

B.5 - Zastosowanie maszyn liczących - Projektowanie

Spis treści:

1. Ogólna charakterystyka problemu	str. 1
2. Stan aktualny w Polsce	str. 6
3. Problemy naukowo-badawcze związane z potrzebami rozwoju systemów API	str. 10
4. Niektóre problemy organizacyjne	str. 24
Literatura cytowana	str. 24

1. Ogólna charakterystyka problemu

Wśród licznych zastosowań elektronicznej techniki obliczeniowej /ETO/ w gospodarce narodowej automatyzacja projektowania inżynierskiego /API/ wysuwana jest na jedno z miejsc czołowych. Pojęcie to, zwłaszcza jeśli traktować je jako hasło do podjęcia praktycznych działań, w tej liczbie również naukowo-badawczych, powinno być jednak ściśle określone.

Przez projektowanie będziemy najogólniej rozumieć tworzenie sformalizowanego opisu środków materialnych i kompleksu prostych czynności zmierzających do nadania określonemu obiektowi pożądanych cech użytkowych. Z tego punktu widzenia projektowanie wchodzi w skład wszelkiej praktycznej i celowej działalności ludzkiej, a naukę o ogólnych metodach projektowania, zwłaszcza w zakresie komponowania czynności prostych wiodących do zamierzonego celu, można uważać za wyspecjalizowaną gałąź ogólnej teorii sterowania.

Należy jednak pamiętać, że projektowanie ma wiele innych aspektów: ekonomiczny, psychologiczny, logiczny itp., które jeśli nawet nie są dominujące, w rozwoju nauki o projektowaniu odgrywają rolę istotną.

Z punktu widzenia obiektów projektowania można traktować odrębnie projektowanie artystyczne, społeczno-organizacyjne, inżynierskie itp. W tym ostatnim przypadku przedmiotem projektowania jest konstrukcja inżynierska lub produkt przemysłowy. Ze względu na społeczno-gospodarczą wagę zagadnienia projektowanie inżynierskie stanowi dziś przedmiot szczególnego zainteresowania i do niego ograniczymy dalsze rozważania.

Projektowanie inżynierskie wchodzi w zakres kompleksu czynności określonych jako **t e c h n i c z n e p r z y g o t o w a n i e p r o d u k c j i /TPP/ i obejmujących /[1], Dz.III/:**

I. Konstrukcyjne przygotowanie produkcji:

- a/ perspektywiczne,
- b/ bieżące,

II. Technologiczne przygotowanie produkcji:

- a/ perspektywiczne,
- b/ bieżące.

Doświadczenie krajów przodujących technicznie wskazuje, że szczególnie duże korzyści ekonomiczne rokuje usprawnienie bieżącego TPP mała- i średnioseryjnej. Bieżące konstrukcyjne przygotowanie produkcji może obejmować następujące fazy /[1], Dz. III/:

1. opracowanie założeń projektowych,
2. opracowanie wstępnego projektu konstrukcyjnego,
3. opracowanie projektu technicznego,
4. opracowanie projektu roboczego,
5. budowę prototypu,
6. badania prototypu,
7. opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej

- a/ podstawowej,
- b/ uzupełniającej.

Z kolei w ramach technologicznego przygotowania produkcji można wydzielić fazy następujące:

1. opracowanie projektu procesu technologicznego,
2. dobór materiałów wejściowych,
3. ustalenie potrzebnych maszyn i ich rozmieszczenia,
4. opracowanie projektów specjalnego oprzyrządowania,
5. opracowanie bazy normatywnej,
6. opracowanie technicznego i organizacyjnego projektu kontroli produkcji,
7. opracowanie dokumentacji technologicznej,
8. określenie kosztów produkcji.

Podmiotem projektowania w wąskim sensie jest projektant lub zespół projektantów. W sensie szerokim i bardziej odpowiadającym współczesnej technice projektowania inżynierskiego jest nim z o r g a n i z o w a n y k o m p l e k s k a d r i ś r o d - k ó w t e c h n i c z n y c h z w a n y s y s t e m e m p r o - j e k t o w a n i a. Z punktu widzenia cybernetyki systemy takie posiadają wiele cech właściwych t.zw. systemom wielkim. W szczególności są im właściwe:

a/ złożone zasady sterowania /kierowania/ podobnymi systemami, mnogość kryteriów efektywności i nałożonych ograniczeń zmuszające do stosowania wieloszczeblowej organizacji wewnętrznej systemu,

b/ złożone algorytmy działania systemu, nie poddające się pełnej formalizacji zwłaszcza w zakresie tych działań, które oparte są na pracy ludzkiej,

c/ złożone zasady przepływu, gromadzenia i przetwarzania informacji w systemie, w tym zwłaszcza informacji merytorycznej /tj. projektowej/.

Problem organizacji i sterowania pracą systemu projektowania leży w gestii teorii organizacji i cybernetyki. Informatyka szczególnie interesuje się natomiast problemami przetwarzania informacji projektowej, zwłaszcza w aspekcie możliwości szerokiego zastosowania w projektowaniu ETO oraz innych nowoczesnych środków technicznych. Z tego powodu szeroki problem u s p r a w n i e n i a T P P bywa często sprowadzany do znacznie węższego problemu a u t o m a t y z a c j i p r o j e k t o w a n i a i n ż y n i e r s k i e g o /API/. Należy podkreślić, że jest to ujęcie problemu jednostronne i niewystarczające, choć w całości zagadnienia problem API odgrywa istotną rolę.

Również w zakresie interpretacji pojęcia API zdarzają się pewne niewłaściwości. Jedną z nich jest próba podciągnięcia API pod problem poznawczy znany jako m o d e l o w a n i e c y b e r n e t y c z n e t w ó r c z e j d z i a ł a l n o ś c i c z ł o w i e k a. Nie podważając bynajmniej ogólnopoznawczej wagi tego ostatniego problemu, ani nawet jego praktycznego znaczenia dla API należy stwierdzić, że punkt ciężkości API leży w automatyzacji lub racjonalizacji czynności w dużej mierze bardzo prostych i powszechnie nie uznawanych za czynności t w ó r c z e. W pracy H. Opitza i W.H. Engelskirohena [2] przytoczono na przykład następujący bilans czasu pracowników działalności podstawowej typowego biura projektowego w przedsiębiorstwie budowy maszyn:

Czynności administracyjno-biurowe	41 %
czynności koncepcyjno-projektowe	19 %
obliczenia projektowe	4 %
kreślenia	29 %
modyfikacja założeń projektowych	7 %

Największe rezerwy w systemach projektowania kryją się zatem w usprawnieniu czynności administracyjno-biurowych, w przygotowaniu dokumentacji, w usprawnieniu procesów wyszukiwania informacji patentowej, katalogowej, normatywnej itp. Automatyzacja czynności twórczo-projektowych, mimo całej jej atrakcyjności, zwłaszcza od strony naukowo-poznawczej, w globalnej hierarchii potrzeb stanowi zadanie drugoplanowe, co jednak nie oznacza, że można je zaniedbać w perspektywicznych planach badawczych.

2. Stan aktualny w Polsce

Rozwój techniczny systemów API w ostatnich dwóch dziesięcioleciach był ściśle związany z rozwojem ETO. Z tego punktu widzenia systemy API można podzielić na następujące "generacje".

I. systemy oparte na automatyzacji obliczeń stanowiących wybrane fragmenty cyklu projektowania konstrukcyjnego lub technologicznego;

II. systemy oparte na kompleksowej automatyzacji pełnych cykli projektowania konstrukcyjnego lub technologicznego, oparte na "sztywnej" logice projektowania;

III. systemy konwersacyjne, pozwalające na elastyczne kierowanie procesem projektowania na zasadzie bezpośredniej współpracy projektanta z maszyną liczącą, w miarę uzyskiwania fragmentarycznych rezultatów projektowania.

Systemy III, generacji, oparte na sprzęcie informatycznym zaliczanym do III generacji, stanowią najwyższe osiągnięcie techniczne w tej dziedzinie. Przeszkodą do szybkiego upowszechniania takich systemów nie są jednak koszty urządzeń, lecz trudności techniczne i koszty odpowiedniego oprogramowania użytkowego takich systemów.

2. Stan aktualny w Polsce

Analizując problem API jako problem naukowo-badawczy należy pamiętać, że w szeregu krajów, zwłaszcza USA, Szwajcarii, NRF, Holandii, a także w ZSRR i NRD badania w tej dziedzinie prowadzone są od szeregu lat i problem jest traktowany częściej jako problem wdrożeniowy, niż jako naukowo-badawczy. Konkretnie rozwiązania systemów API i zakres ich użytkowania stanowią przy tym nie rzadko przedmiot tajemnicy firmowej. Sytuacja taka stawia kraje stojące dopiero na progu rozwoju API, do jakich należy Polska, w sytuacji dość niekorzystnej, zmuszającej je do zakupywania gotowych rozwiązań, bądź też samodzielnego tworzenia własnych rozwiązań na podstawie, ewentualnie, fragmentarycznych danych literaturowych. Należy przy tym podkreślić, że wskutek braku określonej polityki w dziedzinie rozwoju API w Polsce, kraj nasz był bardzo słabo reprezentowany na odpowiednich specjalistycznych zjazdach i konferencjach międzynarodowych, a zwłaszcza słabo było na podobnych imprezach reprezentowane nasze środowisko naukowe. Skutkiem takiego stanu rzeczy jest to, że obecnie dysponujemy w dziedzinie API, mimo szerokiego zainteresowania tym problemem ze strony pracowników nauki i przemysłu, niezmiernie szczupłą kadrę specjalistów zdolnych do koncepcyjnego kierowania pracami w tej dziedzinie.

Podstawą do oceny aktualnego stanu API w Polsce może być w pewnym zakresie ankieta rozesłana w 1971r. przez Zespół Automatyzacji i Pomiarów KNiT do zainteresowanych placówek badawczych i biur projektowych w resortach: Budownictwa i Materiałów Budowlanych, Chemii, Górniczo-energetyki, Przemysłu Ciężkiego i Przemysłu Maszynowego. W wyniku uzyskano następujące dane dotyczące ilości istniejących "systemów" /tj. programów lub kompleksowych zestawów programowych/ automatycznego projektowania przy pomocy elektronicznych maszyn cyfrowych:

budownictwo i materiały budowlane	8
chemia	6
górnictwo i energetyka	14
przemysł ciężki i maszynowy	4
<hr/>	
razem	32

Jakkolwiek ankieta ta nie daje pełnego obrazu sytuacji i dziś jest już częściowo nieaktualna, pozwala ona uczynić następujące spostrzeżenia:

a/ Zakres wykorzystania ETO do automatycznego projektowania w 1971 r. w Polsce był wyjątkowo niski, wyrażający się liczbą kilkudziesięciu specjalistycznych programów projektowania. Istniejące systemy API, należące w większości do I generacji jedynie w sporadycznych przypadkach do generacji II, nie odgrywały istotnej roli gospodarczej, były raczej dziełem nielicznych grup "hobbystów" niż wynikiem planowego działania.

b/ Spośród języków programowania wykorzystywanych w systemach API wymieniono w odpowiedziach ankietowych:

MOST-2	12 razy
ALGOL	9 razy
FORTRAN IV	4 razy
IAS	2 razy
MOST-1F, SAKO, MAT-4, MAT-5, MARK III - po 1 razie.	

Zwraca uwagę zupełny brak korzystania z języków symulacyjnych, języków programowania zadań geometrycznych i technologicznych, co pośrednio również wskazuje na bardzo wczesne stadium rozwoju API.

W 1971r. zapadły decyzje włączające prace badawczo-rozwojowe w zakresie API do problemu węzłowego O6.4.2 koordynowanego przez Zakład Systemów Automatyki Kompleksowej PAN, przy czym koordynatorem II stopnia zostało Biuro Projektowo-Technologiczne Przemysłu

Obrabiarek i Narzędzi BIPRON. Takie ustawienie problemu API, zrozumiałe w pierwszej fazie rozwojowej, pociągnęło jednak szereg konsekwencji, a zwłaszcza:

a/ wyłączenie z programu rozwojowego API szeregu ważnych dziedzin gospodarki, a mianowicie: budownictwa ogólnego i przemysłowego, górnictwa i energetyki, przemysłu budowy aparatury chemicznej, elektroniki itp., jako dziedzin nie leżących w gestii BIPRON-u;

b/ poddanie API w dziedzinie przemysłu budowy maszyn wyrażonej presji bieżących kłopotów i poziomu technologicznego przemysłu, co wyraziło się zwłaszcza w wyraźnym preferowaniu technologii obróbki wiórowej przed technologią bezwiórową /plastyczną/, do której wdrożenia, mimo wyraźnych tendencji światowych przemysł nasz jako słabo przygotowany, a w ramach technologii obróbki wiórowej - w wyraźnym preferowaniu obrabiarek konwencjonalnych przed obrabiarkami sterowanymi numerycznie. Takie ustawienie programów rozwojowych API w dużym stopniu podważa ekonomiczne racje wdrażania systemów API w przemyśle budowy maszyn w następnych latach.

(1)

Z drugiej strony jednak ścisłe powiązanie koordynatora II stopnia z przemysłem gwarantuje szybsze osiągnięcie efektów wdrożeniowych co w początkowej fazie pracy ma istotne znaczenie. Kolejna ankieta przeprowadzona w 1972r. przez BIPRON w zakładach produkcyjnych podległych resortowi przemysłu maszynowego wykazała, że na ok. 70 uzyskanych odpowiedzi w ok. 50 zakłady produkcyjne wyraziły swe zainteresowanie problemami API, w tym ok. 30 stwierdziło, że ma w tej dziedzinie własne doświadczenia. W wielu przypadkach pod pojęciem API ankietowani rozumieeli głównie zastosowanie ETO do perspektywicznego planowania produkcji.

Od około dwóch lat rozwija aktywną działalność seminaryjną Zespół Metodologii Projektowania przy Zakładzie Prakseologii PAN. Zespół ten zorganizował ponad 25 otwartych seminariów poświęconych ogólnym zagadnieniom projektowania traktowanych z punktu widzenia prakseologii i teorii organizacji, wydając i rozpowszechniając materiały seminaryjne. W 1971 r. Zespół zorganizował I Ogólnopolską Konferencję Metodologii Projektowania, której program obejmował ok. 30 referatów i ok. 10 komunikatów. Przebieg konferencji potwierdził istnienie w Polsce szeregu niewielkich i rozproszonych ośrodków usiłujących prowadzić działalność badawczą w dziedzinie metodologii projektowania, z drugiej - brak jakiegokolwiek koordynacji tych poczyniń. Należy zaznaczyć, że zainteresowania Zespołu Metodologii Projektowania ze zrozumiałych przyczyn nie dotyczą problemów matematycznych i programowych oraz technicznych środków projektowania automatycznego.

W tej ostatniej dziedzinie pewną działalność podjął Instytut Cybernetyki Stosowanej PAN. W szczególności prowadzone tam prace obejmują:

a/ problemy minimalizacji funkcji Boole'a i syntezy ekonomicznych układów logicznych,

b/ algorytmy t.zw. programowania dyskretnego przeznaczone do optymalizacji struktur sieci transportowych, optymalizacji rozmieszczenia,

c/ wycinkowe badania związane z techniką wprowadzania informacji projektowej do maszyn cyfrowych.

Istnieją też niewielkie grupy pracowników naukowych w Politechnice Warszawskiej i w Wojskowej Akademii Technicznej gotowe włączyć się do programu badawczego w dziedzinie API. Spośród ośrodków resortowych, które w dziedzinie API osiągnęły interesujące wyniki, należałoby wymienić szczególnie:

a/ Oddział Poznański BIPRON-u, w którym opracowano system automatycznego projektowania technologicznego obróbki mechanicznej części obrotowych "APW - 500",

b/ Centralny Resortowy Ośrodek Przetwarzania Informacji resortu Przemysłu Maszynowego w Międzyzlesiu /obecnie rozwiązany/, w którym opracowano zespół programów automatycznego projektowania konstrukcyjnego silników elektrycznych,

c/ Centrum Techniki Okrętowej w Gdańsku, w którym uruchomiono system automatycznego projektowania kadłubów okrętowych łącznie z linią automatycznego /sterowanego numerycznie/ cięcia blach kadłubowych.

Ostatnio coraz większe zainteresowanie problemami API wykazują także oddziały ^{teraz} NOT.

3. Problemy naukowo-badawcze związane z potrzebami rozwoju systemów API

Porównanie stopnia rozwoju systemów API w Polsce ze stopniem rozwoju podobnych systemów w szeregu krajów technicznie przodujących prowadzi do wniosku, że kraj nasz musi dopiero przezwyciężyć trudności obiektywne i subiektywne na drodze gruntownej modernizacji systemów technicznego przygotowania produkcji, a w tym szczególnie - do oparcia takich systemów na środkach ETO. Program takiej modernizacji powinien uwzględnić w pierwszym rzędzie zadania na bliższą przyszłość, zamykające się w bieżącym planie pięcioletnim, oraz zadania perspektywiczne. Wydaje się także słuszne, ażeby ciężar realizacji zadań krótkoźalowych, mających w większości charakter wdrożeniowy, obciążyć w pierwszym rzędzie resortowe placówki badawcze, natomiast zadanie realizacji perspektywicznych prac badawczych zmierzających do stworzenia systemów API III generacji nałożyć na odpowiednie placówki naukowo-badawcze Polskiej Akademii Nauk.

Należy przy tym podkreślić, że rok 1975 oddzielający terminy realizacji zadań krótko- od długofalowych jest cezurą czysto umowną: w rzeczywistości należy się liczyć z ciągłym procesem doskonalenia technicznego i organizacyjnego systemów API i rozszerzania ich zasięgu. Wynika stąd także, że wyniki uzyskiwanych w tej dziedzinie prac badawczych należy starać się na bieżąco przekazywać zainteresowanym placówkom resortowym.

Problemy naukowo-badawcze związane z rozwojem systemów API można ogólnie zaliczyć do następujących grup:

- a/ zagadnienia ogólnej metodologii projektowania,
- b/ zagadnienia modeli formalnych i szczegółowej metodologii rozwiązywania zadań projektowych,
- c/ zagadnienia techniki i organizacji systemów API,
- d/ zagadnienia metodyki wdrażania systemów API i oceny ich efektywności.

Omówimy pokrótce niektóre ważniejsze zadania badawcze wynikające z tak określonego podziału.

a/ z a g a d n i e n i a o g ó l n e j m e t o d o l o g i i p r o j e k t o w a n i a .

Proces projektowania może być analizowany z różnorodnych punktów widzenia: jako proces organizacyjny, informacyjny, psychologiczny itp. Niezależnie od przedmiotu projektowania występują w nim określone fazy: od uświadomienia sobie konieczności rozwiązania zadania projektowego, poprzez jego ściślejsze sformułowanie, poszukiwanie metod lub koncepcji rozwiązania, do weryfikacji wyników. Sformalizowanie tych faz jest warunkiem koniecznym głębszego zrozumienia zjawiska działalności twórczej, a w konsekwencji - jego racjonalizacji. Aktualnie znany jest szereg modeli tłumaczących procesy działalności twórczej w sposób ścisły, ale fragmentaryczny. Należą do nich różnorodne modele procesów uczenia się, ślepego lub ukierunkowanego poszukiwania rozwiązań, wnioskowania opartege na

logice indukcyjnej, modalnej lub topologicznej itp. Nie ulega wątpliwości, że modele te nie zdołały jeszcze wyjaśnić mechanizmów myślenia twórczego, choć niewątpliwie przyczyniły się do ujawnienia wagi takiego problemu naukowego i trudności jego rozwiązania. Istnieje konieczność kontynuacji badań nad ogólnymi metodami rozwiązywania zadań nie w pełni sformalizowanych. Celem takich badań powinno być:

1. odkrycie ogólnych zasad zbiorowego i indywidualnego postępowania człowieka w sytuacjach wymagających podejmowania złożonych decyzji i rozwiązywania nietypowych zadań;
2. nadanie tym zasadom sformalizowanej postaci praw logicznych lub twierdzeń matematycznych;
3. opracowanie na tej podstawie algorytmów i programów maszynowych pozwalających rozwiązywać zadania podobnego stopnia złożoności przy pomocy środków ETO.

Badania modelowe nad heurystycznymi metodami rozwiązywania zadań typu automatycznego dowodzenia twierdzeń matematycznych, tworzenia kompozycji muzycznych lub plastycznych, prowadzenia gry w szachy lub warcaby itp. mające już obszerną literaturę specjalną, spełniają zatem ważną rolę poznawczą, a jednocześnie rozszerzają obszar praktycznych zastosowań ETO. Należy podkreślić, że celem podobnych badań nie jest generalne wyeliminowanie człowieka jako podmiotu twórczego myślenia, lecz wyeliminowanie go tam, gdzie przemawiają za tym względy humanitarne, ekonomiczne lub społeczne, a współczesna technika stwarza taką potencjalną możliwość. Oznacza to także, że należy liczyć się ze stałą tendencją do przesuwania umownej granicy oddzielającej działalność twórczą człowieka od działalności zrutynizowanej w kierunku rozszerzającym obszar działalności zrutynizowanej, nadającej się do automatyzacji.

Udział człowieka pozostanie jednak niezastąpiony wszędzie tam, gdzie wystąpi konieczność rozwiązywania zadań nowych, nietypowych; z natury rzeczy zadaniami takimi pozostaną na przykład zawsze zadania projektowania i nadzoru systemów API.

Wśród heurystycznych metod rozwiązywania zadań złożonych, w dużym stopniu opartych na czynnym udziale człowieka zasługują na uwagę liczne metody wykorzystujące w tej lub innej formie opinie ekspertów. Szczególną popularność zdobyły sobie na przykład metody znane pod nazwą "burzy mózgow" /A.S. Osborn, 1953/, metoda "pytaniowa" /G.S. Altszuller, 1969/, metoda PATTERN /Planning Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Numbers - I. Sigford, R. Parvin, 1965/, metoda QUEST /Quantitative Utility Estimates for Science and Technology - M. Citroen, 1966/, metoda "Delfy" /H. Olaf, 1964/ i szereg innych. Wydaje się celowe bliższe naukowe zadanie skuteczności podobnych metod, jak również ich dalszy rozwój. W szczególności należy zwrócić więcej uwagi na możliwość opracowania metod heurystycznych łączących cechy i palety stosowania oceny ekspertów z wykorzystaniem nowoczesnych systemów informatycznych, zautomatyzowanych banków danych itp.

b/ Z a g a d n i e n i e m o d e l i f o r m a l n y c h i s z o z e g ó ł o w e j m e t o d o l o g i i r o z w i ą - z y w a n i a z a d a ń p r o j e k t o w y c h .

Wspomnieliśmy poprzednio, że rozwiązywanie nie w pełni sformalizowanych zadań projektowych wymagających zastosowania metod heurystycznych stanowi w istocie rzeczy niewielki procent czynności wykonywanych przez personel typowego biura projektowego. Wśród zrutynizowanych i poddających się formalizacji czynności możliwe jest wprowadzenie dalszego zróżnicowania. Celowe jest zatem wyodrębnienie:

- 1° zadań ściśle projektowych,
- 2° zadań dokumentacyjnych,
- 3° zadań pomocniczo organizacyjnych.

Wszystkie z tych zadań w jakiejś mierze mogą podlegać automatyzacji i racjonalizacji, z czym może się wiązać również określony program naukowo-badawczy. Rozważmy bliżej pierwszą grupę z tych zadań. Zadania ściśle projektowe można ogólnie scharakteryzować jak następująco

- dany jest pewien zbiór R elementów zwanych rozwiązaniami zadań projektowych, pewien układ A warunków koniecznych, które muszą spełniać rozwiązania dopuszczalne określonego zadania projektowego i układ B warunków wystarczających, które powinny spełniać rozwiązania uznawane za zadawalające. Należy znaleźć co najmniej jedno z rozwiązań spełniających układy warunków A i B lub udowodnić, że rozwiązanie takie jest niemożliwe; w tym drugim przypadku należy wskazać na najbardziej krytyczne warunki konieczne i wystarczające, których złagodzenie może spowodować, że rozwiązanie będzie istniało.

Zależnie od sposobu określenia w praktyce układu warunków koniecznych i wystarczających dla rozwiązania projektowego, zadania projektowe można orientacyjnie podzielić według stopnia trudności na następujące klasy:

Klasa III: układy warunków A i B dane są w postaci przepisów słownych, reguł fizycznych, warunków logicznych i zależności matematycznych. Jest to sytuacja typowa w przypadku projektowania każdego bardziej złożonego obiektu. Projektowanie polega w tym przypadku na "generowaniu" rozwiązań, sprawdzaniu, czy spełniają one warunki konieczne, wreszcie selekcji tych rozwiązań, które spełniają również warunki wystarczające, np. określone kryteria efektywności eksploatacyjnej, kosztów produkcji itp.

Rozwiązywanie zadań projektowych III klasy trudności będziemy nazywali projektowaniem modelowym, ponieważ opiera się ono na sformalizowanych modelach obiektów będących przedmiotem projektowania.

Klasa II: układ warunków A dany w postaci matematycznego opisu zbioru rozwiązań dopuszczalnych, na przykład w postaci układu nierówności, natomiast układ warunków A - w postaci funkcji lub funkcjonau wyrażającego kryterium optymalności rozwiązania projektowego. Z sytuacją taką mamy do czynienia przy projektowaniu względnie prostych obiektów dających się z dostateczną dokładnością scharakteryzować przy pomocy wyrażenia funkcyjnego lub wektora parametrów. Projektowanie polega w tym przypadku na rozwiązaniu problemu wariacyjnego lub ekstremalizacyjnego z ograniczeniami; można w tym przypadku mówić o projektowaniu funkcyjnym. Typowym przykładem zadania projektowego II klasy trudności jest wybór optymalnej struktury sieci połączeń telekomunikacyjnych łączącej pewnien zbiór abonentów przy założeniu minimalnej długości połączeń - zadanie to, jak wiadomo, można rozwiązać metodami programowania nieliniowego.

Klasa I: zbiór rozwiązań dopuszczalnych jest skończony, warunki dostateczne zadane są w postaci stabelaryzowanej funkcji kryterialnej. Projektowanie polega na znalezieniu przeciwobrazu podzbioru tych wartości funkcji, które spełniają narzucone warunki dostateczne. Rozwiązywanie zadań projektowych tej klasy będziemy nazywali projektowaniem katalogowym; typowym przykładem może tu być dobór na podstawie katalogu maszyn, które spełniają określone warunki techniczno-eksploatacyjne, lub dobór technologii obróbki dla typowego detalu.

Oczywistą jest rzeczą, że w każdym złożonym procesie projektowania mogą pojawić się zadania projektowe różnych klas trudności. Względnie typowa sytuacja polega na tym, że proces projektowania daje się przedstawić w postaci sieci operacji projektowych, w której z zadań wyższej klasy trudności wynikają zadania coraz łatwiejsze.

Podział zadań projektowych na klasy trudności: od najtrudniejszych nie w pełni sformalizowanych zadań heurystycznych, poprzez zadania projektowania modelowego, funkcyjnego do zadań projektowania katalogowego jest jednocześnie podziałem ze względu na trudności automatyzacji rozwiązywania takich zadań. Rozwiązywanie zadań klasy III wiąże się z koniecznością opracowania języków symulacyjnych stanowiących wygodne narzędzie opisu i modelowania obiektów określonej klasy. Przykładami takich języków mogą być: języki dla symulacji operacji analitycznych /CSL, CEMMA/, dla opisu struktur systemów i operacji złożonych /SIMSCRIPT, SIMULA, SIMON/, dla opisu zadań ekonomicznych /COBOL, ALGEX, ALGEM/, dla opisu operacji niearytmetycznych /LISP, LAPAS/, dla opisu obiektów geometrycznych /GEOMETR-66, GARGOL, APT/ i szereg innych. Zachodzi konieczność stałego rozszerzania listy języków specjalistycznych pozwalających opisywać i programować operacje symulujące obiekty dowolnych klas będące przedmiotem automatycznego projektowania.

Lista potrzeb w tej dziedzinie jest wyjątkowo obszerna. Nie mamy na przykład języków, które pozwalałyby symulować procesy i zjawiska zachodzące w układach i systemach biologicznych, ekologicznych, geofizycznych, socjologicznych, wojskowych, prawno-administracyjnych, opisywać złożone konstrukcje mechaniczne, budowlane, układy przestrzennego zagospodarowania kraju itp. W większości przypadków jest to związane z niedostatecznym poziomem formalizacji i matematyzacji tych dziedzin, ale nawet w tych dziedzinach, w których zastosowanie metod matematycznych nie jest już nowością, brak studiów nad semantyką ich języków specjalistycznych uniemożliwia stworzenie dla ich potrzeb sformalizowanych języków symulujących. Można zaryzykować twierdzenie, że przed każdą dziedziną wiedzy i życia, która zamierza skorzystać z możliwości, jakie stwarza dla niej ETO, staje zadanie opracowania specjalistycznego sformalizowanego języka tej dziedziny,

który stanowiłby pomost informacyjny między fachowcem-specjalistą i oddaną na jego usługi maszyną liczącą. Potrzeba taka wynika z faktu, że istniejące języki programowania ogólnego przeznaczenia typu ALGOL, FORTRAN czy PL/1 stają się niedostatecznie efektywnym narzędziem programowania zadań należących do grup wąsko specjalistycznych, mogą one jednak stać się podstawą dla opracowania języków specjalistycznych jako podjęzyków "zanurzanych" w językach szeroko-problemowych. Podobnie np. specjalistyczny język mechaników czy elektroników jest podjęzykiem zanurzonym w języku szerokokproblemowym, którym posługujemy się na codzień: zachowuje on jego ogólne zasady gramatyczne i słowotwórcze, posługuje się jednak leksyką dostosowaną do potrzeb danej wąskiej specjalności.

Z automatyzacją projektowania funkcyjnego wiąże się konieczność opracowania dostatecznie efektywnych metod numerycznych rozwiązywania zadań wariacyjnych i ekstremalizacyjnych występujących w typowych zadaniach projektowych. Wbrew dość powszechnemu mniemaniu, również i w tej dziedzinie postęp jest nierównomierny. Rozwój metod numerycznych napotyka na szczególne trudności tam, gdzie nie jest on oparty na gruntownym przygotowaniu matematycznym. Jest to jedna z głównych przyczyn trudności, na jakie napotykamy rozwiązując na przykład problemy t.zw. programowania nieliniowego lub dyskretnego: ponieważ o naturze samych obiektów matematycznych i własnościach rozwiązań odpowiednich zadań wiemy nie wiele, jesteśmy zmuszeni opierać się na mało skutecznych algorytmach poszukiwania rozwiązań numerycznych, nie umiemy wyjaśnić przyczyny nadmiernego rozrzutu zbieżności ciągów rozwiązań przybliżonych do rozwiązania ścisłego, ocenić błędów przybliżenia w rozwiązaniach przybliżonych, wskazać właściwej drogi doskonalenia algorytmów. Postępy API w tej klasie zadań projektowych będą zatem ściśle uzależnione zarówno od postępów podstawowych badań matematycznych jak i od rozwoju metod numerycznych

Należy podkreślić, że pracom badawczym tego typu, podobnie jak i poprzednio omawianym pracom w zakresie języków symulacyjnych, poświęca się w naszym kraju niedostateczną uwagę; przeważa raczej optymistyczny, lecz całkowicie nieuzasadniony pogląd, że dostępne w naszych bibliotekach programów standardowych programy typu "PERT" lub "Simplex" rozwiązują wszelkie problemy numerycznej optymalizacji zarówno dla potrzeb planowania jak i projektowania.

Niezależnie od konieczności prowadzenia w omawianej tu dziedzinie badań podstawowych konieczne jest zwrócenie uwagi na metody przybliżonego rozwiązywania zadań optymalizacyjnych dla dużej liczby zmiennych. Praktyka projektowania inżynierskiego obiektów złożonych zmusza na przykład do konieczności rozwiązywania zadań optymalnego rozmieszczenia geometrycznego obiektów, wyboru struktur połączeń itp. charakteryzujących się liczbą setek lub tysięcy zmiennych. W zadaniach takich rezygnacja z kilkuprocentowego wzrostu wartości funkcji celu w zamian za możliwość szybkiego uzyskania wyniku podoptymalnego ma pełne uzasadnienie ekonomiczne, skąd płyną określone wnioski dla badań w dziedzinie metod numerycznych.

Zadania projektowe I klasy trudności nie nastręczają problemów naukowo-badawczych w istotny sposób różniących się od tych, które występują we wszelkich zagadnieniach przetwarzania danych. Są to zatem problemy organizacji przechowywania i uzupełniania danych w pamięci trwałej maszyn cyfrowych, organizacji wyszukiwania danych według klucza adresowego lub według zawartości komórek pamięci, kojarzenia danych według cech semantycznych itp. Praktyczna realizacja systemów API przeznaczonych do rozwiązywania zadań projektowych tej klasy związana jest jednak z długim i żmudnym okresem przygotowawczym, w którym istotną rolę odgrywa właściwa klasyfikacja, standardyzacja i skompletowanie zbiorów informacyjnych.

Metodyka realizacji prac tego typu stanowi odrębny problem mający szereg aspektów naukowych, lecz nie wiążących się bezpośrednio z dziedziną API.

Nie mniejszy problem prac naukowo-badawczych wiąże się z potrzebą automatyzacji zadań dokumentacyjnych towarzyszących technicznemu przygotowaniu produkcji.

System TPP w informacyjnym systemie zarządzania gospodarką stanowi ogniwo pośrednie między systemem podejmowania decyzji ekonomicznych i systemem sterowania procesami produkcyjnymi. Z tej racji, jak również stąd, że uczestniczą w nim ludzie i maszyny, wynika szereg wyników określających formę, w jakiej może w nim zachodzić przesyłanie, przechowywanie i przetwarzanie informacji projektowej. Pod pojęciem formy rozumiemy w tym przypadku

- język projektowania,
- standard zapisu lub kod,
- nośnik fizyczny informacji.

Języki projektowania można ogólnie podzielić na

- a/ języki tekstowe /j. o strukturze linearnej/,
- b/ języki graficzne /j. o strukturze planarnej/.

Nie jest wykluczone, że w miarę opanowywania techniki automatycznego rozpoznawania głosu, wejdą w użycie także języki fonetyczne, choć w projektowaniu automatycznym nie odegrają one z pewnością takiej roli, jaką będą mogły odegrać w innych dziedzinach, na przykład w automatycznym sterowaniu. Podział na języki tekstowe, graficzne i fonetyczne dotyczy najniższego szczebla struktury języka, szczebla znakowego. Oczywiście jest, że dla wyrażenia na przykład informacji geometrycznej można posłużyć się zarówno językiem tekstowym /np. typu GEOMETR 66 lub GAIKOL/ jak i językiem graficznym /np. rysunkiem aksonometrycznym/.

Z kolei język graficzny nie koniecznie musi wyrażać informację geometryczną, może na przykład opisywać schemat powiązań organizacyjnych w przedsiębiorstwie.

Z innego punktu widzenia można podzielić języki projektowania na języki komunikacyjne, służące do jednostronnej wymiany informacji między

a/ projektantem i maszyną liczącą,

b/ maszyną liczącą i projektantem,

oraz języki konwersacyjne, służące do dwustronnej wymiany informacji między

a/ projektantem i projektantem,

b/ projektantem i maszyną liczącą /lub odwrotnie/,

c/ maszyną liczącą i maszyną liczącą.

W szczególności należy podkreślić, że języki komunikacyjne mogą należeć zarówno do klasy języków tekstowych, jak i graficznych - te ostatnie mają zastosowanie wtedy, gdy projektant wprowadza lub otrzymuje informację projektową z maszyny liczącej bezpośrednio w postaci rysunku lub schematu. Języki graficzne są szczególnie dogodnie w użyciu w przypadku projektowania naturalnego przez człowieka, jednak rola ich spada w systemach w pełni zautomatyzowanych. Współczesne maszyny liczące nie są w stanie operować bezpośrednio informacją wyrażoną w języku graficznym, wymagają przetłumaczenia takiej informacji w postaci linearną. Badania nad teoretycznymi i technicznymi podstawami takiego przekładu dokonywanego w sposób automatyczny w t.zw. systemie cyfrowego przetwarzania obrazów, wykonywane m.in. w Instytucie Cybernetyki Stosowanej PAN, powinny być w przyszłości prowadzone na większą skalę. Przejsście odwrotne: od języka linearnego do planarnego, są praktycznie realizowane przy pomocy cyfrowo sterowanych monitorów obrazowych lub automatycznych urządzeń kreślących.

Badania nad oprogramowaniem takich urządzeń i techniką automatycznej wizualizacji informacji projektowej powinny być również prowadzone z dużą intensywnością.

Konieczne jest także prowadzenie badań nad innymi rodzajami języków projektowania. Dla automatycznego projektowania obróbki technologicznej części maszyn przy pomocy automatów sterowanych cyfrowo stworzono na bazie języka APT opracowanego w USA szereg języków pochodnych: EXAPT 1, EXAPT 2, NEL, IFAPT, NC Processors, ADAPT itp., szeroko stosowanych w przemyśle szeregu krajów zachodnich; w NRD dla podobnych celów opracowano serię języków SYMAP. Konieczne jest szybkie adaptowanie do polskich warunków doświadczeń innych krajów w tej dziedzinie i podjęcie prac nad językami projektowania technologicznego dla szerszej klasy operacji technologicznych. W szczególności, należy możliwie wcześnie uwzględnić w tym zakresie potrzeby związane ze stosowaniem nowoczesnych bezwłórowych technologii obróbki części maszyn. Konieczne jest także opracowanie języków projektowania konstrukcyjnego maszyn i części maszyn, jak również opracowanie języków projektowania konstrukcyjnego i technologicznego w budownictwie. W dziedzinach charakteryzujących się stosunkowo niskim stopniem wykorzystania metod matematycznych i sformalizowanych, na przykład w projektowaniu architektonicznym, urbanistycznym, w planowaniu przestrzennego zagospodarowania regionów itp. należy położyć większy nacisk na opracowanie odpowiednich języków graficznych, dających możliwość bardziej aktywnego udziału człowieka w procesie projektowania.

Rozwój szczegółowej metodologii rozwiązywania zadań projektowych jest ściśle uzależniony od ogólnego rozwoju teorii tych działów techniki i gospodarki, których przedłużeniem jest dana dziedzina projektowania. Należy oczywiście dążyć do tego, by każdy postęp w teorii znajdował swe odzwierciedlenie we wzbogaceniu bibliotek

programów automatycznego projektowania związanego z daną dziedziną teoretyczną.

c/ Z a g a d n i e n i a t e c h n i k i i o r g a n i -
z a c j i s y s t e m ó w A P I.

Czynnikiem sprzyjającym automatyzacji TPP jest rozwój standardyzacji, czynnikiem wywierającym istotny wpływ na technikę projektowania - stała modernizacja technologii. W typowym biurze projektowym zachodzi jednoczesna realizacja wielu zadań projektowania przez szereg zespołów, między którymi mogą występować złożone powiązania informacyjne. Automatyzacja systemu projektowania rozumiana jako automatyzacja pracy biura projektowego, a nie pojedynczego procesu projektowania, następuje zatem typowe problemy automatyzacji kompleksowej: konieczność organizacji wspólnego banku danych, ustalenia zasad priorytetowych korzystania ze środków technicznych, wprowadzenia zabezpieczeń informacyjnych dla określonych maszyn danych ze względu np. na ochronę praw autorskich projektantów itp. Problemy te stają się szczególnie istotne w systemach API III generacji, które charakteryzuje wysoki stopień integracji informacyjnej. Z właściwym systemem API powinien ściśle współpracować szereg systemów pomocniczych: systemy wyszukiwania i gromadzenia informacji naukowo-technicznej, patentowej, katalogowej i handlowej, system organizacyjnego przygotowania produkcji itp. W sensie technicznym systemy pomocnicze mogą być częściowo lub całkowicie zintegrowane z systemem API /tj.mogą korzystać z częściowo wspólnych urządzeń liczących, peryferyjnych itp./. Powstające na tym tle problemy techniczno-organizacyjne są typowe dla większości systemów informatycznych III generacji, odpowiednie zadania badawcze nie powinny zatem obciążać programu prac w zakresie API, lecz powinny być uwzględnione w ogólnym programie badawczym w dziedzinie informatyki.

ó/ Z a g a d n i e n i a m e t o d y k i w d r a ż a -
n i a s y s t e m ó w A P I i o c e n y i c h
e f e k t y w n o ś c i .

Praktyka szeregu krajów zaawansowanych w dziedzinie API /np. NRD/ wskazuje na konieczność opracowania metod ekonomicznej i technicznej motywacji przy wdrażaniu systemów API, opartej na naukowych przesłankach. Badania ekonomicznej efektywności systemów API powinny być prowadzone zarówno przed przystąpieniem do automa-
tyzacji systemu, jak i po jej zakończeniu. W tej dziedzinie nie-
zbędne jest szybkie opracowanie metodyki takich badań. Obok nie-
dostatecznej motywacji ekonomicznej drugim czynnikiem opóźniającym
automatyzację prac projektowych jest subiektywny opór pracowników
biur projektowych i organów kierowniczych mający częściowo usasad-
nienie ekonomiczne, częściowo jednak pływący z obawy przed ko-
niecznością dostosowania stylu pracy do nowych nieznanymi narzędzi
pracy. Przewyciężenie tego oporu wymaga rozwiązania poważnego
problemu szkolenia kadr biur projektowych: należy pamiętać, że
nawet absolwenci naszych studiów politechnicznych ostatnich rocz-
ników w minimalnym stopniu są zaznajomieni z elementarnymi zasadami
korzystania z maszyn liczących. Problemy automatyzacji projektowa-
nia powinny znaleźć wyraźne odbicie w programach nauczania poli-
technicznego wszystkich specjalności. Należy podjąć trud przygoto-
wania szeregu specjalistycznych podręczników z tego zakresu,
dostosowanych do potrzeb poszczególnych dziedzin techniki. Celowe
jest opracowanie metod nauczania programowego /t.j. przy pomocy
środków ETO/ automatycznego projektowania. Należy przyjąć zasadę,
że w rozwoju automatyzacji projektowania muszą być zainteresowani
i wiodącą rolę: powinni odgrywać sami projektanci, którym należy
dostarczyć odpowiednie środki techniczne i udzielić niezbędnej
pomocy szkoleniowej.

4. Niektóre problemy organizacyjne

Naszkicowany tu w ogólnym zarysie program wieloletnich badań związanych z zastosowaniem informatyki w systemach TPP wskazuje na otwierające się bardzo rozległe pole działania. Problem TPP powinien być traktowany jako problem kompleksowy nie mniejszej rangi gospodarczej i naukowej niż problem kompleksowej automatyzacji produkcji. Doświadczenia szeregu krajów zachodnich wskazują, że w ogólnym bilansie efektów gospodarczych związanych z zastosowaniami ETC w gospodarce, automatyzacja TPP zajmuje miejsce p r z e d automatyzacją sterowania procesami produkcyjnymi, tuż po automatyzacji zarządzania. Z problemem API wiąże się konieczność prowadzenia rozległych prac badawczych zarówno o charakterze podstawowym / problemy metodologiczne, problemy języków i techniki przetwarzania informacji projektowej/, jak i branż i dziedzin techniki. Dla właściwego rozwoju API niezbędne jest zatem stworzenie, po kilku latach impasu, takich form organizacyjnych, które zapewnią wszechstronny rozwój API dorównujący tempem krajom o zbliżonym potencjale gospodarczym, zwłaszcza sąsiednim krajom socjalistycznym. Zainteresowane placówki naukowe Polskiej Akademii Nauk powinny w programie rozwoju API odegrać rolę wiodącą w zakresie badań podstawowych współpracując bezpośrednio z zainteresowanymi jednostkami gospodarczymi.

Literatura cytowana

1. A. Grossman /red./, Organizacja i planowanie w przedsiębiorstwie przemysłowym, Wyd. V, PWN, Warszawa, 1968.
2. H. Opitz, W.H. Engelskirchen, The integrated information processing in industrial production. CIRP Conference on Computers Application in Industrial Processes. Geneva, 1969.