

ANALIZA SYSTEMOWA I ZARZĄDZANIE

Książka jubileuszowa
z okazji
50-lecia pracy naukowej

ROMANA KULIKOWSKIEGO

Copyright © by Instytut Badań Systemowych PAN
Warszawa 1999

ISBN 83-85847-34-0

Druk: "ARGRAF" Agencja Poligraficzno-Wydawnicza, Warszawa
Skład: Barbara Katuszewska

ANALIZA SYSTEMOWA NA PROGU XXI WIEKU

Andrzej Straszak

Instytut Badań Systemowych PAN

1. Wprowadzenie

W przedmowie do swojej monografii [2] pt.: *Analiza systemowa i jej zastosowanie*, wydanej dwadzieścia dwa lata temu, Roman Kulikowski pisze: "Jedno z podstawowych pytań nurtujących współczesną cywilizację można krótko sformułować jako: *Jak szybko dany kraj, region lub system społeczno-gospodarczy może się rozwijać w danych warunkach? Pytanie to jeszcze do niedawna było traktowane jako zagadnienie rozwoju ekonomicznego [...]. Obecnie (1977 r.) coraz bardziej utrwala się przekonanie, że odpowiedzi na to pytanie należy szukać biorąc za podstawę osiągnięcia wielu nauk.*"

Z dzisiejszej perspektywy, końca XX w., strategiczne pytanie postawione ćwierć wieku temu przez R. Kulikowskiego tylko w niewielkim zakresie należy przeformułować. Jednowymiarowe widzenie złożonych problemów współczesnego świata, regionu bądź kraju, w tym problemów zarządzania, widzenie czysto ekonomiczne, żeby nie powiedzieć fiskalne nadal pokutuje w Polsce, mimo załamania się i upadku ówczesnego systemu społeczno-ekonomicznego. Początek 1999 r. w tej mierze jest bardzo pouczający. Niezbędne reformy krajowej służby zdrowia i krajowego systemu emerytalnego wprowadzono w taki sposób, że dzisiaj w dniu pierwszego w historii Polski strajku generalnego w służbie zdrowia, panuje w Polsce konsens, że reforma przygotowana siłami urzędników i oparta głównie o instrumenty finansowe jest systemowo nie w pełni sprawna. Sektory służby zdrowia Stanów Zjednoczonych czy Wielkiej Brytanii od kilku dziesięcioleci były przedmiotem analiz systemowych; w amerykańskich i zachodnioeuropejskich szkołach biznesu i zarządzania szkoliło się menedżerów dla służby zdrowia. Przygotowywanie ostatnich wielkich reform w Polsce nie tylko nie było przedmiotem szczegółowych badań systemowych ale nawet wystarczających symulacji, nie mówiąc już o chociażby odpowiednich konsultacjach z zakresu analizy systemowej.

Straty ekonomiczne, społeczne i polityczne jakie przyniosą próby wdrażania niedopracowanych czy systemowo ułomnych wielkich reform są ogromne i będą się zwiększać z czasem.

Złożoność świata jako jednego systemu globalnego, złożoność wielu integrujących się jego podsystemów, złożoność większości krajów świata i ich regionów w ostatnim 25-leciu wzrosły niewyobrażalnie, a jednocześnie na szczęście w tym okresie czasu miała miejsce swoista rewolucja informatyczna, charakteryzująca się masową produkcją i rozpowszechnieniem komputerów osobistych.

Obecnie liczbę komputerów mierzy się w milionach. Rozpowszechnienie się w ostatnich latach teleinformatyki, internetu, intranetów i eksternetów stanowi kontynuację tej rewolucji informatycznej. Zmienia to nie tylko informatykę jako taką, ale przyspiesza powstanie nowej cywilizacji - *społeczeństwa informacyjnego*.

Za kilka dni zostanie uruchomiony w Stanach Zjednoczonych nowy internet, tak zwany *Internet 2*, który na początku połączy 70 uniwersytetów amerykańskich oraz sponsorów budowy projektu Abilene. Ten nowy system teleinformatyczny zbudowano przy użyciu 13 tys. mil światłowodowych połączeń umożliwiających przesyłanie 2,4 gigabajtów danych w ciągu sekundy. Internet 2 umożliwi przesyłanie lub zarejestrowanie 30-tomowej encyklopedii w czasie krótszym niż 2 sekundy. Na razie dostęp do nowego systemu teleinformatycznego, w odróżnieniu od Internetu 1, będzie ograniczony.

Jednym z zadań Internetu 2 jest zmniejszenie różnic między prestiżowymi uniwersytetami oraz uboższymi uczelniami Stanów Zjednoczonych, znajdującymi się na prowincji, poprzez umożliwienie im dostępu do informacji oraz uczestnictwa w prowadzeniu wspólnych badań naukowych.

Studenci i profesorowie otrzymują natychmiastowy dostęp do bibliotek i archiwów oddalonych od siebie o tysiące mil. Będzie możliwe uczestniczenie w zajęciach bez względu na miejsce podłączenia oraz współpraca wydziałów różnych uniwersytetów i różnych wydziałów w tym samym uniwersytecie. Nowa sieć ma przyczynić się do upowszechnienia koncepcji wirtualnych uniwersytetów i stworzyć kanały wymiany informacji i wiedzy między naukowcami XXI w.

Internet 2 ma także umożliwić inżynierom zamieszkałym w różnych miejscach USA wspólne konstruowanie nowych urządzeń i produktów z wykorzystaniem trójwymiarowej informacji obrazowej. Ma także stworzyć szpitalom możliwość dokonywania zdalnej wirtualnej diagnozy chorób pacjentów, a także przeprowadzania operacji z udziałem najlepszych specjalistów w kraju.

W przyszłości nowa sieć ma zostać otwarta dla użytkowników całego globu, gdyż leży to w interesie jej obecnych użytkowników.

W 1977 r., gdy publikował wyniki swych badań naukowych R. Kulikowski, ówczesny kierownik Zakładu Systemów Wielkich Instytutu Organizacji i Kierowania PAN i MNSzWiT, nikt nie przewidywał, że już w tak niedługim czasie wystąpią tak wielkie przełomowe zmiany w światowej przestrzeni społeczno-gospodarczo-politycznej i globalnej technosferze. Metodologia analizy systemowej i teoria systemów wielkich wytrzymała jednak próbę czasu i dzisiaj, po tylu latach i tylu zmianach, jest bardziej niezbędna dla zapewnienia rozwoju świata i poszczególnych krajów niż kiedykolwiek.

Jak pisze E. J. Wilson [15], dla krajów opóźnionych w rozwoju, a takim nadal jest Polska, dzisiejsza rewolucja informatyczna będzie odgrywała kluczową rolę w kształtowaniu ich przyszłości. Efektywne wykorzystywanie metod i narzędzi tej rewolucji jest niezbędne dla lepszej edukacji ich obywateli, usprawniania służby zdrowia, zwiększenia konkurencyjności międzynarodowej i lepszego umiejscowienia się danego kraju w globalnym społeczeństwie informacyjnym wszystkich krajów.

Rewolucja informatyczna w początku XXI w. będzie dysponować szybkimi procesorami z zegarem 1 GHz i szybkimi komputerami o wydajności 10 Tops (terra operacji na sekundę), dodając do tego rozpowszechnienie Internetu 2 i innych podobnych sieci globalnych otrzymamy światową technosferę teleinformatyczną umożliwiającą dowolną wirtualizację czynności i działań ludzkich, w tym procesów zarządzania.

Stworzono techniczne podstawy globalnego społeczeństwa informacyjnego. Techniczna baza informatyki jest warunkiem koniecznym dla jego zaistnienia, ale daleko niewystarczającym. Szybkość przetwarzania informacji w procesorach zwiększyła się w ostatnim 25-leciu milion razy, o tyle samo pomnożyła się szybkość przesyłania informacji w światowej infotechnosferze. Tylko w samych Stanach Zjednoczonych w 1998 r. 20% wszystkich gospodarstw rodzinnych posiadało dostęp do internetu, w 1997 r. 23 miliony osób wykonywało w Stanach Zjednoczonych pracę wykorzystując infotechnosferę, liczba komputerów osobistych w Stanach Zjednoczonych jest dzisiaj większa niż liczba zarejestrowanych tam samochodów osobowych i nadal rośnie. Ilościowe zdetronizowanie samochodu osobowego, głównego produktu epoki przemysłowej, mówi samo za siebie, jest symbolem naszych czasów. Z tym, że w ostatnich miesiącach nastąpiło połączenie najnowszych technologii samochodowych z technologią informatyczną. W najnowszych samochodach można znaleźć do 16 procesorów, optymalizujących pracę silnika, wspomagających systemy trakcyjne, wspomagających systemy ustalania pozycji geograficznych (GPS), wspomagających systemy alarmowe itd.; wieloprocessorowa komputeryzacja samochodu stała się faktem. Sam rozwój środków techniki informatycznej nie rozwiązuje złożonych problemów, które formułował R. Kulikowski w swojej monografii, musimy bowiem uwzględ-

niać to, że gospodarka XXI w. będzie globalną gospodarką z informatyzowaną [12], modelowanie komputerowe będzie rozszerzone o technologię rzeczywistości wirtualnej, tym nie mniej jedno pozostaje niezmiennie: rola i znaczenie analizy systemowej. Metody analizy systemów wielkich muszą opierać się nie tylko na pracownikach i technologiach informacji ale przede wszystkim na naukowcach-praktykach, reprezentujących różne dyscypliny naukowe oraz na pracownikach naukowych zdolnych syntezować wiedzę szczegółową i znajdujących rozwiązania interdyscyplinarne i holistyczne [12].

Wynikiem ubocznym II wojny światowej było uznanie przez niektóre kraje wysokiej użyteczności nauki, w tym ośrodków naukowo-badawczych, uczelni akademickich i współpracy naukowców z praktykami. W Stanach Zjednoczonych powstały tak zwane centra myślenia (think tanks), w tym jednym z pierwszych i najśłynniejszy stał się RAND Corporation ulokowany w Santa Monica pod Los Angeles. W tym ośrodku naukowym zgromadzono wybitnych naukowców z różnych dyscyplin: nauk matematycznych, technicznych, komputerowych, ekonomicznych, społecznych, psychologicznych, wojskowych i innych. O roli RAND Corporation w powstaniu analizy systemowej na świecie, w tym w Polsce, pisze Piotr Sienkiewicz [6], który przez wiele lat kierował ośrodkiem analizy systemowej w Akademii Sztabu Generalnego, następnie Akademii Obrony Narodowej.

W Polsce o doniosłości nauki dla rozwoju, w tym nauk systemowych, dowiedziano się dopiero na początku lat 60-tych w wyniku pracy polskiego wywiadu, którego raporty przekonały nieprzychylnie naukowcom ówczesne kierownictwo kraju o strategicznej roli nauk stosowanych dla rozwoju poszczególnych krajów. Utworzono Komitet ds. Techniki, a następnie Komitet Nauki i Techniki kierowany przez wicepremiera, zwiększono udział środków na badania naukowe i techniczne w dochodzie narodowym podzielonym. Powstało wiele instytutów naukowych i naukowo-badawczych, w tym niektóre placówki Polskiej Akademii Nauk. Wprowadzono unikatowe w skali światowej metody finansowania i planowania badań naukowych. W pierwszej połowie lat 70-tych odbył się II Kongres Nauki Polskiej. W tej atmosferze przychylności dla badań naukowych powstał w 1973 r. wielodyscyplinarny instytut naukowy poprzez połączenie Instytutu Cybernetyki Stosowanej PAN, części Centrum Obliczeniowego PAN, Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Informatyki, Zakładu Prakseologii PAN, części Instytutu Filozofii i Socjologii PAN, części Instytutu Prawa PAN i innych grup badawczych z zakresu zarządzania, informatyki i badań systemowych, i otrzymał nazwę Instytutu Organizacji i Kierowania PAN i MNSzWiT.

Dla podkreślenia znaczenia badań systemowych Instytut Organizacji i Kierowania PAN i MNSzWiT zorganizował w 1974 r. pierwszą ogólnopolską konferencję naukową nt.: *Metody cybernetyczne w zarządzaniu*. W referacie wprowadzającym Andrzeja Straszaka pt.: *Cybernetyczny aspekt zarządzania* [8] podkre-

ślono szczególną rolę nauki zarządzania w rozwoju Polski, konieczność analizy przepływów strumieni decyzji, zasobów ludzkich, energii, środków i materiałów. Podkreślono, że ówczesne zadania zarządzania wymagają udziału nauk społecznych, a także zwrócono uwagę na coraz większą rolę jaką może w tym odegrać cybernetyka, w szczególności badania systemowe. Przestrzegano jednak [8]:

"Sam fakt, że gospodarka i państwo mogą być przedmiotem badań cybernetyki nie przesądza jeszcze o korzyściach z tego płynących. Trzeba bowiem rozpatrywać dalsze okoliczności, a mianowicie:

- *czy współczesna cybernetyka dysponuje już odpowiednim aparatem i metodami pozwalającymi badać tego typu niezmiernie złożone systemy społeczno-ekonomiczne;*
- *czy ewentualne badania cybernetyczne przyniosą rezultaty, których przy zastosowaniu innych metod nie da się osiągnąć;*
- *czy wyniki te będą mogły być zastosowane, tzn. że nie tylko będą one zaspokajać ciekawość badaczy, lecz także przyniosą znaczne korzyści społeczeństwu [...].*

Współczesne metody i aparat pojęciowy cybernetyki opierają się głównie na operowaniu mniej lub bardziej dokładnymi, mniej lub bardziej zbliżonymi do rzeczywistości modelami. Modele te, początkowo opierające się prawie wyłącznie na metodach algebry, równań różniczkowych, teorii grafów, statystyki i innych działów matematyki, w obecnej fazie coraz częściej zaczynają posługiwać się metodami symulacji komputerowej. Jednakże znane są w cybernetyce metody sterowania, w tym także sterowania automatycznego, w którym prawie nie wymaga się określania modelu procesu, obiektu czy systemu [...].

Operowanie modelami cybernetycznymi, nawet uproszczonymi, konkretnych systemów społeczno-ekonomiczno-technicznych, takich jak np. zakład produkcyjny, branża produkcyjna czy nawet cały resort gospodarczy pozwala:

- *po pierwsze, na przeprowadzenie analiz systemowych tych układów lub ich części składowych tzn. określenie wszystkich istotnych (dominujących) wielkości wyjściowych danego systemu i wielkości wejściowych oraz relacji między tymi wielkościami;*
- *po drugie, na formułowanie problemów optymalizacji działania danych systemów;*
- *po trzecie, na badanie wrażliwości danego systemu na własne czy zewnętrzne zmiany oraz śledzenie zdolności adaptacji systemu do tych zmian."*

Na konferencji tej R. Kulikowski wygłosił referat pt.: *Optymalizacja systemów zarządzania i planowania rozwoju* [4], przedstawiając problemy modelowa-

nia, sterowania i optymalizacji złożonych systemów produkcyjnych zawierających jako podsystemy, komponenty ekonomiczne, socjalne i środowiskowe. Zapropował zdecentralizowaną strukturę sterowania i zarządzania opartą o model matematyczny. Przedstawił także model rozwoju regionalnego. Sformułował funkcję celu, uwzględniającą nie tylko komponenty techniczno-ekonomiczne systemu, lecz również komponenty społeczno-kulturalne, edukację, naukę i kulturę, zdrowie, środowisko itp. Model miał wspomagać planowanie długookresowe (z horyzontem do 2000 r.) oraz usprawnić podejmowanie decyzji. Problematyka ta nadal jest aktualna, mimo zmian ustrojowych w Polsce.

Na konferencji przedstawiono poważny dorobek analizy systemowej w postaci 150 referatów, skupionych w 11 sekcjach:

1. *Teoria organizacji i zarządzania* (referaty wygłosili: S. Piasecki, J. Trzecienniecki, W. Gasparski, W. Grudzewski, T. Kasprzak, W. Kieżun, i inni)
2. *Systemowe metody zarządzania i podejmowania decyzji* (referaty wygłosili: Z. Zbihorski, P. Sienkiewicz, B. Wawrzyniak, E. Michalewski, i inni)
3. *Modelowanie społeczno-gospodarcze kraju* (referaty wygłosili: R. Kulikowski, B. Kacprzyński, O. Gedymin., i inni)
4. *Wielkie organizacje, branże, resorty* (referaty wygłosili: J. Buga, W. Grabowski, A. Jankowski, A. Lisowski, B. Pełka, i inni)
5. *Kierowanie w systemach społecznych* (referaty wygłosili: K. Doktor, E. Maśłyk, X. Gliszczyńska, L. Kolarska, M. Dobrzyński, M. Dworczyk, W. Morawski, J. Solarz, i inni)
6. *Systemy informatyczne* (referaty wygłosili: J. L. Kulikowski, T. Rowiński, K. Mańczak, E. Pawełczyk, J. Kisielnicki, P. Sienkiewicz, W. Olejniczak, A. Dąbrowski, i inni)
7. *Metody optymalizacji* (referaty wygłosili: J. Jaroń, M. Libura, I. Kaliszewski, W. Szymanowski, i inni)
8. *Alokacja i realizacja przedsięwzięć* (referaty wygłosili: Z. Bubnicki, S. Grzybowski, M. Firlej., i inni)
9. *Systemy produkcyjne* (referaty wygłosili: S. Lis, J. Kacprzyk, H. Potrzebowski, G. Płoszajski, K. Cichocki, L. Kruś, i inni)
10. *Maszyny, zaopatrzenie i remonty* (referaty wygłosili: M.Chudy, B. Korzan, M. Napierała, M. Żebrowski, i inni)
11. *Transport* (referaty wygłosili: T. Wierzbicki, A. Chojecki, M. Bereziński, i inni).

Oprócz IOK PAN i MNSzWiT współorganizatorami tej konferencji naukowej byli: Komitet Nauk Organizacji i Zarządzania PAN, Uniwersytet Warszawski, Szkoła Główna Planowania i Statystyki, Politechnika Warszawska i Wojskowa Akademia Techniczna.

Była to pierwsza w Polsce i jak dotychczas ostatnia wielodyscyplinarna konferencja naukowa z zakresu teoretycznych podstaw zarządzania i zastosowań. Sekretarzem tej konferencji był Janusz Kacprzyk, obecny z-ca dyrektora ds. naukowych IBS PAN.

Konferencję powyższą poprzedziła inna ważna konferencja naukowa zorganizowana przez Instytut Automatyki PAN w 1970 r. nt.: *Teoria i zastosowanie wielkich systemów*, pod kierownictwem R. Kulikowskiego, który wygłosił referat pt.: *Optymalizacja wielkich systemów sterowania środowiska*, wprowadzając nowe obszary badań systemowych, w którym we wstępie podawał: *W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania zastosowaniami teorii sterowania do nowej klasy systemów, zwanych systemami sterowania środowiska, związanych z planowaniem rozwoju rolnictwa i przemysłu, urbanizacją, rozdziałem zasobów, sterowaniem ruchu ulicznego, problemami ekologicznymi itp.* [5].

Dzisiaj postulat zrównoważonego rozwoju kraju zapisano w Konstytucji, problemom ekologicznym kraju poświęcono ostatnio specjalne posiedzenie Sejmu, podczas gdy model matematyczny systemu sterowania środowiskiem i wybór wskaźników jakości przedstawiono już 29 lat temu.

R. Kulikowski w przedmowie do wydanych w 1972 r. materiałów konferencji: *Teoria i zastosowania wielkich systemów* napisał:

"Referaty zawarte w zbiorze dotyczą zwłaszcza następujących zagadnień:

- 1. teoretyczne problemy systemów wielkich (referaty: R. Kulikowskiego, W. N Burkowa i A. J. Lerner, J. I. Czarniaka, A. Straszaka)*
- 2. zagadnienia dekompozycji i decentralizacji w systemach wielkich (referaty: H. Góreckiego i A. Turowicza, A. Wierzbickiego, R. Ostrowskiego)*
- 3. metody identyfikacji obiektów złożonych (referaty: K. Mańczaka, S. Trybuły i J. Malkiewicza, J. Hołubca)*
- 4. teoria obsługi masowej i zagadnienia badań operacyjnych (referaty: S. Piasieckiego, A. I. Siemionowa)*
- 5. problemy zastosowań metod teoretycznych do zagadnień praktycznych (referaty: A. Straszaka i innych, E. Nawareckiego, F. Milkiewicza, S. Trybuły, J. Malkiewicza, G. Gorfana i innych, Z. Kierzkowskiego)."*

Przewidywania R. Kulikowskiego z 1970 r. sprawdziły się tylko częściowo. Rzeczywiście w 1972 r. Zgromadzenie Ogólne PAN przedyskutowało rolę nauk

cybernetycznych w rozwoju kraju i przewidywało - jako pierwsza Akademia Nauk na świecie - rychły zmierzch społeczeństwa industrialnego i szybkie nadejście społeczeństwa cybernetycznego (informacyjnego). W wyniku tych obrad Zgromadzenia Ogólnego PAN przyspieszono w Polsce w pierwszej połowie lat 70-tych rozwój informatyki oraz badań z zakresu cybernetyki i zarządzania jak i też wielu innych badań. Wydawać się mogło, iż powszechna przynajmniej w kręgach opiniotwórczych stała się świadomość, iż społeczeństwo informatyczne opiera swój rozwój nie na rozwoju energetyki i przemysłu lecz na rozwoju wiedzy, co wymaga rozwoju badań naukowych i odpowiedniego udziału nakładów na badania i rozwój w produkcie krajowym brutto (PKB).

W latach 70-tych osiągnięto w Polsce udział nakładów w dochodzie narodowym na badania naukowe około 2%. W czasie tak zwanego Okrągłego Stołu z 1989 r. ustalono jeszcze większy udział nakładów w PKB na naukę do 2000 r. w Polsce.

2. Wzrost złożoności systemów

Dla zobrazowania problemu przywołajmy raz jeszcze inne zdanie R. Kulkowskiego, zawarte w pierwszej części jego monografii [2]: *Analiza systemowa opiera się na wcześniej powstałych gałęziach nauk matematyczno-fizycznych, przejmując od nich zarówno podstawy ogólnej metodologii badań, jak i szereg pojęć oraz aparat matematyczny, w naukach ścisłych bada się procesy zachodzące w systemach złożonych stosując znane prawa lub związki odnoszące się do prostszych elementów systemu.* Następnie konstatuje: *Postępując się modelami matematycznymi konstruuje się obecnie nie tylko układy mechaniczne, pojazdy i budowle. Metody mechaniki teoretycznej przeniknęły bowiem do budownictwa, elektrotechniki, a następnie do automatyki, cybernetyki itd.*

W połowie lat 70-tych mimo, iż ówczesne samoloty czy samochody były mniej złożone nie projektowano ich w oparciu o modele matematyczne lecz budowano fizyczne prototypy różnej skali wielkości i przeprowadzano badania nad tymi modelami fizycznymi. Dzisiaj wykorzystując współczesne komputery modelujemy nie tylko samoloty czy samochody ale także środowisko, w którym w przyszłości będą one przebywać; w rezultacie niekonieczne czy wręcz niepotrzebne stały się badania fizyczne na zminiaturyzowanych modelach rzeczywistych.

Systemowe modele musiały jednak odpowiednio adekwatnie odwzorowywać zarówno pełną złożoność rozpatrywanego czy projektowanego systemu jak i pełną różnorodność otoczenia danego systemu.

Wprowadzając podstawy analizy systemowej pionierzy tego kierunku nauk stosowanych korzystali z koncepcji tak zwanej *czarnej skrzynki*. Zgodnie z tą

koncepcją nie jest istotne, jaka jest struktura i rodzaj elementów zawartych w skrzynce, jeżeli znamy analityczną postać operatora A , który opisuje zależność wyjścia y od wejścia x , tj. $y = A(x)$ [2]. Często zakładano, że A przyjmuje dla uproszczenia postać liniowego operatora całkowego Voltery. Nierzadko jednak operator ten był nieliniowy.

Kulikowski w swojej monografii jako pierwszy zaproponował rozpatrywanie zachowania się modeli systemów w różnych przestrzeniach matematycznych: przestrzeni n -wymiarowej, przestrzeni L^p , przestrzeni H , przestrzeni funkcji ciągłych C . Modeli opisywanych tak zwanym operatorem Voltery

$$y(t) = A(x) \int_0^t k(t, \tau) x(\tau) d\tau$$

czy operatorem nieliniowym

$$y_i = K_i^{q_i} \prod_{j=1}^m \ell_{ji} [X_j]$$

gdzie

$$q_i = 1 - \sum_{j=1}^m \alpha_{ji} > 0 \quad i = 1 \dots n$$

$$y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$$

R. Kulikowski obok rozpatrywanych zwykle modeli ze sprzężeniem zwrotnym, wprowadził modele systemów rozwoju z myślą o zastosowaniach do modelowania procesów ekonomicznych, demograficznych czy ekologicznych.

Funkcja produkcji sektora przyjmuje wtedy postać:

$$y(t) = A [\exp(\mu t)] [k(t)]^\beta [l(t)]^{1-\beta}$$

W oparciu o powyższy model udowodnia tak zwaną *złotą regułę rozwoju*. Następnie rozpatrywał wielosektorowe modele systemów otwartych, zamkniętych, nieliniowe z funkcjami typu *Cobba-Douglasa* i liniowe typu *Leontiefa*. W 1977 r. na II międzynarodowej konferencji IFAC, poświęconej modelom i podejmowaniu decyzji na poziomie gospodarek narodowych [3], przedstawiał oparty o modele nieliniowe produkcji model rozwoju gospodarki narodowej, z uwzględnieniem oprócz modeli produkcji, kapitału i pracy także modele postępu technicznego, modele konsumpcji osobistej i zbiorowej (w tym zdrowia, edukacji, badań naukowych, urbanizacji itd.), model demograficzny, model środowiska naturalnego. Był to w owym czasie najbardziej wielodyscyplinarny i wieloaspektowy model społeczno-gospodarczego rozwoju kraju. Docenienie w tym ogólnym modelu rozwoju modeli szczegółowych takich jak edukacji i nauki było wówczas bardzo nowatorskie, gdyż pokazywało związek rozwoju ekonomicznego

danego kraju z rozwojem edukacji i nauki, a wraz z tym znaczenie intelektualnego i profesjonalnego poziomu społeczeństwa. Doświadczenie Stanów Zjednoczonych w ostatnim 25-leciu pokazało, że rozwój edukacji i nauki ma wymiar nie tylko społeczny czy cywilizacyjny, ale także bezpośrednio ekonomiczny, przejawiający się we wzroście PKB a także poziomu zatrudnienia.

Przedstawiając wyniki perspektywicznego modelowania sektora edukacji w Polsce, R. Kulikowski [2] podaje przewidywaną dynamikę ilości absolwentów szkół wyższych do 2000 r. Model pokazuje wzrost w latach 1975-83, następnie załamanie się wzrostu w okresie 2 lat i ponowny wzrost do 1995 r. a następnie spadek do 2000 r. Dane rzeczywiste były oczywiście inne, ale nie wynika to z niedoskonałości modelu czy podejścia. W połowie lat 70-tych nikt nie mógł przewidzieć, że w sektorach edukacji i nauki wystąpi wieloletni kryzys spowodowany kryzysem gospodarczym w Polsce w końcu lat 70-tych i całej dekadzie lat 80-tych, co spowodowało bankructwo ówczesnego systemu politycznego i przejście do innego rozwiązania systemowego, które to rozwiązanie zaowocowało powstaniem dużej liczby nowo tworzonych wyższych uczelni prywatnych. Nowy system społeczno-gospodarczy zwiększył popyt na pracowników i menedżerów z wyższym wykształceniem. Paradoksalnie jednak, a i niebezpiecznie, że nowy system - wskutek złożonych okoliczności - nie spowodował zwiększenia zapotrzebowania na badania naukowe zarówno ze strony gospodarki jak i państwa, a odwrotnie, jeszcze je zmniejszył, pograżając badania naukowe w Polsce w jeszcze większym kryzysie.

R. Kulikowski przedstawił także model dynamiczny liczby kadr naukowych w Polsce uwzględniający sześciostopniowy system awansów naukowych. Przedstawiony model jest wieloetapowy i złożony, a wynika z niego, że zakłócenia procesu rozwoju kadry naukowej mogą skutkować przez długi czas i na wiele lat naprzód wprowadzać określone ograniczenia. Nawet gdyby od 2000 r. gwałtownie zwiększono nakłady na badania naukowe, to powrót do stanu przedkryzysowego będzie trwał bardzo długo, znacznie przekroczy okres 10 lat. Czy z faktu, że opracowany w IOK PAN i MNSzWiT model rozwoju kraju nie przewidział załamania się systemu polityczno-społeczno-gospodarczego można wysnuć wniosek, że model był niezbyt doskonały?. Po pierwsze, załamanie się poprzedniego systemu politycznego nastąpiło w płaszczyźnie politycznej nie tylko krajowej lecz międzynarodowej, co nie było przedmiotem modelowania. Wprawdzie jak pisze Zbigniew Brzeziński: *był taki politolog, który przewidział, że totalitaryzm jest zjawiskiem przejściowym*, a był nim sam Brzeziński, który wraz z Carlem J. Friedrichem przedstawił to w książce wydanej w 1956 r. pt. *Totalitarianism Dictatorship & Autocracy*. Jednakże w swojej książce z 1997 r. [1] rozpatrując świat do 2020 r., autor ten przedstawia więcej pytań, dotyczących najbliższych 20 lat, niż odpowiedzi.

Jedno jest pewne, że złożoność problemów rozwoju świata nie zmalała a wzrosła. Wiadomo, że zmieniają się i przemieszczają bieguny zmian w świecie. Podejmując trud analizy systemowej rozwoju Polski w 2000 r., nie można by nie uwzględnić faktu, że jak każdy kraj, tak i Polska wchodzi w skład globalnej gospodarki rynkowej. Trójsektorowość społeczeństw i gospodarek z sektorem rolnictwa, przemysłu i usług zostaje zastąpiona czterosektorowością poprzez wydzielanie sektora informacji, gdy sektory przemysłu i usług ulegają udziałowemu zmniejszaniu. Elementy sektora informacji można znaleźć w modelu kraju przedstawionym przez R Kulikowskiego w 1977 r., nie można było przewidzieć w tym czasie globalizacji tego sektora bez masowej produkcji komputerów osobistych, które rozpoczęło się dopiero 5 lat później, bo w 1982 r., bez rozwoju telekomunikacji satelitarnej, która nastąpiła dopiero w ostatnich latach.

W społeczeństwie informacyjnym, w którym przynajmniej w części już funkcjonujemy, złożoność systemów wzrasta, wprowadzone reformy w sektorze zdrowia i sektorze emerytur musiały już oprzeć się koncepcyjnie i praktycznie o wielkie systemy informatyczne, doświadczenie ze stosowaniem których w Polsce jest jednak jeszcze bardzo ograniczone. Złożoność systemów nie powinna przerażać, a stymulować do ich zrozumienia i opanowania, a to jest możliwe tylko poprzez wdrażanie podstaw analizy systemowej i jej upowszechnienie.

Nie jest przesadą stwierdzenie, że analiza systemowa nie kończy swojej misji w XX w., lecz przechodzi do XXI w. jako ważna dziedzina teorii, a co najważniejsze praktyki.

Mówiąc językiem systemów, analiza systemowa jest tylko głównym elementem pętli sprzężenia zwrotnego lub sprzężenia wyprzedzającego i menedżer systemu, ktokolwiek byłby nim, może ale nie musi wykorzystać wyniki analizy systemowej. Z doświadczenia własnego wiemy, że jeżeli jeden menedżer zamówił konkretną analizę systemową, a otrzymuje ją jego następcą, to niewiele wynika z całego przedsięwzięcia, które jest bardzo czasochłonne i pracochłonne. Pozostaje tylko satysfakcja badawcza i nabyte doświadczenie.

Analiza systemowa niezmiernie złożonego systemu jakim będzie geopolityczny system świata w 2020 r. przeprowadzona przez Z. Brzezińskiego [1], nie korzysta z modeli ani technik informatycznych, w odróżnieniu od tradycyjnych opisów przedstawia tylko więcej map, grafiki i liczb. Głównym środkiem przekazu jest tekst, a raczej zawarta w nim bardzo rozległa i dogłębna wiedza.

Nie musi być więc analiza systemowa złożonych systemów być przedstawiana wyłącznie w przestrzeniach matematycznych, oczywiście gdy się to udaje. To tym lepiej i tym sposobem obecnie łatwiej rozpowszechnić jej wyniki. Znaczenie na przykład analizy systemowej geopolitycznego systemu świata w 2020 r. jest wielkie i to zarówno z punktu widzenia praktyki dla wielu państw i dla co najmniej tysiąca różnych przedsiębiorstw globalnych. Dlatego można założyć z

pewnością, że komputerowe modele systemowe świata 2020 istnieją i to w wielu wersjach metodologicznych i systemowych.

W świetle rozwoju systemów wielkich nieodzowne staje się też modelowanie i analiza mniejszych systemów np.; lokalnych, regionalnych jako otoczenia i uwarunkowania np. dla samorządu województwa mazowieckiego, którego obowiązkiem będzie opracowanie strategicznego planu rozwoju tego nowego województwa co najmniej na okres do 2020 r., a może nawet do 2040 r., niezbędne będzie rozpatrzenie wielu scenariuszy rozwoju świata, a w szczególności Rosji i Chin.

Przeprowadzając analizę systemową skutków i wpływu wybudowania autostrady A2 na rozwój gmin, powiatów i województw w korytarzu transportowym wzdłuż pasa o średnicy 100 km, skutków długotrwałych, odległych a więc widocznych po 2015 r., może okazać się, że modele lub scenariusze rozwoju euroazjatyckiego kontynentu mogą być bardziej ważne niż modele matematyczne ruchu strumieni samochodów na przyszłej A2. Wszystko zależy od punktów widzenia, wielkości skali analizy. Wielość i różnorodność analiz systemowych może się wzajemnie uzupełniać i dlatego dla ważnych systemów nigdy wielość i różnorodności nie jest za dużo.

Analiza systemowa, poza przypadkami wyjątkowymi, nie może być jednoautorska i jednorazowa, powinna być przeprowadzana przez zespoły analityków lub nawet różne instytuty. W analizie systemowej złożonych systemów praca zespołowa analityków jest niezbędna, ale niezmiernie trudna w szczególności w Polsce, gdzie specjaliści w większości przypadków to indywidualiści o ujemnym współczynniku kooperatywności tzn. współpraca z nimi może pogarszać wyniki zamiast je zwielokrotniać.

W związku z powyższym ważną rolę do spełnienia ma analityk integrujący czy zespół analityków integrujących dla opracowania syntez zbiorczych niezbędnych przy analizie systemowej złożonych systemów retro czy prospektywnych. Systemowa integracja wszystkich niezbędnych podsystemów niezależnie od metodologii, języka czy przestrzeni w jakiej przeprowadzono analizę systemową konkretnych podsystemów wieńczy złożone dzieło współczesnej analizy systemowej coraz bardziej złożonych systemów, w których żyjemy lub będziemy żyć w dalszej i bliższej przyszłości.

3. Koniec zarządzania hierarchicznego. Nowe modele zarządzania

Zarządzanie hierarchiczne wyłoniło się i rozwijało w długim procesie ewolucyjnym cywilizacji ludzkich. Wszystkie dotychczasowe cywilizacje: babilońska, egipska, rzymska, bizantyjska, chińska itd. oparte były na hierarchicznych strukturach zarządzania, a także społeczeństwo industrialne wraz z jego wielkimi

zakładami produkcyjnymi, wielkimi instytucjami finansowymi i urzędami państwowymi stosowały hierarchiczną strukturę zarządzania.

Hierarchiczne struktury zarządzania wyłoniły się na skutek ograniczonej zdolności zarządzania człowieka. Tak zwana właściwa rozpiętość zarządzania wynosi około 10 osób, taka była w armii rzymskiej i taka jest w wielkich dzisiejszych korporacjach gospodarczych.

O ile praktyka hierarchicznego zarządzania liczy sobie wiele tysięcy - dominowała w społeczeństwie rolniczym, potem w społeczeństwie industrialnym - o tyle teoretyczne badania struktur hierarchicznych rozpoczęło się dość późno, bo dopiero w drugiej połowie XX w. Zainteresowanie teoretyczne hierarchicznymi strukturami zarządzania pojawiło się wraz z rozwojem zastosowań systemów sterowania automatycznego i informatyki. Rozwój komputerów umożliwił zastosowanie ich w przemyśle, ale ich ograniczone możliwości w owym czasie sprawiły, że ich zastosowania były możliwe z wykorzystaniem struktur hierarchicznych, co z kolei pozwoliło także spojrzeć po nowemu na tradycyjne hierarchiczne struktury zarządzania.

Modele zarządzania hierarchicznego były także przedmiotem zainteresowań badawczych R. Kulikowskiego [2]; na poszczególnych poziomach zarządzania rozpatrywał podsystemy opisywane funkcją produkcji typu *wejście-wyjście*.

$$Y_i^{(r)} = F_i^{(j)} [X_i^{(r)}] \quad i = 1, 2, \dots$$

gdzie $X_i^{(r)}$ jest tu wektorem danych m zasobów produkcyjnych

$$X_i^{(r)} \equiv (X_{i1}^{(r)}, X_{i2}^{(r)}, \dots, X_{mi}^{(r)})$$

Problem zarządzania hierarchicznego modeluje się jako problem maksymalizacji produkcji końcowej, to znaczy należy znaleźć takie nieujemne wektory

$$X_i^{(1)} = \hat{X}_i \quad i = 1, \dots, n$$

$$\text{aby} \quad Y_1^2 = \max \sum_{i=1}^n F_i^{(1)} [X_i^1] = \sum_{i=1}^n F_i^{(1)} [\hat{X}_i^1]$$

$$\text{oraz} \quad \sum_{i=1}^n X_i^{(1)} \leq X_i^{(2)}, \quad X_i^{(1)} \geq 0, \quad i = 1, \dots, n$$

Struktury hierarchiczne mają swoje silne, ale i słabe strony. Rozpad imperiów opartych na strukturach hierarchicznych zarządzania nie był przypadkowy.

Do niedawna osoba zarządzająca nie miała własnych, osobistych narzędzi wspomagających zarządzanie. Pojawiają się one od niedawna dzięki elementom społeczeństwa informatycznego.[13, 14].

Obecnie tworzy się cybernetyczna ogólnoświatowa infotechnosfera, która stwarza nowe możliwości zarządzania. Mogły więc powstać światowe przedsiębiorstwa czynne 24 godziny na dobę, mogły powstać przedsiębiorstwa wirtualne czasowo włączające i wyłączające ze swojej struktury organizacyjnej mniejsze jednostki. Powstały także nowe możliwości zdobywania informacji, wiedzy i uczenia się.

Światowy magazyn biznesu *Fortune* opublikował niedawno artykuł, w którym czytamy: *Trzeba zapomnieć o przestarzałych, zużytych koncepcjach na temat zarządzania. Zwycięską firmą lat 90-tych będzie ta, którą nazywamy dziś organizacją uczącą się [...]. Zdolność szybszego uczenia się niż konkurencja - stwierdził Arie de Gaus, szef planowania w Royal Dutch / Shell - może okazać się jedynym trwałym elementem przewagi nad konkurencją [...]. Nie można już dłużej wyznaczać celów na szczycie organizacji i nakazywać pozostałym jej członkom [...]. Organizacjami, które naprawdę zwyciężą w przyszłości, będą te, które odkryją jak wykorzystać ludzkie zaangażowanie i możliwości uczenia się na wszystkich ich szczeblach [12]*". Współczesne organizacje uczące się opierają się nie na hierarchicznej strukturze zarządzania, a na 5 następujących zasadach-filarach [12]:

1. *Myślenie systemowe* - Jest to koncepcja widzenia świata poprzez systemy, widzenie holistyczne, a nie partykularne, wycinkowe, jest to zasób wiedzy i narzędzi rozwijanych w systemowym nurcie zarządzania. Myślenie systemowe pozwala skutecznie wpływać na systemy, w których się znajdujemy. Struktury hierarchiczne zarządzania nie sprzyjają myśleniu systemowemu.
2. *Mistrzostwo osobiste* - Nie wystarczy już wykonywać coś dobrze, trzeba wykonywać wszystko po mistrzowsku, struktura hierarchiczna zarządzania nie sprzyja mistrzostwu osobistemu menedżerów różnych szczebli.
3. *Zmiany wspólnych modeli myślowych* - Zarządzanie w okresie gwałtownych zmian i nieprawidłowości globalnego rynku, wymaga częstych zmian modeli myślowych menedżerów i ich badania. Sukces firmy obecnie zależy od umiejętności instytucjonalnego uczenia się czyli procesu, w którym kadra menedżerska zmienia swoje wspólne modele myślowe dotyczące firmy, jej rynków i konkurentów. Struktury hierarchiczne zarządzania nie sprzyjają wspólnemu uczeniu się menedżerów.
4. *Budowanie wspólnej wizji przyszłości* - Budowanie wspólnej wizji przyszłości firmy czy organizacji wymaga zdolności wydobywania na światło dzienne wspólnych obrazów przyszłości. Istnieje potrzeba zaangażowania i oddania się sprawie w miejsce postuszeństwa. Przywódcy muszą uczyć się, jak bardzo

nieskuteczne jest narzucanie swojej wizji pracownikom. Struktura hierarchiczna zarządzania sprzyja narzucaniu wizji wyższego szczebla zarządzania niższym szczeblom i jest już obecnie nieskuteczna.

5. Zespołowe uczenie się - Tego trzeba się uczyć; wychodzi się od ćwiczenia dialogu, od uczenia członków zespołów odrzucania z góry przyjętych założeń i uruchomienia autentycznego myślenia zespołowego. Nakazowy styl hierarchicznych systemów zarządzania uniemożliwia zespołowe uczenie się.

W społeczeństwie informacyjnym infotechnosfera stwarza możliwości teleuczenia się czy uczenia się wirtualnego. Wymaga to jednak elastycznych struktur zarządzania, a nie stosowania wyłącznie tradycyjnych struktur hierarchicznych. Oparcie zarządzania na powyższych pięciu filarach, a nie na hierarchicznej strukturze zarządzania, stwarza także możliwość szerokiego korzystania z wielu inteligentnych agentów softwarowych (wspomagających zarządzanie i umiejscowionych w cybernetycznej infosferze firmy) co daje możliwość niezwykle efektywnej synergii ludzkiej i sztucznej inteligencji w procesach zarządzania [16].

4. Wnioski

Analiza systemowa i teoria systemów wielkich lat 60-tych i 70-tych była zwiastunem pojawiania się narzędzi rozwiniętego społeczeństwa informacyjnego, społeczeństwa opartego na ciągłym pomnażaniu i wykorzystywaniu wiedzy. Społeczeństwa, w którym większość obywateli będzie mieć wyższe wykształcenie, zaś znaczna część menedżerów stopnie DBA (doktor nauk zarządzania).

W przyszłości zatrudnienie w sektorze rolnictwa będzie rzędu 2%, zatrudnienie w przemyśle rzędu 4-5%, a reszta, a więc 90% będzie funkcjonować w sektorach usług i informacji, którego liczącymi się podsystemami będzie edukacja i badania naukowe. Czy Polska będzie rozwiniętym społeczeństwem informacyjnym? Wiele zależy od najbliższej przyszłości gdyż jutro może być już za późno. Bez rozwiniętego sektora badań naukowych, w tym stosowanych analiz systemowych nie jest możliwe wejście do grona rozwiniętych społeczeństw informacyjnych. W końcu XVIII w. w wyniku braku wyobraźni i elit politycznych Polska utraciła swoje miejsce w gronie rozwijających się państw Europy. Czy za 100 lat stwierdzi się ponownie, że wskutek braku wyobraźni i części elit politycznych Polska straciła należne jej miejsce wśród cywilizowanych narodów świata?

Literatura

1. Brzeziński Z.: *Wielka szachownica*. POLITEJA, Warszawa 1999.
2. Kulikowski R. *Analiza systemowa i jej zastosowanie*. PWN, Warszawa 1977.
3. Kulikowski R.: *Long-term normative model of national development – socio-economic part*. W: Janssen J., Pau L., Straszak A. (Eds.): *Models and Decision*

- Making in National Economies*, ss. 1-8, NORTH-HOLLAND, Amsterdam 1979, ss. 1-8, 9 poz. bibl.
4. Kulikowski R.: *Optymalizacja i modelowanie systemów zarządzania i planowania rozwoju*. W: *Metody cybernetyczne w zarządzaniu*. Materiały konferencji, Warszawa 22-26 kwietnia 1974. OSSOLINEUM, Wrocław 1979, ss. 133-148, 7 poz. bibl.
 5. Kulikowski R.: *Optymalizacja wielkich systemów sterowania środowiska*. W: *Teoria i zastosowania wielkich systemów*. OSSOLINEUM, Wrocław 1972, ss. 7-22, 4 poz. bibl.
 6. Sienkiewicz P.: *Analiza systemowa. Podstawy i zastosowania*. BELLONA, Warszawa 1994.
 7. Findeisen W. (Red.): *Analiza systemowa - Podstawy i metodologia*. PWN, Warszawa 1985, 748 s.
 8. Straszak A.: *Cybernetyczny aspekt zarządzania*. W: *Metody cybernetyczne w zarządzaniu*. Materiały konferencji, Warszawa 22-26 kwietnia 1974. OSSOLINEUM, Wrocław 1979, ss. 7-17.
 9. Straszak A.: *Dziedziny i przykłady zastosowań analizy systemowej*. W: Findeisen W. (Red.): *Analiza systemowa - Podstawy i metodologia*. PWN, Warszawa 1985, ss. 57-84, 39 poz. bibl.
 10. Straszak A.: *Zarządzanie w przestrzeni cybernetycznej*. FIRMA I RYNEK, nr 7, 1998, Szczecin, ss. 48-51.
 11. Straszak A.: *The long term development in Poland under the impact of the new global management, infrastructure and technology*. W: Owskiński J. (Ed.) *Modelling and Analysing Economies in Transition II*. INTERFACE, Warszawa 1998.
 12. Senge P. M.: *The fifth discipline. The art and practice of learning organization*. DOUBLEDAY PUBLISHING, 1990.
 13. McDonald G. J.: *Science for global insight. Vision for the 21st century*. IIASA, Austria, Laxenburg 1998.
 14. *The 21st century economy*. Business week. Special issue. August 1998, TIME 91997 Special Report. Welcome to the Wired Word. TIME, 149, 5.
 15. Wilson E. J.: *Investing the global information future*. FUTURES, 30, 1, 1998.
 16. Zadeh L. A.: *Some reflections on soft computing, granular computing, and their roles in the conception, design and utilization of information/intelligent systems*. SOFT COMPUTING, 2, ss. 23-25, 1998.

ISBN 83-85847-34-0