



POLSKA AKADEMIA NAUK

Instytut Badań Systemowych

**BADANIA OPERACYJNE I SYSTEMOWE:
ŚRODOWISKO NATURALNE,
PRZESTRZEŃ, OPTYMALIZACJA**

**Olgierd Hryniewicz,
Andrzej Straszak,
Jan Studziński
red.**



**BADANIA OPERACYJNE
I SYSTEMOWE:
ŚRODOWISKO NATURALNE, PRZE-
STRZEŃ, OPTIMALIZACJA**

INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH • POLSKA AKADEMIA NAUK

Seria: BADANIA SYSTEMOWE
tom 63

Redaktor naukowy:

Prof. dr hab. inż. Jakub Gutenbaum

Warszawa 2008

Olgierd Hryniewicz, Andrzej Straszak, Jan Studziński

**BADANIA OPERACYJNE I SYSTEMOWE:
ŚRODOWISKO NATURALNE, PRZESTRZEŃ,
OPTIMALIZACJA**

Publikacja była opiniowana do druku przez zespół recenzentów, którego skład podano w treści tomu

Opinie, wyrażone przez autorów w pracach, zawartych w niniejszym tomie, nie są oficjalnymi opiniami Instytutu Badań Systemowych PAN, ani Polskiego Towarzystwa Badań Operacyjnych i Systemowych.

Copyright © by Instytut Badań Systemowych PAN & Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych
Warszawa 2008

ISBN 83-894-7519-7
EAN 9788389475190

Redakcja i opracowanie techniczne: Jan W. Owskiński, Aneta M. Pielak, Anna Gostyńska

**Lista recenzentów
artykułów, wchodzących w skład tomów serii „Badania Systemowe”
związanych z konferencją BOS 2008**

Dr Paweł Bartoszczuk
Dr inż. Lucyna Bogdan
Dr hab. inż. Zbigniew Buchalski
Mgr inż. Hanna Bury
Prof. dr hab. Marian Chudy
Dr Jan Gadomski
Mgr Grażyna Grabowska
Mgr inż. Andrzej Jakubowski
Dr hab. inż. Ignacy Kaliszewski
Dr Andrzej Kałużko
Dr hab. Leszek Klukowski
Dr hab. inż. Wiesław Krajewski
Dr inż. Lech Kruś
Dr hab. inż. Marek Libura
Dr Barbara Mażbic-Kulma
Dr inż. Edward Michalewski
Dr inż. Jan W. Owiński
Dr inż. Grażyna Petriczek
Dr inż. Henryk Potrzebowski
Dr Maciej Romaniuk
Prof. dr hab. Piotr Sienkiewicz
Dr hab. Henryk Spustek
Prof. dr hab. Andrzej Straszak
Dr hab. inż. Jan Studziński
Prof. dr hab. Tomasz Szapiro
Mgr Anna Szediw
Dr inż. Grażyna Szkatuła
Dr hab. inż. Tadeusz Witkowski
Dr Irena Woroniecka-Leciejewicz
Dr hab. Sławomir Zadrożny
Dr inż. Andrzej Ziółkowski

**Komitet Konferencji
Badania Operacyjne i Systemowe 2008
Rembertów, Akademia Obrony Narodowej**

Patronat honorowy

Bogdan Klich, Minister Obrony Narodowej
Maciej Nowicki, Minister Środowiska i Zasobów Naturalnych

Komitet Sterujący

Janusz Kacprzyk, Prezes Polskiego Towarzystwa Badań Operacyjnych i Systemowych
Olgięrd Hryniewicz, Dyrektor Instytutu Badań Systemowych
Janusz Kręcikij, Komendant Akademii Obrony Narodowej

Komitet Programowy

Piotr Sienkiewicz, *Przewodniczący*
Jacek Mercik, *Wiceprzewodniczący*

<i>Tomasz Ambroziak</i>	<i>Ryszard Budziński</i>	<i>Wojciech Cellary</i>
<i>Marian Chudy</i>	<i>Ludostaw Drelichowski</i>	<i>Jerzy Hołubiec</i>
<i>Olgięrd Hryniewicz</i>	<i>Adam A. Janiak</i>	<i>Jerzy Józefczyk</i>
<i>Ignacy Kaliszewski</i>	<i>Józef Korbicz</i>	<i>Maciej Krawczak</i>
<i>Piotr Kulczycki</i>	<i>Małgorzata Łatuszyńska</i>	<i>Marek J. Malarski</i>
<i>Barbara Mażbic-Kulma</i>	<i>Zbigniew Nahorski</i>	<i>Andrzej Najgebauer</i>
<i>Włodzimierz Ogryczak</i>	<i>Wojciech Olejniczak</i>	<i>Jan W. Owsiański</i>
<i>Andrzej Piegat</i>	<i>Krzysztof Santarek</i>	<i>Roman Słowiński</i>
<i>Honorata Sosnowska</i>	<i>Henryk Spustek</i>	<i>Jan Stachowicz</i>
<i>Andrzej Straszak</i>	<i>Tomasz Szapiro</i>	<i>Andrzej Szymonik</i>
<i>Ryszard Tadeusiewicz</i>	<i>Eugeniusz Toczyłowski</i>	<i>Tadeusz Trzaskalik</i>
<i>Jan Węglarz</i>	<i>Tadeusz Witkowski</i>	<i>Stanisław Zajas</i>
	<i>Bogdan Zdrowski</i>	

Komitet Organizacyjny

Jan W. Owsiański, Andrzej Kałusko, Mieczysław Pelc, Zbigniew Piątek

Sekretariat

Krystyna Warzywoda, Monika Majkut, Aneta M. Pielak, Krzysztof Sep,
Anna Stachowiak, Halina Świeboda, Tadeusz Winiarski

Redakcja wydawnictw

Janusz Kacprzyk, Piotr Sienkiewicz, Andrzej Najgebauer,
Olgięrd Hryniewicz, Andrzej Straszak, Jan Studziński,
Jan W. Owsiański, Zbigniew Nahorski, Tomasz Szapiro

Artykuł wstępny

SZEŚĆDZIESIĄT LAT CYBERNETYKI, ANALIZY SYSTEMOWEJ I POLSKIEJ INFORMATYKI

Piotr Sienkiewicz*, Andrzej Straszak**

*Akademia Obrony Narodowej, **Instytut Badań Systemowych PAN

Artykuł stanowi retrospektywne ujęcie ewolucji cybernetyki oraz analizy systemowej, które wyłoniły się dwa lata po zakończeniu wojny światowej. W tym samym czasie rozpoczęto w Polsce pierwsze prace poświęcone maszynom cyfrowym.

„Ktokolwiek chce uchodzić za rozważnego, niech oddali się od spraw przelotnych: niech pamiętając o przeszłości, porządkuje teraźniejszość i przewiduje przyszłość.”

Stanisław ze Skarbmierza (ok. 1360- 1431)

1. Wprowadzenie

Trudno ogarnąć dwudziestowieczne dokonania nauki i techniki. Pierwsza połowa XX w. zdominowana została przez dokonania fizyków, chemików i matematyków. Uwieńczeniem ich wysiłków było poznanie tajemnic atomu, co przyniosło np. powstanie energetyki jądrowej, ale także użycie broni jądrowej. Skonstruowano pierwsze komputery i systemy telekomunikacyjne. Zmieniło się oblicze biologii i uzyskano znaczący



postęp w dziedzinie nauk medycznych. Rozwój mikroelektroniki przyniósł wynalazki tranzystora (1948), układów scalonych (1957) i mikroprocesora (1971). Powstała i rozwinęła się automatyka i robotyka. Wreszcie nie można zapomnieć o rozwoju lotnictwa i kosmonautyki, który przyniósł lądowanie na księżycu (1969) i loty sond kosmicznych w odległą stronę Galaktyki. W 1946 roku na Uniwersytecie Pensylwanii w Filadelfii uruchomiono maszynę cyfrową ENIAC. Aczkolwiek wcześniej powstały maszyny Z-3 niemieckiego konstruktora Konrada Zuse, to najczęściej przyjmuje się za początek „ery komputerów” powstanie ENIACA. Dwa lata później w Państwowym Instytucie Matematycznym podjęto prace nad polskimi komputerami. Teoretycznym uwieńczeniem wieloletnich badań nad procesami sterowania i komunikowania była wienerowska idea cybernetyki wyrażona w książce opublikowanej w 1948 roku. W tymże roku powstaje RAND Corporation, w której doświad-

czenia badań operacyjnych oraz prac w dziedzinie komputerów i modelowania matematycznego wykorzystano do tworzenia stosowanych analiz systemowych.

Jeśli wspomnieć, że również 60 lat temu D. Gabor wynalazł holografię, a W. Shockley tranzystor, to trudno nie uznać roku 1948 za znaczącą datę w rozwoju współczesnej nauki i techniki, a w szczególności badań systemowych.

2. Cybernetyka Norberta Wienera

Cybernetyka wyrażała jedną z najbardziej doniosłych i wpływowych idei w nauce minionego stulecia. Pojawiła się tuż po II wojnie światowej, w wyniku prowadzonych stosowanych badań naukowych na potrzeby wojska, ponieważ znalazła się niejako „na szlaku przyrostów wiedzy empirycznej”. Uczestniczyły w nich najtęższe umysły tych czasów, wśród nich tacy uczeni, jak: John von Neumann i Norbert Wiener. Wiedzę tę tworzyły zarówno koncepcje teoretyczne genialnych matematyków pierwszej połowy XX wieku, jak i prace konstruktorów nowych generacji maszyn (w tym określanych mianem „maszyn myślących”), biologów i neurofizjologów zgłębiających tajemnice życia i myślenia, a także „badaczy operacji” (wojskowych, a nieco później także biznesowych). Uważa się powszechnie, że cybernetykę zrodziły potrzeby militarne najkrwawszej z wojen w historii ludzkości. Stąd tak wielkie nadzieje towarzyszyły powstaniu i rozwojowi cybernetyki, wiązane zapewne z przekonaniem, że przyniesie korzyści społeczeństwom żyjącym w pokoju. Rychło się okazało, że po wielkiej „gorącej” wojnie niedawni jeszcze sojusznicy staną się przeciwnikami w długiej „zimnej” wojnie. Na Wschodzie z wielką nieufnością traktowano cybernetykę, uważając ją za: „...reakcyjną pseudonauką, stworzoną w USA po drugiej wojnie światowej i szeroko propagowaną również w innych krajach kapitalistycznych; postać współczesnego mechanicyzmu (...) jest więc nie tylko ideologiczną bronią reakcji imperialistycznej, ale i środkiem realizacji jej agresywnych planów wojennych” (Rozenal, Judin, 1955).

Poglądy te niewątpliwie miały negatywny wpływ na rozwój zautomatyzowanych systemów sterowania w ZSRR na przełomie lat 40 i 50, podobny do wpływu „lysenkizmu” na rozwój nauk rolniczych i agrotechniki. W okresie poststalinowskiej odwilży cybernetyka przeżywała rozkwit w ZSRR i innych krajach pozostających pod jego wpływem. Odreagowywano w ten sposób na zjawiska z kręgu patologii nauki, a także traktowano cybernetykę jako swoistą opozycję w stosunku do „diamentu”, dającą swobodę badań naukowych.

Odnaleziono też wielu „szlachetnych przodków” cybernetyki, począwszy od Platona, Korpusu Hipokratejskiego, Ampere’a i Trentowskiego, La Mettrie („Człowiek-maszyna”), Pascala i Leibniza itp. Przywoływano nazwiska tych, którzy myśleli o sztuce (nauce) sterowania dowolnymi obiektami i tych, którzy tworzyli materialne obiekty: automaty i roboty. Cybernetyka powstała więc dlatego, że pojawiło się silne zapotrzebowanie na zaawansowane interdyscyplinarne badania, których obiektem była informacja i sterowanie.



Wybitny matematyk Norbert Wiener (1894-1964) uczestniczył w latach 40 w pracach wielu multidyscyplinarnych zespołów badawczych wspomagających wysiłki aliantów w wojnie. Sumą różnorodnych doświadczeń Wienera była fundamentalna praca opublikowana w roku 1948 (Wiener, 1970). Dzieło jest bezsprzecznie jednym z ważniejszych w naukowym piśmiennictwie XX wieku. Nie jest wyznaniem filozofii nowej nauki, lecz zbiorem wybranych artykułów stricte naukowych (przykładowe ich tytuły: „Czas newtonowski i czas bergsonowski”, „Grupy i mechanika statystyczna”, „Szeregi czasowe”, „Informacja i wymiana informacji”, „Sprzężenia zwrotne i drgania”, „Fale mózgowie i układy

samoorganizujące”). W wydanej dwa lata później popularnej pracy Wiener pisał: *“W świecie Gibbsa porządek jest czymś najmniej prawdopodobnym, chaos czymś najbardziej prawdopodobnym. Ale podczas gdy świat jako całość, o ile w ogóle istnieje świat jako całość, ma tendencję niwelowania różnic, to istnieją lokalne enklawy, w których panuje tendencja przeciwna, a mianowicie ograniczona i czasowa skłonność do wzrastania stopnia organizacji. Życie znajduje swój dom w niektórych spośród takich enklaw. Ten punkt widzenia był rdzeniem, wokół którego cybernetyka zaczęła się rozwijać”* (Wiener, 1961).

W 1948 roku Claude E. Shannon (1916-2001) opublikował pracę, w której przedstawił podstawy teorii informacji. Nawiązując do wcześniejszych prac np. Hartleya i Nyqvista, Kotielnikowa i Kołmogorowa, i sięgając do algebry Boole'a, stworzył podstawowy model systemu informacyjnego (telekomunikacyjnego). Wraz z Wienerem i Weaverem wykazał, że informacja jest atrybutem materii równie podstawowym, jak masa, czas, energia czy czasoprzestrzeń.



W 1952 roku Allan Turing (1912 – 1954) - znany ze znakomitych prac z lat 30-tych dających teoretyczne podstawy nauki o komputerach i udziału w pracach zespołów zajmujących się kryptografią - opublikował artykuł, w którym postawił pytanie: *Czy maszyna może myśleć?* Rozpatruje on następujące możliwości i ogólne odpowiedzi: (1) Nie - jeśli zdefiniuje się myślenie jako proces swoisty i wyłącznie ludzki; (2) Nie - jeśli zakłada się, że w samej istocie myślenia jest coś niezgłębionego, tajemniczego, mistycznego; (3) Tak - jeśli przyjmie się, że tę kwestię należy rozstrzygnąć na drodze eksperymentu i obserwacji, porównując zachowanie się maszyny z zachowaniem ludzi, w stosunku, do których termin „myślenie” ma powszechne zastosowanie. Turing sformułował podstawowe problemy sztucznej inteligencji, której celem badań jest wyjaśnienie i emulowanie zachowań inteligentnych w kategoriach procesów obliczeniowych („in terms of computational processes”). W tej dziedzinie badań cybernetycznych rozwiązywane są problemy przetwarzania mowy i automatycznego tłumaczenia tekstów, przetwarzania obrazów, rozwiązywania problemów i

automatycznego wnioskowania itp., zaś ich spektakularnymi rezultatami są obecnie systemy ekspertowe i kolejne generacje robotów.

Jeden z najwybitniejszych i najwszechstronniejszych uczonych XX wieku, John von Neumann w swej ostatniej pracy rozpatrywał paralele między budową i funkcjonowaniem komputera oraz ludzkiego mózgu stwierdzając, że „*logika i matematyka centralnego systemu nerwowego - jeśli rozpatrujemy je jako języki - muszą strukturalnie różnić się w istotny sposób od tych języków, które są nam dane w codziennym doświadczeniu*” (Neumann von J., 1963).

Na przełomie czerwca i lipca 1960 r. w Moskwie odbył się I Kongres IFAC, w którym uczestniczył Norbert Wiener. Zapytany o najważniejsze i najbardziej aktualne problemy stojące przed cybernetyką, Wiener odpowiedział: „*Przed wszystkim badanie systemów samoorganizujących się, systemów nieliniowych oraz problemów związanych z życiem jako takim. Są to trzy sposoby powiedzenia jednego i tego samego*”. Zapewne powtórzenie sądu Wienera na początku XXI wieku nie powinno budzić zastrzeżeń, ani szczególnego zaskoczenia.¹

Popularność cybernetyki, zwłaszcza w latach 60-tych przyniosła swoistą modę na „różne cybernetyki” (np. cybernetyka: ekonomiczna, techniczna, społeczna, medyczna, pedagogiczna, wojskowa itp.), a w wielu przypadkach kończyło się na modzie, tj. na często bezkrytycznym przenoszeniu pojęć i prostych modeli cybernetycznych (typu „*black box*”) do tradycyjnie uprawianej problematyki „monodyscyplinarnej. Szczególnie rażące były przykłady „cybernetyzacji” humanistyki i nauk społecznych. Nie można natomiast pomijać faktu, że to być może cybernetycznym fascynacjom zawdzięczamy obecny rozwój wielu dyscyplin, przede wszystkim matematycznych i technicznych².

21 maja 1962 roku powstało Polskie Towarzystwo Cybernetyczne, którego pierwszym prezesem został Oskar Lange. Pod egidą PTC Państwowe Wydawnictwo Naukowe stworzyło serię „*Informacja i sterowanie*”, w której wydano m.in. dzieło Wienera (1970) oraz wiele oryginalnych prac polskich uczonych. W 1968 roku w Wojskowej Akademii Technicznej utworzono pierwszy w Polsce Wydział Cybernetyki, znaczący do dziś ośrodek badań operacyjnych, teorii sterowania, informatyki, automatyki i robotyki.

¹ W Kongresie tym uczestniczyli prezentując swoje prace młodzi polscy uczeni: R. Kulikowski, S. Paszkowski i A. Straszak. Z osobistego kontaktu z Norbertem Wienerem dowiedzieli się, że rodzice jego pochodzili z Białegostoku

² Nie brak także nader krytycznych ocen cybernetyki, jak np.: „*Historia obfituje w nieudane próby stworzenia matematycznej teorii, wyjaśniającej i przewidującej szeroki zakres zjawisk, w tym społecznych. W XVII wieku Leibniz snuł fantazje o systemie logiki tak zniewalającej, że pozwoliłaby na rozwiązanie nie tylko kwestii matematycznych, ale i filozoficznych, moralnych i politycznych. Marzenie Leibniza przetrwało nawet w stuleciu zwątpienia. Od czasów drugiej wojny światowej naukowcom zawróciły w głowach co najmniej trzy takie teorie: cybernetyka, teoria informacji i teoria katastrof*” (J. Horgan, *Koniec nauki*, 1999).

W latach 1971-1973 głównym ośrodkiem badań cybernetyczno-systemowych stał się Instytut Cybernetyki Stosowanej PAN, przekształcony następnie w Instytut



Organizacji i Kierowania, a od 1976 r. w Instytut Badań Systemowych PAN, przez wiele lat kierowany przez znakomitego uczonego prof. Romana Kulikowskiego. Instytut od wielu lat uczestniczy w pracach Międzynarodowego Instytutu Stosowanej Analizy Systemowej (IIASA) w Laxenburgu. Z lat 70-tych pochodzą pierwsze znakomite prace z teorii sterowania Z. Bubnickiego, H. Góreckiego, W. Findeisena, T. Kaczorka, R. Kulikowskiego i innych, zaś niegdysiejsze spory o status cybernetyki jako nauki, ustąpiły postawom pragmatycznym określającym priorytety badań naukowych.

Dotyczyły w pierwszym rządzie nauk matematycznych (analiza funkcjonalna, probabilistyka, logika matematyczna) oraz dyscyplin technicznych takich jak analiza systemowa, teoria sterowania, informatyka. Taki punkt widzenia zaprezentowali autorzy raportu „*Rola cybernetyki w rozwoju kraju*” na XXXIV zgromadzeniu ogólnym PAN 30 maja 1972 r. (R. Kulikowski, W. Findeisen, M. Nałęcz, J. Seidler, A. Straszak, S. Węgrzyn).

Cybernetyka odegrała w Polsce wielce znaczącą rolę w popularyzacji nowego, racjonalnego stylu myślenia o społeczeństwie i gospodarce, co sprzyjało podejmowanym - w różnych okresach i z różnym powodzeniem - działaniom w sferze nauki, dydaktyki i praktyki gospodarczej. Dzięki talentom badaczy i ich niekwestionowanej pozycji, polska nauka utrzymywała stały, choć siłą rzeczy ograniczony kontakt z nauką światową, jednakże zapewne najbardziej intensywny z krajów Europy Wschodniej.

3. Analiza systemowa z RAND

W 1948 roku dzięki funduszom fundacji Forda powstała szczególna instytucja po to, aby *zdołać najlepsze umysły i skierować je na zagadnienia przyszłości*. Była nią korporacja RAND, której trzon personelu rekrutował się spośród Douglas Aircraft Corporation, która użyczyła również pomieszczenia mieszkalne, biurowe i laboratoryjne. Dwupiętrowy budynek, w którym mieściła się centrala RAND, stoi do dziś na pięknym wybrzeżu zatoki naprzeciw ratusza w Santa Monica. Została zorganizowana i subsydiowana na rozkaz gen. Arnolda, dowódcy sił powietrznych z okresu II wojny światowej. W pierwszym dziesięcioleciu istnienia, zatrudniająca ok. 800 wybitnych uczonych i analityków RAND prowadziła długofalowe analizy zmian w strategii, taktyce i uzbrojeniu lotnictwa. W 1959 r. opracowano tam światowy (globalny) system baz lotnictwa strategicznego Stanów Zjednoczonych. W latach pięćdziesiątych wśród pracowników RAND znaleźli się uczeni, których bez wahania można zaliczyć do najwybitniejszych umysłów tych czasów, a mianowicie: J. von Neumann, N.





R. Bellman

Wiener, J. Nash (noblista z 1994 r., teoria gier), H.A. Simon (noblista z 1978 r., teoria decyzji), R. Bellman (twórca programowania dynamicznego), H. Kahn (prognozowanie, strategia), K. Arrow (noblista z 1972 r., teoria decyzji), J. Williams (teoria gier), P. Samuelson (noblista z 1970 r., ekonomia), H. Kuhn i A. Tucker (programowanie nieliniowe).

RAND z początku lat 50-tych był oryginalnym instytutem badawczym, którego zadanie polegało na zastosowaniu racjonalnej analizy i najnowszych metod ilościowych do rozstrzygnięcia problemu, jak wykorzystać najnowsze systemy uzbrojenia, by zapobiec wojnie ze Związkiem Radzieckim - lub wygrać ją, gdyby zawiodły metody odstraszenia. Jak powiedział H. Kahn, ludzie z RAND mieli *myśleć o tym, co jest nie do pomyślenia*. O ówczesnej roli RAND w kształtowaniu nowej strategii USA pisano: *W czasie II wojny światowej talenty uczonych były eksploatowane w bezprecedensowy, niemal ekstrawagancki sposób. Po pierwsze, zastosowano wiele nowych wynalazków - radar, detektory promieniowania podczerwonego, samoloty bombowe, rakiety dalekiego zasięgu, torpedy z ładunkami głębinowymi, no i bomby atomowe. Po drugie, wojsko miało bardzo mętne wyobrażenia, jak wykorzystać te wynalazki. Ktoś musiał opracować nowe metody oceny efektywności tych broni i ich najskuteczniejszego wykorzystania. To zadanie przypadło uczonym (Quade, 1989).*

Wraz z powstaniem RAND Corporation zostały stworzone podstawy analizy systemowej, będącej w znacznej mierze rozwinięciem doświadczeń uzyskanych przez grupy badań operacyjnych podczas wojny. Dzięki niezwykłemu umysłowi badaczy i analityków powstała analiza systemowa, której zastosowania miały z czasem ogarnąć wiele nowych obszarów polityki, ekonomii, techniki.

Po II wojnie światowej ppłk Robert S. Mc Namara, który uczył oficerów wojsk lądowych i lotnictwa metod kontroli statystycznej, został zaangażowany przez kierownictwo Ford Motor Company, gdzie dokonał zmian struktury organizacyjnej. W dzień po wyborze Johna F. Kennedy'ego na prezydenta Stanów Zjednoczonych, Mc Namara został mianowany prezesem Forda. Jednakże, gdy prezydent zaproponował mu stanowisko sekretarza obrony, Mc Namara przyjął tę propozycję, stawiając jako warunek możliwość stworzenia zespołu doradców i ekspertów spośród analityków z RAND. Dzięki temu w departamencie obrony znaleźli się między innymi: Ch. Hitch, H. Rowen, A. Enthoven i P. Whostteter. W 1961 r. Ch. Hitch i R. Mc Kean opublikowali książkę, nazwaną „*biblią Pentagonu*”, w której przedstawili zasady nowego podejścia do ekonomiki obrony wykorzystując doświadczenia RAND w dziedzinie badań operacyjnych i analizy systemowej³.

³ Książka ta, zatytułowana „*Ekonomika obrony w erze jądrowej*” ukazała się w Polsce w 1965 roku nakładem wydawnictwa MON z przedmową prof. Wacława Stankiewicza.

Mc Namara tak charakteryzował jego przyjaciela znanego menadżera Lee Iacocca: *Był jednym z najbardziej błyskotliwych ludzi, jakich kiedykolwiek spotkałem, o fenomenalnym wręcz ilorazie inteligencji i mózgu wybiórczym jak magnes - prawdziwy gigant intelektu. (...) Podczas rozmowy z nim człowiek uświadamiał sobie, że on już zdążył przemyśleć wszystkie istotne szczegóły wszystkich możliwych wariantów i scenariuszy rozwoju wydarzeń. Nauczył mnie, żeby nigdy nie podejmować ważnej decyzji, nie mając do wyboru co najmniej dwu równorzędnych wariantów rozwiązań. Kiedy zaś w grę wchodzi sto milionów dolarów, dobrze mieć także trzeci (Iacocca, 1988).*



Jako sekretarz obrony Mc Namara mawiał, że po pierwsze ma rozwinąć siły niezbędne do zapewnienia bezpieczeństwa narodowego, nie licząc się z arbitralnym pułapem budżetu, a po drugie osiągnąć to możliwie najmniejszym kosztem. Pierwsza część tego wyznania jest polityczna i przypomina oskarżenie rzucone kilka lat wcześniej pod adresem administracji Eisenhowera, że wepchnęła potrzeby sił zbrojnych w budżetowy kaftan bezpieczeństwa. Druga część jest robocza, dotyczy bowiem największej „wydajności z dolara”, co stało się naczelną dewizą zarządu Mc Namary. Wyraża to istotę dylematów planowania obrony, do których zespół Mc Namary postanowił zastosować analizę systemową opracowując w 1961 roku PPBS (*Planning Programming Budgeting System*). Metoda ta miała na celu: *dać kierującemu polityką obronną ogólne kształty finansowe i nakłady pracy rzeczowej, niezbędne do realizacji każdego systemu uzbrojenia; przedstawić stosunek efektywności nakładów dla tych programów, aby kierownictwo mogło ocenić, czy dodatkowe korzyści, jakich się spodziewa, są warte tych nakładów w porównaniu z innymi sposobami wykonania tego samego zadania; rozciągnąć na okres pięcioletni ocenę kosztów związanych z tymi programami, dać ocenę siły wojskowej i kosztów jej utrzymania przez zgrupowanie sił strategicznych i sił taktycznych, niezależnie od tego, jaki rodzaj sił zbrojnych nimi dysponuje (Quade, 1989).*

Od roku 1965 PPBS pod wpływem Bureau of the Budget został rozpowszechniony wśród innych urzędów państwowych Stanów Zjednoczonych. Z kolei, pod wpływem amerykańskich doświadczeń PPBS został przyjęty przez siły zbrojne Francji, a następnie rozpowszechniony dzięki poparciu ministra Michela Debré pod nazwą RCB w całej administracji publicznej. Obecnie PPBS jest stosowany jako podstawowy system wspomagania decyzji strategicznych we wszystkich armiach państw NATO.

„Szkoła Mc Namary” nauczyła kierownictwo posługiwania się zasadą maksymalnej efektywności systemów, która problemy planowania strategicznego sprowadzała do zagadnienia optymalizacji z dwoma głównymi kryteriami: maksymalnego poziomu wystarczalności obronnej państwa oraz minimalnych kosztów realizacji programów rozwojowych niezbędnych dla zapewnienia pożądanego poziomu bezpie-

czeństwa narodowego. Chodzi zatem o prymat racjonalnego, systemowego myślenia o problemach bezpieczeństwa narodowego i międzynarodowego. Nie oznacza to bynajmniej jakiegoś „demonizowania” modeli matematycznych, metod ilościowych i komputerów, lecz o rozsądne wspomaganie procesów decyzyjnych w kształtowaniu efektywnego systemu bezpieczeństwa narodowego⁴. Istotę analizy systemowej trafnie wyraził jeden z najbliższych współpracowników R. Mc Namary, Allan Enthoven: *Analiza systemowa może być najlepiej określona jako stały dialog między decydentem a analitykiem systemów, w którym decydent pyta o różne warianty rozwiązania swoich problemów, analityk zaś stara się wyjaśnić konceptualny układ odniesienia, w którym decyzja musi być podjęta, zdefiniować możliwe alternatywne cele i kryteria oraz określić w możliwie najjaśniejszej formie (skwantyfikowanej) koszty i efektywność tych kierunków działania* (Findeisen, 1985).

Edward Quade sformułował ogólne wskazówki dla poprawnej analizy systemowej, które można sprowadzić do następujących rad:

1. Korzystaj z opinii ekspertów.
2. Sformułuj właściwy cel analizy.
3. Sprawdzaj wrażliwość stosowanych modeli.
4. Opracowuj alternatywne warianty rozwiązania problemu i dokonaj ich wielokryterialnej oceny porównawczej.
5. Korzystaj z opinii interdyscyplinarnego zespołu ekspertów.
6. W przypadku złożonych problemów nie opieraj się na analogii do pojedynczych, prostych zadań.
7. Przywiązuj większe znaczenie do częściowych odpowiedzi w ważnych kwestiach niż do pełnego wyjaśnienia nieistotnych (drugorzędnych) problemów.
8. Uwzględnij, że oszacowanie kosztów jest szczególnie istotnym czynnikiem przy wyborze wariantu.
9. Uwzględnij, że decydent może sam skompensować do pewnego stopnia niepełność analizy.
10. Przyjmij jako naczelną zasadę, że nowa koncepcja ma znacznie większą wartość od wielu ocen istniejących już rozwiązań.

Zasady Quade’a nie mają charakteru dyrektyw metodologicznych, natomiast pozwalają dostrzec pragmatyczne nastawienie i brak dogmatycznej postawy, co raczej należy do rzadkości wśród „badaczy” (a raczej tzw. pracowników naukowych).

Analiza systemowa rozpatrywana z metodologicznego punktu widzenia obejmuje następujące etapy (Sienkiewicz, 1995):

- I. Sformułowanie celów działania.
- II. Specyfikacja warunków działania: wymagań i ograniczeń (w ramach przyjętych scenariuszy).
- III. Określenie kryteriów oceny działania z uwzględnieniem niepewności i ryzyka.

⁴ Nie brakowało jednak opinii krytycznych dotyczących przede wszystkim przywiązania nadmiernej wagi do analiz ilościowych, modeli matematycznych i ich komputerowej implementacji. Nasiliły się one w okresie niepowodzeń podczas wojny w Wietnamie.

- IV. Badanie możliwości osiągnięcia zamierzonych celów, z uwzględnieniem nowych alternatywnych rozwiązań (wariantów).
- V. Ocena pozytywnych i negatywnych, bliższych i dalszych oraz głównych i ubocznych skutków jako przewidywanych rezultatów każdego wariantu działania.
- VI. Wielokryterialna analiza porównawcza wariantów działania według przyjętych kryteriów efektywności (dla różnych scenariuszy).
- VII. Przedstawienie wyników analizy w postaci umożliwiającej wybór wariantu najkorzystniejszego.

Na przełomie lat 50 i 60 na zlecenie wojskowej agencji DARPA zespół Paula Barana z RAND opracował koncepcję unikatowej sieci komputerowej o wysokim poziomie bezpieczeństwa. Została ona praktycznie zrealizowana w 1969 roku jako pierwsza sieć komputerowa ARPANET, która stanowiła „załążek” jednej z największych innowacji naszych czasów – globalnej sieci INTERNET.



Obecnie w strukturze RAND znajduje się:

- wydział badań (obejmuje: nauki behawioralne, ekonomię, inżynierię i nauki stosowane, nauki o informacji, politologię i nauki systemowe),
- oddział projektów sił powietrznych (programy: narodowe strategie bezpieczeństwa, zatrudnienia, zastosowania technologii, zarządzanie zasobami),
- oddział badań nad bezpieczeństwem narodowym (programy: zastosowania nauki i technologii, zasoby obronne, systemy informacyjne, międzynarodowa polityka ekonomiczna, polityka obrony i bezpieczeństwa międzynarodowego, systemy wspomaganie i gotowości, bezpieczeństwo i konflikty lokalne, centrum wartościowania strategii),
- oddział badań „wewnętrznych” (programy: kryminalistyka, edukacja i zasoby ludzkie, polityka energetyczna, polityka zdrowia, gospodarka przestrzenna, praca i zatrudnienie itp.) oraz instytut prawa cywilnego i wydział informatyki.
- centrum badań nad terroryzmem.

Obecna struktura RAND dobrze ukazuje ewolucję analizy systemowej: od zastosowań w obszarze bezpieczeństwa narodowego do zastosowań we wszystkich niemal obszarach życia społecznego współczesnego państwa, w szczególności zaś w aspekcie długoterminowych prognoz (*foresight*) i analiz strategicznych.

4. Początki polskiej informatyki

Dzieje informatyki w Polsce zasługują na uwagę i kompetentne opisanie, chociażby z dwóch powodów: 1) już dwa lata po uruchomieniu ENIACA podjęto prace nad maszynami liczącymi, a działo się to mimo „zimnowojennego” klimatu; 2) Polska, pomimo dotkliwej „luki technologicznej” w stosunku do krajów wysoko-

rozwiniętych, stworzyła przemysł komputerowy (ELWRO, MERA), stając się eksporterem urządzeń informatycznych.⁵

Jak zwykle początki były bardzo skromne: 23 grudnia 1948 roku powstała Grupa Aparatów Matematycznych (GAM), przy tworzonemu wówczas Państwowym Instytucie Matematycznym, organizowanemu przez prof. Kazimierza Kuratowskiego.⁶ Zadanie, jakie stało przed zespołem było prawie nierealne – wspominał po latach jednej z uczestników GAM i późniejszy jego kierownik (Łukaszewicz, 1989) - albowiem ENIAC, wzór dany do naśladowania, był gigantem „jednym ze szczytowych osiągnięć ówczesnej technologii amerykańskiej”. Od jesieni 1950 roku w Instytucie Matematycznym trwały prace nad Analizatorem Równań Algebraicznych (RAL), Analizatorem Równań Różniczkowych (ARR) i Elektroniczną Maszyną Automatycznie Liczącą (EMAL). Jesienią 1958 roku siłami Zakładu Aparatów Matematycznych (ZAM) uruchomiono pierwszą polską poprawnie funkcjonującą maszynę cyfrową XYZ, której architektura była uproszczeniem architektury IBM 701. Udoskonalona maszyna XYZ została wyprodukowana jako ZAM 2, zaś niewątpliwym jej atutem było oprogramowanie – System Automatycznego Kodowania (SAKO) określany jako „polski Fortran”.



W 1963 roku wrocławskie zakłady ELWRO podjęły przemysłową produkcję komputerów UMC-1 zaprojektowanych przez Zdzisława Pawlaka. Tamże, od roku 1964 produkowano komputery serii ODRA. W Wojskowej Akademii Technicznej opracowano cyfrowy analizator różnicowy JAGA 63 oraz pierwszy komputer analogowy ELWAT. W 1968 roku rozpoczęto międzynarodowe prace zmierzające do skonstruowania rodziny komputerów Jednolitego Systemu (RIAD), a cztery lata później zmontowano w ELWRO komputer R-30. W 1975 roku w Zakładach Wytwórczych Przyrządów Pomiarowych ERA rozpoczęto produkcję minikomputera MERA 300, w Instytucie Badań Jądrowych uruchomiono system abonencki CYFRONET, a na Politechnice Wrocławskiej WASC (Wielodostępny Abonencki System Cyfrowy).

Przytoczone wyżej wydarzenia to jedynie wybrane przykłady istotnych osiągnięć charakteryzujących początki informatyki w Polsce. Swoistym ich uwieczne-

⁵ Z okazji 50-lecia ENIACA w amerykańskich podsumowaniach półwiecza „ery komputerów” wkład Polski oceniono bardzo wysoko, lokując go w „pierwszej dziesiątce” krajów rozwijających technikę komputerową.

⁶ Pierwszym kierownikiem GAM został Henryk Greniewski – jeden z założycieli Polskiego Towarzystwa Cybernetycznego.

Literatura

- Findeisen W. i in. (1985) *Analiza systemowa, podstawy i metodologia*. WNT Warszawa.
- Greniewski H. (1969) *Cybernetyka niematematyczna*. Warszawa.
- Iacocca L. (1988) *Autobiografia*. KiW, Warszawa.
- Kulikowski R. (1970) *Sterowanie w wielkich systemach*. WNT, Warszawa.
- Lange O. (1962) *Całość i rozwój w świetle cybernetyki*. PWN, Warszawa.
- Lukaszewicz L. (1989) O początkach informatyki w Polsce – od Grupy Aparatów do Instytutu Maszyn Matematycznych. *Nauka Polska*, 1.
- Mazur M. (1975) *Cybernetyka i charakter*. PIW, Warszawa.
- Neumann von J. (1958) *The Computer and the Brain* [tłum. polskie: WNT, 1963].
- Neumann von J., Morgenstern O. (1948) *Theory of Games and Economic Behavior*. New York.
- Quade E.S. (1989) *Analysis for Public Decisions*. RAND Corp.
- Rozental M., Judin P. (1955) *Krótki Słownik Filozoficzny*. KiW, Warszawa.
- Shannon C. E. (1948) A Mathematical Theory of Communication. *Bell Systems Techn. J.*
- Sienkiewicz P. (2005) *Od cybernetyki Wienera do cybernetycznej przestrzeni*. W: *Zastosowania badań systemowych w nauce, technice i ekonomii*. ELIT, Warszawa.
- Sienkiewicz P. (1988) *Poszukiwanie Golema, czyli o cybernetyce i cybernetykach*. PWN Warszawa.
- Straszak A. (2005) Automatyka, cybernetyka i informatyka a systemy. *Materiały XV Krajowej Konferencji Automatyki*, Warszawa.
- Targowski A. (1980) *Informatyka. Modele systemów i rozwoju*. PWE, Warszawa.
- Turing A. (1952) *Computing Machinery and Intelligence*.
- Wiener N. (1948) *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. New York, Wiley [tłum. polskie: PWN 1970].
- Wiener N. (1950) *The Human Use of Human Beings. Cybernetics and Society*. MIT [tłum. polskie: KiW 1961].

IBS PAN *Konf.*

46003

Bibl. podręczna

**Olgierd Hryniewicz, Andrzej Straszak, Jan Studziński
red.**

**BADANIA OPERACYJNE I SYSTEMOWE:
ŚRODOWISKO NATURALNE, PRZESTRZEŃ,
OPTYMALIZACJA**

Książka składa się z artykułów przedstawiających wyniki prac z dziedziny badań operacyjnych i systemowych, poświęconych środowisku naturalnemu i zarządzaniu nim, zwłaszcza w zakresie ochrony atmosfery, globalnego ocieplenia i walki z nim, jakości i zaopatrzenia w wodę. Tematyka ta jest rozszerzona o aspekty przestrzenne, regionalne i samorządowe, a także planowanie i funkcjonowanie infrastruktury. Tom zamykają prace metodyczne, dostarczające technik, będących podstawą prezentowanych zastosowań.

**ISBN 83-894-7519-7
EAN 9788389475190**

Instytut Badań Systemowych PAN
tel. (4822) 3810241 / 3810273 e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl