczną diagnostyką niektórych schorzeń układu oddechowego u dzieci. Badania w dziedzinie automatycznej diagnostyki lekarskiej prowadzone są także przez inne ośrodki naukowe w kraju, wśród których można przykładowo wymienić Uniwersytet Łódzki lub Śląską Akademię Medyczną.

Wydaje się, że badania w dziedzinie rozpoznawania obrazów powinny być nadal rozwijane ze względu na ich znaczenie praktyczne i ważne konsekwencje teoretyczne. Dla właściwego rozwoju takich badań niezbędne jest także zainteresowanie i pomoc ze strony potencjalnych odbiorców metod i systemów automatycznego rozpoznawania obrazów, których udział w fazie opracowania programów użytkowych staje się praktycznie nieodzowny.

4. Bionika

Ogromna złożoność zadań stojących przed cybernetyką powoduje, że pomimo stosowania stale rozwijających się metod matematycznych i nowoczesnej techniki obliczeniowej, szereg ważnych zadań nie może być rozwiązane metodami, które rozwinęły się w technice klasycznej.

Istotne trudności napotykamy na przykład przy ustalaniu ogólnej struktury układów informacyjno-decyzyjnych i złożonych układów sterowania; podobnie wydobywanie informacji potrzebnej do podjęcia decyzji, spośród ogromnej ilości danych docierających do systemu informacyjnego, napotyka na trudności koncepcyjne. W tego typu przypadkach korzystać możemy, i w coraz większym stopniu korzystamy, z metod bionicznych umożliwiających rozwiązywanie szeregu problemów technicznych na podstawie analogii z odpowiednimi rozwiązaniami obserwowanymi w organizmach żywych.

Szczególnie intensywnie rozwijają się prace bioniczne w dziedzinie procesów przetwarzania informacji i podejmowania decyzji mających więc ścisły związek z cybernetyką stosowaną zarówno techniczną jak i biologiczną. Stosunkowo szybki postęp jaki obserwuje się w ostatnim okresie w dziedzinie badania struktury i funkcji systemu nerwowego z jednej strony dostarcza szeregu interesujących i ważnych danych wyjściowych do opracowania koncepcji i projektowania układów informacyjno-decyzyjnych oraz złożonych układów sterowania, a z drugiej strony stwarza konieczność wykorzystania metod matematycznych i nowoczesnych urządzeń technicznych do analizy, modelowania i weryfikowania hipotez dotyczących różnych aspektów działania systemu nerwowego.

Na obecnym etapie najbardziej rozwinięte są prace w dziedzinie modelowania procesów w drodze wzrokowej a więc dotyczącej przetwarzania informacji obrazowej. Nie chodzi tu o bezpośrednie zastosowanie uzyskanych z biologii danych w urządzeniach technicznych rozpoznających obrazy a szczególnie litery, ale o zastosowanie pewnych zasad kolejnego wydobywania informacji o cechach obrazów, co prowadzi do konstrukcji urządzeń technicznych prostszych i tańszych od dotychczas stosowanych urządzeń do czytania tekstów.

Interesujące wyniki uzyskuje się przy badaniu poszczególnych układów sterowania procesami w organizmach żywych. Oprócz oczywistego znaczenia biologicznego i medycznego wykryte struktury, na ogół o charakterze hierarchicznym, odznaczają się pewnymi możliwościami ważnymi dla zastosowań technicznych. Tak na przykład struktura systemu sterowania zespołem mięśni może pracować przy różnych kryteriach optymalności w zależności od decyzji podjętej przez układ nadrzędny.

Niewątpliwie dużego znaczenia nabierają prace w dziedzinie modelowania i analizy procesów uczenia się. Stosunkowo proste na pierwszym etapie koncepcje modelowania klasycznych odruchów warunkowych rozwinęły się ostatnio w takim stopniu, że umożliwiają sugerowanie nietrywialnych rozwiązań układów uczących się. Dzięki procesowi uczenia się i rozpoznawania sytuacji można spowodować, że układ sterujący osiągnie optymalny punkt pracy /po odpowiednim procesie uczenia/ w czasie znacznie krótszym niż przy procedurze bez uczenia się.

Jeszcze ważniejsze zastosowanie procesów uczenia się przewiduje się np. w dziedzinie budowy urządzeń do automatycznego wyszukiwania informacji na podstawie jej treści merytorycznej. Dotyczyć to może informacji patentowych, danych potrzebnych do podjęcia decyzji medycznych itp. Należy podkreślić, że chodzi tu nie tylko o ustalenie odpowiednich algorytmów dla maszyn cyfrowych, ale również o zaproponowanie pewnych asocjacyjnych struktur sieciowych, które są prawdopodobnie znacznie lepiej przystosowane do tego typu zadań od klasycznych maszyn cyfrowych, w których poszczególne operacje dokonywane są na ogół w sposób szeregowy.

Coraz szersze obecnie stosowanie obwodów scalonych, przy ich rozsądnej cenie rynkowej porównywalnej z cenami na rynkach światowych stwarza możliwości konstruowania dużych sieci neuropodobnych, których własności niekiedy trudno obecnie przewidzieć. Powstają już bowiem dostateczne przesłanki wskazujące na celowość modelowania pewnych czynności psychicznych mózgu zwierząt wyższych a w tym człowieka. Powinno to doprowadzić do konstrukcji urządzeń zastępujących człowieka w innych czynnościach umysłowych, niż procesy dokonywania obliczeń według algorytmu.

W Polsce prace w dziedzinie bioniki prowadzone były głównie w Zakładzie Bioniki ICS PAN i dotyczyły trzech zagadnień:

- Struktury sterowania mięśniami - zmodelowano tu wieloobwodową strukturę sterowania parą mięśni i zbadano warunki jej optymalnej pracy.
- Modelowania procesów warunkowania zarówno klasycznego jak i instrumentalnego w wyniku czego wykryto pewne zasady tworzenia prostych struktur uczących się.
- Badania własności analizatora wzrokowego i metod przetwarzania informacji obrazowej co doprowadziło do zaproponowania i częściowej już realizacji automatycznego czytnika tektów.

POTENCJAŁ NAUKOWO-BADAWCZY

Prace w dziedzinie nauk cybernetycznych są w Polsce rozwijane w dość licznych placówkach Polskiej Akademii Nauk i szkolnictwa wyższego; prace stosowane prowadzi się także w placówkach naukowo-badawczych przemysłu.

Na czoło pod względem posiadanego potencjału wysuwa się Instytut Cybernetyki Stosowanej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, w którym ok. 200 pracowników naukowych zajmuje się problematyką teoretyczną cybernetyki oraz jej zastosowaniami do kompleksowego sterowania procesami technologicznymi, do przetwarzania informacji oraz do celów biomedycznych. Spora grupa badaczy zajmuje się w tym Instytucie problemami sterowania w systemach ekonomicznych, a inna silna grupa - elementami dla automatyzacji procesów przemysłowych.

Drugim ważnym ośrodkiem PAN jest Zakład Systemów Automatyki Kompleksowej w Gliwicach, liczący ok. 30 pracowników, którzy prowadzą prace nad identyfikacją procesów technologicznych, algorytmami ich sterowania oraz programowaniem cyfrowych maszyn sterujących. Prace te charakteryzują się ścisłym powiązaniem z jednostkami przemysłowymi; wchodzi one w całości w skład problemu węzłowego Ob.1.2 "rozwój systemów automatyki kompleksowej".

Ważne dla rozwoju nauk cybernetycznych są prace prowadzone w Instytucie Matematycznym PAN; działa tu grupa matematycznej teorii sterowania oraz grupa metod matematycznych ekonomii, obie te grupy skupiają wokół siebie licznych młodych matematyków; dobre są ich kontakty z inżynierami, nieco mniej intensywne - z ekonomistami.

Centrum Obliczeniowe PAN, obok licznych innych prac, prowadzi również tematy wchodzące w zakres nauk cybernetycznych; grupa badaczy liczy tu kilkanaście osób i ma znaczne osiągnięcia.

Niektóre problemy cybernetyki ekonomicznej i problemy systemów zarządzania są rozwijane w Zakładzie Nauk Ekonomicznych PAN i w Zakładzie Prakseologii PAN, przez kilkusobowe grupy pracowników naukowych.

W szkolnictwie wyższym najlepiej rozwinięta jest działalność naukowa wchodząca w zakres teorii sterowania oraz zastosowań technicznych cybernetyki. Prowadzą ją specjalistyczne instytuty uczelniane w Politechnice Warszawskiej, Wrocławskiej, Śląskiej, Gdańskiej, Łódzkiej, Poznańskiej oraz w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Prócz tego, zagadnieniami sterowania i automatyzacji zajmują się pracownicy instytutów innych specjalności, jak energetyki, inżynierii chemicznej, górnictwa, hutnictwa i innych. Łączny potencjał kadrowy wyższych uczelni w dziedzinie cybernetyki technicznej wynosi 400-500 pracowników naukowo-dydaktycznych, przy czym jest on nierównomiernie rozłożony na poszczególne dziedziny.

Cybernetyka techniczna jest także dziedziną pracy naukowej dużej grupy badaczy w Wojskowej Akademii Technicznej; ze środowiska tego wyszło wiele cennych prac teoretycznych, niezależnie od prac o zastosowaniach ważnych dla obronności kraju.

Całkowity potencjał naukowy placówek PAN i szkolnictwa wyższego w naukach cybernetycznych jest rzędu jednego tysiąca badaczy - nie jest to wiele, jeśli zważyć rozproszenie tego potencjału i szerokość samej dziedziny, a zwłaszcza jej zastosowań. Wiele spośród pracujących grup jest zaledwie kilkusobowych, co niemal przekreśla możliwość uzyskania wyników w formie i zakresie umożliwiającym ich zastosowanie. Wiele też ośrodków, jeśli nie wszystkie, nie posiada dobrego wyposażenia bądź dostępu do nowoczesnych środków obliczeniowych, a niekiedy nawet do literatury.

Przyrost jakościowy kadry naukowej można zmierzyć liczbą uzyskiwanych stopni doktora; w najbliższych latach będzie to 40-60 doktoratów rocznie we wszystkich dziedzinach nauk cybernetycznych łącznie; znowu nie jest to wiele. Pewną poprawę wnoszą tu studia doktoranckie, prowadzone zarówno w PAN jak w paru uczelniach wyższych.

Jeśli placówkom PAN i szkolnictwa przypisać zadanie prowadzenia prac podstawowych i prac stosowanych, to placówkom naukowo-badawczym przemysłu przypadną głównie prace rozwojowe i wdrożeni-

niowe, w tym zakresie najlepsza sytuacja panuje w dziedzinie technicznych zastosowań cybernetyki; działa tu Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Instytut Maszyn Matematycznych oraz jednostki branżowe - na przykład w dziedzinie górnictwa, hutnictwa, energetyki i innych. Zaplecze dla zastosowań w ekonomice i zarządzaniu jest znacznie skromiejsze; działa tu głównie Instytut Planowania i nieliczne grupy pracowników w takich ośrodkach jak Instytut Organizacji Przemysłu Maszynowego, Instytut Organizacji i Mechanizacji Budownictwa.

PROBLEMY WĘZŁOWE I RESORTOWE
ORAZ KOORDYNACJA BADAŃ Z ZAKRESU NAUK CYBERNETYCZNYCH

Badania z zakresu nauk cybernetycznych prowadzone są w wielu problemach węzłowych i jednym problemie resortowym PAN. Problem resortowy PAN-2 o nazwie: PODSTAWOWE ZAGADNIENIA CYBERNETYKI STOSOWANEJ koordynowany przez Instytut Cybernetyki Stosowanej PAN poświęcony jest w całości badaniom cybernetycznym.

W ramach tego problemu prowadzone są między innymi prace:

- a/ nad naukowymi podstawami tworzenia wybranych systemów cybernetycznych, w szczególności nad algorytmizacją zakładów produkcyjnych i branż przemysłowych jako zintegrowanych systemów cybernetycznych włączających podsystemy techniczne, ekonomiczne i społeczne,
- b/ budową modeli wybranych maszyn i urządzeń cybernetycznych o złożonej strukturze, w szczególności urządzeń wprowadzania i rozpoznawania złożonych sygnałów /np. znaków i obrazów/ jak i urządzeń z zakresu biocybernetyki,
- c/ ogólnych podstaw teoretycznych cybernetyki w szczególności teorii sterowania rozwojem, teorii sterowania systemami wielkimi itd.

Badania w ramach problemu resortowego PAN-2 prowadzone są w Instytucie Cybernetyki Stosowanej PAN oraz Centrum Obliczeniowym PAN, przewiduje się udział w tym problemie Zakładu Systemu Automatyki Kompleksowej i placówek szkolnictwa wyższego.

Ogólne nakłady na problem w latach 1971-75 szacuje się na ok. 100 mln złotych.

W ramach problemu węzłowego 06.1.1 o nazwie: "Rozwój metod matematycznych i ich zastosowania, w szczególności w zakresie metod numerycznych, teorii algorytmów oraz teorii prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej" koordynowanego przez Instytut Matematycz-

ny PAN, prowadzone są prace z zakresu problemów optymalnego sterowania, badań operacyjnych i wielkich systemów, jak i prace z zastosowania metod matematycznych w ekonomii i zarządzaniu. Powyższe prace wchodzi w dużej części w zakres nauk cybernetycznych. W pracach tych bierze udział Instytut Matematyczny PAN, Centrum Obliczeniowe PAN, Instytut Cybernetyki Stosowanej PAN oraz placówki szkolnictwa wyższego.

Problem węzłowy 06.1.2 o nazwie: ROZWÓJ SYSTEMÓW AUTOMATYKI KOMPLEKSOWEJ koordynowany przez Zakład Systemów Automatyki Kompleksowej PAN w Gliwicach jest merytorycznie ściśle związany z naukami cybernetycznymi. Problem ten w znacznej części dotyczy konkretnych zastosowań maszyn cyfrowych do sterowania wybranych procesów w wybranych zakładach produkcyjnych, zawiera on także w pewnej części badania naukowe bezpośrednio wchodzące w zakres nauk cybernetycznych, dotyczy to w szczególności badań z zakresu automatyzacji projektowania inżynierskiego.

Ogólne nakłady na powyższy problem sięgają 900 mln. złotych.

Problem węzłowy 06.1.3 o nazwie: "Rozwój zastosowań informatyki /elektronicznego przetwarzania danych/ w wybranych dziedzinach systemu państwowego" koordynowany przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Informatyki jest merytorycznie ściśle związany z naukami cybernetycznymi. Nauki cybernetyczne stanowią podstawę naukową dla wdrażania systemów informatyki.

W ramach tego problemu rozwiązywane są tak ważne zagadnienia jak optymalizacja obliczeń naukowo-technicznych i projektowych, organizacja logiczna systemów cyfrowych oraz metody budowy i analizy systemów operacyjnych i zarządzających dla tych systemów. Przy opracowaniu tego problemu uczestniczy Centrum Obliczeniowe PAN.

Problem węzłowy 09.4.1 "Struktura i funkcja układu nerwowego" koordynowany przez Instytut Biologii Doświadczalnej PAN obejmuje zagadnienia stanowiące jeden z podstawowych elementów nauk cybernetycznych. A mianowicie jednym z celów tego problemu jest poznanie roli mózgu w mechanizmie sterowania zachowaniem dowolnym u ludzi i zwierząt oraz w regulacji podstawowych procesów życiowych organizmu; rozpatrywane są również zagadnienia mechanizmów biologicznych reakcji tkanki nerwowej na działanie czynników uszkadzających. Prowadzone w ramach tego problemu prace dotyczą m.in. budowy sieci nerwopodobnych mających bardzo istotne zastosowanie w

zagadnieniach rozpoznawania. W opracowaniu tego problemu współuczestniczy Instytut Cybernetyki Stosowanej PAN.

Problem węzłowy 11.1.1 "Metody centralnego planowania i zasady funkcjonowania gospodarki" koordynowany przez Instytut Planowania jest również ściśle powiązany z naukami cybernetycznymi. Zagadnienie funkcjonowania gospodarki oraz metody jej doskonalenia stanowią w chwili obecnej bardzo istotny dział cybernetyki. Problem ten obejmuje zastosowanie kompleksowych metod programowania optymalizacyjnego do celu wyboru proporcji rozwojowych oraz opracowanie systemu symulacyjnego rozwoju złożonych kompleksów społeczno-gospodarczych. W opracowaniu zadań tego problemu współuczestniczy Centrum Obliczeniowe PAN.

Wydaje się również, że w ramach koordynacji nauk cybernetycznych byłoby celowe nawiązanie ścisłej współpracy tematycznej z realizatorami problemu węzłowego 11.2.1 "Podstawy przestrzennego zagospodarowania kraju". Rozwijane w ramach cybernetyki zagadnienia sterowania systemami rozwoju wydają się być bezpośrednio powiązane z tą tematyką. Podobnie pożądane byłoby wprowadzenie metod cybernetycznych do rozwiązywania zagadnień objętych problemem resortowym PAN-7 "Zmiany w środowisku geograficznym pod wpływem działalności człowieka", koordynowanym przez Instytut Geografii PAN.

Merytoryczną kontrolę nad całością zagadnień objętych omówionymi problemami węzłowymi i resortowymi sprawuje Komitet Automatyki i Cybernetyki Technicznej PAN.

Założenia stanowiące podstawę realizacji poszczególnych problemów oraz ich kierunki rozwojowe były w większości przypadków omawiane na odpowiednio rozszerzonych posiedzeniach plenarnych tego Komitetu. Ponadto uzyskiwane wyniki są prezentowane na Krajowych Sympozjach Cybernetyki Technicznej również organizowanych przez Komitet. W Sympozjach tych uczestniczą reprezentanci wszystkich dziedzin tworzących cybernetykę. Ponadto organizowane są przez jednostki koordynujące poszczególne problemy seminaria, na których dokonuje się podsumowania uzyskanych wyników oraz dyskutuje dalsze kierunki rozwoju.

POTRZEBY I PRZEWIDYWANE REZULTATY

Rozwój nauk cybernetycznych zapoczątkowany w Polsce z niewielkim opóźnieniem w stosunku do powstania tej dziedziny nauki na świecie przebiegał jednakże w tempie odbiegającym od przeciętnego światowego tempa rozwoju tej dziedziny. Szczególnie szybkiemu rozwojowi cybernetyki stosowanej, który nastąpił w ostatnich pięciu latach w takich krajach jak ZSRR, USA, Francja, NRD itd., nie towarzyszył odpowiednio szybki rozwój tej dziedziny badań w naszym kraju. Wprawdzie w ciągu ostatnich pięciu lat utworzony został na bazie Instytutu Automatyki PAN Instytut Cybernetyki Stosowanej PAN, powstały w kilku politechnikach i w Wojskowej Akademii Technicznej instytuty uczelniane prowadzące badania z zakresu cybernetyki technicznej, jednakże ogólny potencjał kadrowy - szczególnie jeżeli chodzi o kadry wysoko kwalifikowane - jest daleko niewystarczający.

Potrzeby kształcenia kadr naukowych należałoby szacować na około 80-100 doktorów rocznie, z tym, że chodzi tu o kształcenie w zakresie szeroko rozumianych nauk cybernetycznych, w szczególności ostry deficyt kadr naukowych występuje w dziedzinie analizy systemowej, cybernetyki ekonomicznej, bioniki itp.

Nauki cybernetyczne jako nauki o wybitnie interdyscyplinarnym charakterze potrzebują wiele kadr naukowych z dziedzin blisko z cybernetyką związanych, takich jak matematyka, automatyka, informatyka, socjologia, ekonomia, biologia itd., tym niemniej należy kształcić znaczną liczbę specjalistów ściśle w ramach nauk cybernetycznych jako takich.

Oprócz intensywnego kształcenia kadr naukowych należy w najbliższym czasie w przyspieszonym tempie rozwijać istniejące placówki z zakresu nauk cybernetycznych, zarówno działające w Polskiej Akademii Nauk, jak i w wyższych uczelniach.

Biorąc pod uwagę istniejący deficyt kadr naukowych w dziedzinie nauk cybernetycznych powoływanie nowych placówek do roku 1975 wydaje się niecelowe, natomiast należałoby rozwijać badania z tego zakresu w centrach obliczeniowych szkół wyższych i instytutów resortowych oraz placówek przemysłowych.

Konieczna jest radykalna poprawa w zakresie wyposażenia w maszyny cyfrowe istniejących placówek badawczych z dziedziny nauk cybernetycznych. Prowadzenie badań z zakresu cybernetyki stosowanej bez odpowiedniego wyposażenia w maszyny cyfrowe, sprzęt i elementy elektroniczne jest prawie niemożliwe, a przynajmniej mało efektywne.

Rozwój produkcji krajowego sprzętu informatyki, jaki nastąpił w ostatnich latach, oraz perspektywy rozwoju przemysłu elektronicznego stwarzają sytuację znacznie pomyślniejszą dla wyposażenia krajowych badań cybernetycznych w odpowiednią aparaturę, tym niemniej wyposażenie placówek naukowych prowadzących badania z zakresu cybernetyki stosowanej w odpowiednie zestawy specjalnych urządzeń peryferyjnych produkcji zagranicznej jest niezbędne.

Ogólnie rzecz biorąc potrzeby etatowe w skali kraju dla przyspieszonego rozwoju nauk cybernetycznych /bez uwzględnienia potrzeb dziedzin spokrewnionych, jak np. automatyka, informatyka, wynoszą do 1975 r. około 1000 nowych etatów, z tego ok. 400 dla placówek PAN, ok. 300 dla placówek szkolnictwa wyższego i około 300 dla innych placówek badawczych.

Potrzeby finansowe na wyposażenie placówek z zakresu nauk cybernetycznych w maszyny cyfrowe i inne urządzenia można szacować na około 300-400 mil. zł., z tego ok. 10% na zakupy z krajów kapitalistycznych. Potrzeby te w części mieszczą się w nakładach przeznaczonych na problemy węzłowe i problem resortowy PAN, jednakże rozwój nauk cybernetycznych wymaga zwiększenia tych nakładów, tym bardziej, że niedoinwestowanie tych nauk jest znaczne.

Potrzeby rozwojowe nauk cybernetycznych w latach 1975-90 będą przedmiotem opracowań w ramach przygotowań do II Kongresu Nauki Polskiej.

Mimo niedorozwoju nauk cybernetycznych w kraju należy oczekiwać w najbliższych latach istotnych wyników badawczych.

Z zakresu urządzeń cybernetycznych należy oczekiwać między innymi opracowania nowych urządzeń do wprowadzenia informacji obrazowej do maszyn cyfrowych, nowych urządzeń rozpoznających znaki, zbudowania sieci neuropodobnych, opracowania cybernetycznych urządzeń dla potrzeb medycyny.

Z zakresu systemów cybernetycznych należy oczekiwać między innymi opracowania metod modelowania na maszynach cyfrowych zakładów produkcyjnych i branż przemysłowych oraz opracowania metod sterowania tymi zakładami i branżami.

Należy oczekiwać, że w najbliższych latach oparte na teorii decyzji, teorii sterowania i analizie systemów metody będą stopniowo wdrażane do zarządzania i sterowania gospodarką narodową i państwem.

Należy spodziewać się uzyskania wyników naukowych w dziedzinie sterowania rozwojem systemów i sterowania środowiskiem.

Wdrażanie wyników badań nauk cybernetycznych jest w znacznym stopniu sprzężone z realizacją i wdrażaniem rządowego programu rozwoju informatyki. Efektywność społeczna i gospodarcza realizacji rządowego programu informatyki może być znacznie zwiększona dzięki rozwojowi badań z zakresu analizy systemowej, cybernetyki ekonomicznej, automatyzacji zarządzania i sterowania.

ERRATA^{x/}

SPIS TREŚCI

| | |
|--|----|
| Wstęp /prof.dr R.Kulikowski/ | 5 |
| <u>Powstanie i rozwój nauk cybernetycznych</u> | |
| Analiza systemowa /prof.dr R.Kulikowski/ | 7 |
| Teoria sterowania /prof.dr W.Findeisen/ | 12 |
| Przetwarzanie informacji /prof.dr J.Seidler/ | 17 |
| <u>Cybernetyka stosowana</u> | |
| Cybernetyka ekonomiczna i automatyzacja zarządzania /prof.dr R.Kulikowski/ | 24 |
| Cybernetyka techniczna i automatyzacja kompleksowa procesów /prof.dr S.Węgrzyn/ | 32 |
| Cybernetyka biomedyczna /prof.dr K.Nałęcz/ | 38 |
| Sztuczna inteligencja i roboty oraz inne zastosowania cybernetyki /prof.dr A.Straszak/ | 45 |
| <u>Stan i perspektywy</u> | |
| Potencjał naukowo-badawczy /prof.dr W.Findeisen/ | 55 |
| Problemy węzłowe i resortowe oraz koordynacja badań z zakresu nauk cybernetycznych /prof.dr A.Straszak/ | 58 |
| Potrzeby i przewidywane rezultaty /prof.dr A.Straszak/ | 61 |

x/ Przepraszamy Autorów referatu za nie podanie zakresu opracowanego przez nich materiału