

Elżbieta Z. Niemyjska*

DYNAMIKA SYSTEMÓW ZARZĄDZANIA
JAKO METODA USPRAWNINIENIA PROCESU STEROWANIA
ORGANIZACJAMI GOSPODARCZYMI

1. Wstęp

Postęp w dziedzinie sterowania systemami społeczno-ekonomicznymi w coraz większym stopniu oprócz metod heurystycznych i analitycznych sięga do metod algorytmicznych, często z wykorzystaniem elektronicznych maszyn cyfrowych. Zarządzanie zarówno na szczeblu makro-, jak i mikroekonomicznym stało się procesem tak złożonym i skomplikowanym, że nie wystarcza już ani sama teoretyczna znajomość problemów zarządzania jednostkami gospodarczymi czy jedynie doświadczenie kadry kierowniczej, ani sama chęć ponoszenia ryzyka w procesie decyzyjnym. Coraz częściej podjęcie decyzji poprzedzać musi wszechstronna i wnikliwa ocena zarówno obiektu zarządzanego, jak i skutków ewentualnej decyzji i to nie tylko o charakterze doraźnym dla tej komórki struktury organizacyjnej, w której decyzja ma być wprowadzona, ale i skutków długofalowych dla całego obiektu zarządzania. Oczywiście tylko w znikomym stopniu jesteśmy w stanie dokonać takiej kompleksowej oceny w oparciu o eksperymentowanie na rzeczywistym obiekcie sterowania. Trudności spowodowane są najczęściej niemożliwością przeprowadzenia eksperymentów na realnym systemie, z niepożądanym, a nawet nieodwracalnym charakterem ewentualnych skutków badań, nieekonomicznością eksperymentu, tj. nadmiernymi

* Mgr, asystent w Zakładzie Organizacji Przetwarzania Danych UŁ.

nakładami finansowymi czy materialnymi bądź tajemnicą firmową czy państwową. Stąd coraz częściej sięgamy do eksperymentowania na modelach abstrakcyjnych, tj. "...hipotetycznych konstrukcjach myślowych, będących uproszczonym obrazem badanego fragmentu rzeczywistości opartych na eliminacji myślowej jego elementów (cech, relacji) nieistotnych dla danego celu lub w danym etapie badań. Zakres dokonanych eliminacji myślowych i uproszczeń wyrażają założenia, czyli tzw. warunki początkowe modelu; przy założeniu tych warunków (często mających charakter idealizacji stanu faktycznego i wartości fikcji heurystycznej) przedstawia się w modelu struktury badanego fragmentu rzeczywistości i docieka się prawdziwości w nim zachodzących"¹.

Ekspertymentowanie na modelach w celu poprawy procesu zarządzania obiektem modelowanym jest szeroko wykorzystywane w badaniach operacyjnych, gdzie stosując pewne rozwiązania analityczne jesteśmy w stanie przeprowadzić optymalizację decyzji z punktu widzenia założonego kryterium bądź określić wpływ proponowanej przez nas decyzji na zachowanie się tej komórki organizacyjnej modelowanego obiektu, w której decyzja ma być wprowadzona. Postępem jakościowym w tym zakresie w stosunku do badań operacyjnych jest niewątpliwie symulacja komputerowa, tj. "...technika numeryczna służąca do dokonywania eksperymentów na pewnych rodzajach modeli matematycznych, które opisują przy pomocy maszyny cyfrowej zachowanie się złożonego systemu w ciągu długiego okresu czasu"². Tak więc, przy zachowaniu wszystkich walorów metodologicznych procesu modelowania struktur systemowych, stosując technikę symulacji jesteśmy w stanie przeprowadzić dowolną liczbę eksperymentów z możliwością powtórzenia każdego kroku przy każdym możliwym stanie modelu. Celem eksperymentowania symulacyjnego jest prognozowanie zachowania się modelowanego obiektu w dowolnie długim, ustalonym przez nas okresie czasu. Dodatkowym plusem jest tu automatyzacja badań symulacyjnych, co znacznie

¹Wielka Encyklopedia Powszechna, Warszawa 1966, t. 7, s. 394.

²T. N a y l o r, Modelowanie cyfrowe systemów ekonomicznych, Warszawa 1975. Takie rozumienie terminu symulacja podał po raz pierwszy C. C. H u r d w artykule: Simulation by computation as an operations research tool, "Operations Research" 1954.

przyspiesza proces eksperymentowania, eliminuje mozolną pracę obliczeniową oraz zmniejsza prawdopodobieństwo popełnienia błędu.

Ekspertyzy symulacyjne, dokonywane na modelach systemów ekonomicznych, mogą mieć charakter stochastyczny bądź deterministyczny. Podstawowym wyróżnikiem pomiędzy tymi metodami jest stopień pewności wiedzy badacza na temat badanego obiektu, co znajduje bezpośrednie odbicie w składnikach sformułowanego modelu matematycznego. I tak, proces modelowania dla potrzeb symulacji stochastycznej charakteryzuje się niepełną wiedzą badacza na temat modelowanego obiektu, a sformułowany model matematyczny zbudowany jest z następujących elementów:

- parametrów, tj. tych charakterystyk badanego modelu, które przyjmują taką samą wartość dla szeregu operacji bądź dla szeregu kolejnych punktów czasowych;

- zmiennych modelu, wśród których wyróżnić możemy tzw. zmienne endogeniczne, czyli objaśniane przez model oraz całą grupę zmiennych objaśniających, m. in. zmienne egzogeniczne oraz zmienne endogeniczne opóźnione; do zmiennych egzogenicznych modelu zaliczamy zmienne kontrolowane, zwane inaczej decyzyjnymi oraz zmienne niekontrolowane, tzn. składniki losowe, zmienne sztuczne czy niekontrolowane zmienne deterministyczne.

Obecność zmiennych niekontrolowanych wymaga od projektanta dodatkowych nakładów pracy w trakcie modelowania, a następnie w procesie symulacji (np. aproksymacja funkcji modelu czy rugowanie składnika losowego). Stąd projektowanie modeli dla celów symulacji stochastycznej wymaga wysoce wyspecjalizowanego wykształcenia matematycznego, a w zamian za to zakłada większą tolerancję w zakresie znajomości struktury organizacyjnej i działania modelowanego obiektu.

O wiele większą przydatność dla projektanta-ekonomisty o odpowiedniej kulturze matematycznej stanowią techniki symulacji deterministycznej³. W tym wypadku przyjmuje się założenie o absolutnej apriorycznej wiedzy badacza na temat modelowanego obiektu,

³W spolszczonej nomenklaturze zamiast określenia "techniki symulacji deterministycznej" stosowane jest określenie "czysto komputerowe techniki symulacji" - podane za: W. R a d z i k o w s k i, Symulacje w zarządzaniu przedsiębiorstwami, "Ekonomika i Organizacja Pracy" 1972, nr 1.

co oczywiście wiąże się z koniecznością doskonałej znajomości zarówno struktury, jak i interakcji wewnętrznych zachodzących w modelowanym obiekcie czy zewnętrznych relacji obiekt-otoczenie. Opracowany model matematyczny jest ściśle zdeterminowany, ma wyspecyfikowane wszystkie parametry i wartości początkowe. Cykl symulacyjny obejmuje dziesiątki, a nawet setki eksperymentów obrazujących zachowanie się badanego obiektu w długim okresie czasu. Zmiany w zakresie wartości parametrów bądź reguł sterujących funkcjonowaniem modelu mogą być wnoszone dopiero po zakończeniu wieloetapowego cyklu symulacji. Najbardziej reprezentatywnym typem symulacji deterministycznej jest DYNAMIKA SYSTEMOWA (System Dynamics Method), opracowana przez zespół prof. J. W. Forrester z Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA.

2. Ogólna charakterystyka Dynamiki Systemowej

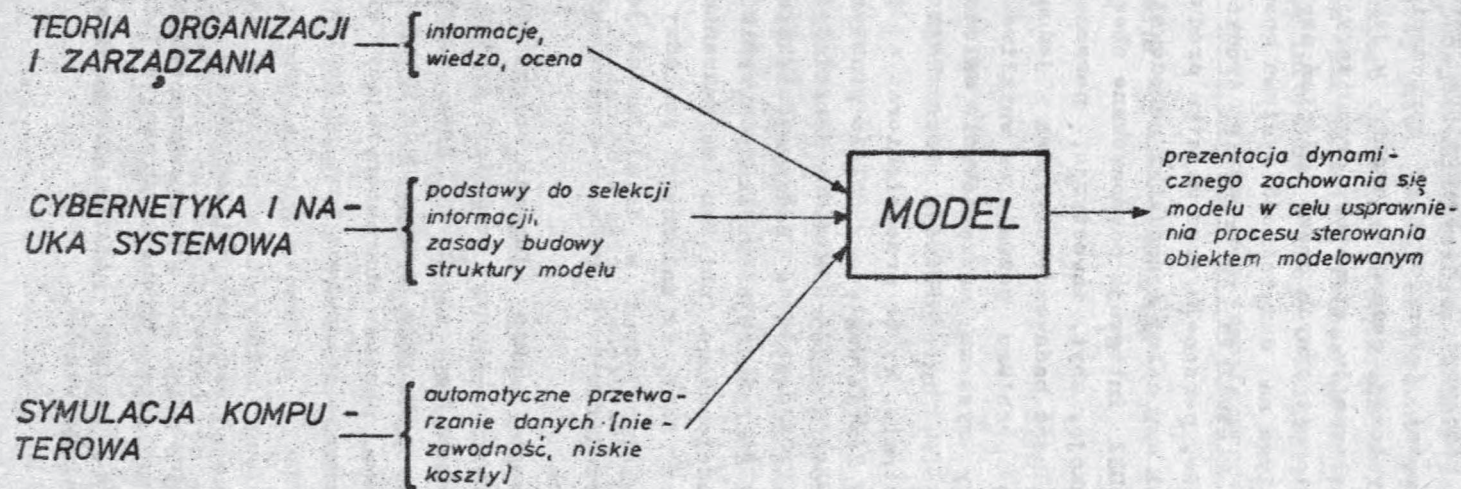
Dynamika Systemowa jest uniwersalną metodą modelowania i symulacji systemów ekonomicznych i społecznych. Bazuje na metodach naukowego poznawania stosowanych w takich dziedzinach, jak: teoria organizacji i zarządzania, cybernetyka i nauka systemowa oraz elektroniczne przetwarzanie danych. Wpływ ww. dziedzin na proces powstawania modelu Dynamiki Systemowej przedstawia rys. 1⁴

Na bazie koncepcji modelowania systemów ekonomicznych i społecznych z wykorzystaniem symulacji niestochastycznej typu Dynamika Systemowa rozwinęły się trzy zasadnicze kierunki modelowania, zróżnicowane z punktu widzenia celu badań oraz zakresu rozpatrywanych zjawisk gospodarczych i społecznych. Są to:

- Dynamika Systemów Zarządzania - DSZ (Industrial Dynamics),
- Dynamika Systemów Społecznych - DSS (Urban Dynamics),
- Dynamika Świata - DS (World Dynamics).

Z przytoczonych powyżej najlepiej rozwiniętą i najczęściej stosowaną w badaniach praktycznych jest Dynamika Systemów Za-

⁴Opracowano na podstawie artykułu J. W. Forrester, Understanding Social and Economic Changes in the United States, Summer Simulation Conference, Houston, Texas 1974.



Rys. 1. Podstawy metodologiczne Dynamiki Systemowej

rzządzania⁵. Według koncepcji J. W. Forrestera metoda ta służy "...badaniu właściwości informacyjnego sprzężenia zwrotnego w działalności przemysłowej celem wykazania, w jaki sposób wzajemne oddziaływanie elementów struktury organizacyjnej, wzmocnień i zmian w zakresie wytycznych oraz opóźnień czasowych w decyzjach i akcjach wpływa na działalność systemu gospodarczego. Interakcja dotyczy przepływów informacji, środków pieniężnych, zamówień, materiałów, personelu oraz majątku produkcyjnego przedsiębiorstwa, gałęzi czy całej gospodarki narodowej"⁶.

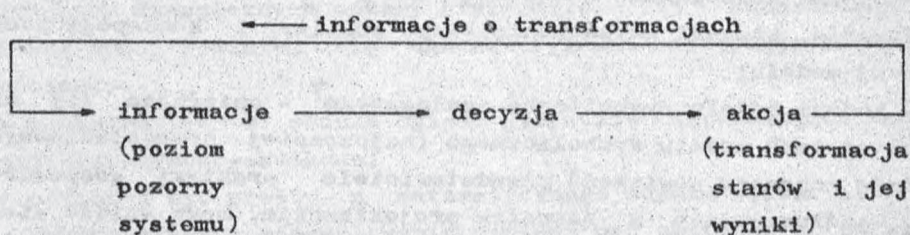
W ten sposób DSZ integruje odseparowane obszary dziedzinowe zarządzania: produkcję, zbył, inwestycje, personel, koszty, marketing oraz działalność badawczo-rozwojową w jeden system. Takie kompleksowe ujęcie problemu pozwala na wnikliwe zbadanie wpływu elementów struktury systemu na zachowanie całości badanego obiektu oraz właściwą interpretację interakcji wewnętrznych i zewnętrznych w systemie. Wybór przedsiębiorstwa jako przedmiotu badań podyktowany został względami ściśle praktycznymi. Związane jest to z możliwością przeprowadzenia dokładnej, wszechstronnej analizy procesów zachodzących w badanym obiekcie, a po przeprowadzeniu symulacji konfrontację uzyskanych wyników z rzeczywistym działaniem modelowanego obiektu zarządzania. Nie bez znaczenia jest również fakt, iż zależności pomiędzy różnymi zjawiskami rzeczowymi występującymi w działalności jednostek gospodarczych da się przedstawić w postaci stosunkowo prostych funkcji matematycznych.

Z cybernetycznego punktu widzenia obiekt sterowania, będący przedmiotem modelowania, stanowi zamknięty system samoregulujący. Podstawowym elementem jego struktury jest sprzężenie zwrotne łączące w sekwencję decyzję kontrolującą pewne działanie określonych ogniw systemu, poziom charakteryzujący rzeczywisty stan systemu oraz informację stanowiącą pozorny poziom systemu i będą-

⁵Szeroką dyskusję nad cechami Industrial Dynamics predysponującymi tę metodę do nazwy: "Dynamika Systemów Zarządzania" przeprowadził R. Ł u k a s z e w i c z w artykule: Analiza dynamiki systemów zarządzania, "Problemy Organizacji" 1971, nr 3.

⁶J. W. F o r r e s t e r, Industrial Dynamics, M. I. T. Press, NY. 1961, s. 13, tłum. własne.

cą podstawą do podejmowania decyzji. Najprostszym przykładem takiej pętli mogącej mieć charakter zarówno sprzężenia ujemnego, jak i dodatniego (zależnie od konkretnych treści) jest samo określenie terminu "zarządzanie". Proces zarządzania sformułowany jest jako zamiana informacji w akcję w relacji:



przy czym sekwencja ta obejmuje:

- poziom pozorny systemu (informacje) będący podstawą do podejmowania decyzji;
- decyzje, które realizowane są fizycznie w postaci pewnej akcji (tzn. działań transformujących strukturę rzeczywistego systemu oraz wyników tych działań obrazujących nowy stan systemu);
- informacje o dokonanej transformacji, które tworzą ponownie poziom pozorny systemu.

3. Prezentacja zasad modelowania DSZ

Modelowanie DSZ jest procesem wieloetapowym. Rozszerzając procedurę zaproponowaną przez J. W. Forrestera można wyróżnić w ramach każdej fazy badawczej pewne charakterystyczne dla niej grupy czynności. Rozpatrzmy poszczególne etapy procesu modelowania DSZ:

- identyfikacja problemu - w tym kroku określa się przedmiot i zakres sytuacji problemowej, która ma być przedmiotem badań; wybór problemu do modelowania poprzedzać powinna wnikliwa analiza zarówno samego problemu decyzyjnego, jak i jego otoczenia;
- wybór czynników wpływających na powstanie obserwowanych symptomów - etap ten jest naturalną konsekwencją wszechstronnej i wnikliwej analizy działania obiektu zarządzania (wnioski z analizy);

- określenie informacyjnych sprzężeń zwrotnych łączących wytyczne i akcje w systemie; na tym etapie wymagana jest współpraca zespołu projektanckiego z przedstawicielami modelowanego obiektu zarządzania;

- opis formalny związków przyczynowo-skutkowych procesu decyzyjnego - ma szczególne znaczenie dla powodzenia całego procesu modelowania, stanowi uwięźnienie etapu analizy i koncepcji projektowej modelu;

- budowa modelu symboliczno-analogowego⁷ - opierając się na właściwościach modelu symbolicznego (najczęściej przedstawionego w formie schematu powiązań) przedstawiciele praktyki gospodarczej, współpracujący z zespołem projektanckim, mogą wnieść wiele konstruktywnych wniosków dotyczących zarówno związków przyczynowo-skutkowych, jak struktury i sprzężeń modelu, co w znacznym stopniu zwiększa adekwatność tego modelu do realnego systemu gospodarczego;

- budowa modelu matematycznego opisującego strukturę systemu, politykę decyzyjną oraz wykorzystywane źródła informacji;

- prognozowanie działania systemu w okresie symulacji - język użyty do oprogramowania modelu uzależniony jest od typu maszyny cyfrowej, na jakiej mają być przeprowadzone obliczenia; może to być jeden z problemowo zorientowanych języków algorytmicznych (ALGOL, FORTRAN, PL/I) znajdujących się w oprogramowaniu podstawowym każdej EMC, czy wyspecjalizowany język symulacyjny, np. DYNAMO, CSL, SIMULA, itd. Najbardziej efektywnym w tym wypadku jest język DYNAMO skonstruowany specjalnie dla celów symulacji modeli Dynamiki Systemowej, przy czym kompilatory tego języka znajdują się jedynie w oprogramowaniu maszyn cyfrowych IBM, co w naszych warunkach w znacznym stopniu utrudnia szerokie zastosowanie tego języka;

- porównanie wyników z wiedzą o rzeczywistym systemie (weryfikacja i walidacja modelu);

- korektę modelu dla uzyskania zgodności z realnym systemem;

⁷ Etap ten, stanowiący rozszerzenie koncepcji J. W. Forrester, zaproponował R. Ł u k a s z e w i c z w pracy: Dynamika Systemów Zarządzania, Warszawa 1975.

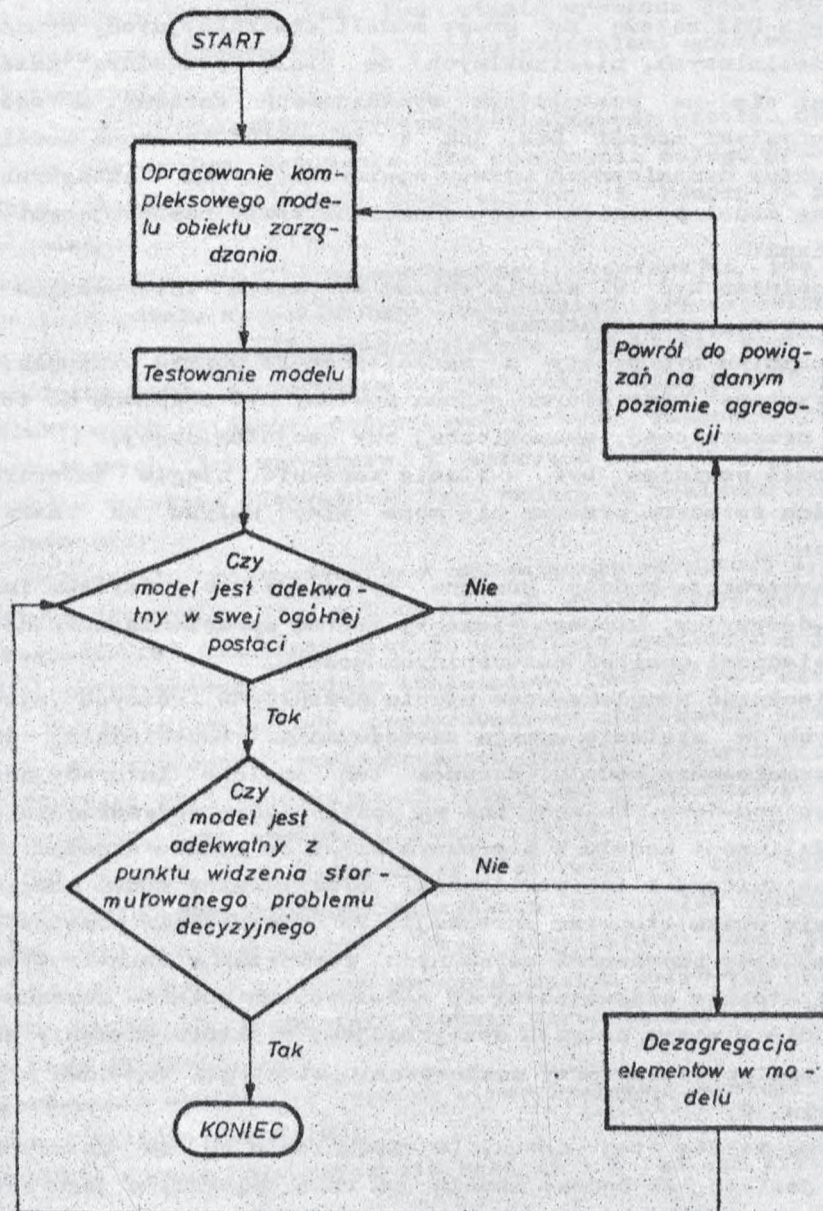
- ponowną symulację dla znalezienia zmian optymalizujących zachowanie się modelowanego systemu.

Modele DSZ należą do grupy modeli abstrakcyjnych, dynamicznych, nieliniowych, niestabilnych ze stałą procedurą działań. Opierając się na postulatach wynikających zarówno z ogólnej charakterystyki modeli DSZ, jak i specyfiki procesu modelowania struktur dynamicznych możemy stwierdzić, iż skonstruowany przez nas model powinien się charakteryzować następującymi właściwościami:

- powinien być w stanie opisać wszystkie interesujące nas związki przyczynowo-skutkowe;
- powinien być prosty z matematycznego punktu widzenia;
- wykorzystywane sformułowania powinny być zbliżone do terminologii przemysłowej, ekonomicznej czy socjologicznej;
- model powinien być w stanie zapewnić ciągłe interakcje, tzn. żadna sztuczna przerwa nie może mieć wpływu na charakter rozwiązania;
- konstrukcja modelu powinna opierać się o podsystem informacyjno-decyzyjny, którego elementy tworzą sprzężenia zwrotne pomiędzy sieciami zasilen materialnych modelu.

Konieczność kompleksowego ujęcia przepływów różnych zjawisk rzeczowych w systemie wymaga zastosowania odpowiedniej strategii formułowania modelu. Warunek ten spełnia interakcyjna metoda typu top-down. Polega ona na postępującym rozszerzaniu stopnia detalizacji modelu. W pierwszym kroku do modelu włączamy tylko główne zmienne i ich powiązania. Sformułowany model charakteryzuje się dużym stopniem agregacji. Po odpowiednim przetestowaniu sprawdzamy poprawność uzyskanych rozwiązań w świetle wymogów modelu i stopnia adekwatności do modelowanego obiektu zarządzania, a następnie w miarę potrzeb dezagregujemy niektóre elementy modelu. Tok postępowania przy zastosowaniu strategii top-down przedstawia rys. 2.

Główną zaletą tej metody (w odróżnieniu np. od metody bottom-up) jest to, że budowę modelu od razu opieramy o jego strukturę bazową, na którą składają się główne charakterystyki modelowanego obiektu i ich wzajemne interakcje. W ten sposób eliminujemy nieuwzględnienie w modelu któregoś z podstawowych



Rys. 2. Struktura top-down

składników, wpływających w zasadniczy sposób na charakter działania modelowanego obiektu zarządzania.

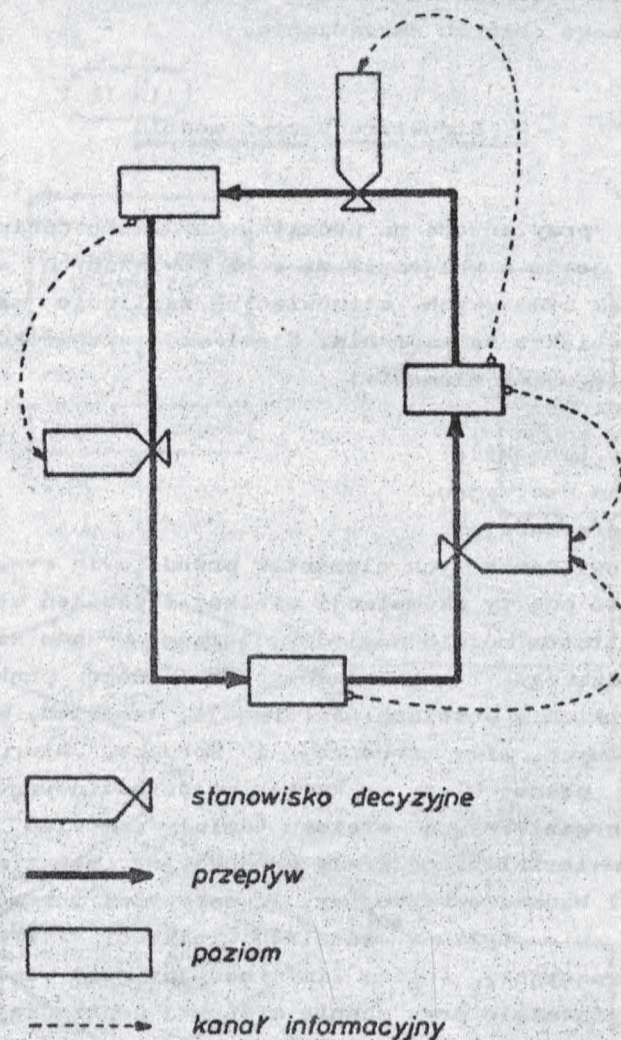
4. Struktura bazowa modelu

Zgodnie z przytoczoną na początku rozdziału definicją model DSZ zbudowany jest z wzajemnie ze sobą powiązanych sieci przepływów 6 zjawisk rzeczowych, stanowiących zasilenie materialne i informacyjne obiektu zarządzania. Sieci mają zunifikowaną formę i obejmują następujące elementy:

- poziomy,
- przepływy (potoki),
- stanowiska decyzyjne,
- kanały informacyjne.

Wzajemne powiązania tych elementów przedstawia rys. 3.

POZIOMY - to punkty akumulacji wielkości zasilenia wewnątrz systemu. Są rezultatem różnic pomiędzy tempem wskaźnika przepływu zasilenia wchodzącego i wychodzącego z danego punktu. Występują we wszystkich 6 potokach: informacji, zamówień, materiałów, środków pieniężnych, siły roboczej i sprzętu. Zbiór poziomów podzielony na pewne klasy wg kryterium dziedzinowego obrazuje nam strukturę organizacyjną systemu (działy zamówień, zaopatrzenia, magazyny materiałów, oddziały produkcyjne, magazyny wyrobów gotowych, dział badawczo-rozwojowy, inwestycyjny i remontowy). Poziomy istnieją nie tylko w sieciach wielkości fizycznych, ale i w sieci informacyjnej. Poziom informacyjny jest wielkością abstrakcyjną i istnieje przy ocenie myślowej poprzedzającej wybór decyzji. Na przykład zamówienia na określony asortyment wyrobów gotowych składane są bezpośrednio do działu zamówień tworząc pewien rzeczywisty poziom zasilenia materialnego w sieci zamówień. Jednocześnie informacje o wielkości zamówień w postaci poziomu pozornego systemu (poziomu informacyjnego) w sieci informacyjnej oddziałują na podjęcie decyzji dotyczących sposobów realizacji przyjętych zamówień.



Rys. 3. Struktura bazowa modelu

PRZEPŁYWY (potoki)⁸ - odzwierciedlają istnienie rzeczywistych przepływów zjawisk rzeczowych między poziomami w systemie. Tempo potoku obrazuje aktywność danego przepływu i jest regulowane na stanowisku decyzyjnym. Wskaźniki przepływu powstają na bazie

⁸ Brak jest zgodności co do nazewnictwa tego elementu struktury bazowej modelu. W ujęciu J. W. Forrestera używany jest ter-

poziomów zgodnie z regułami wyznaczającymi charakter funkcji decyzyjnej, a z drugiej strony są przyczyną zmian w poziomach. Na przykład tempo produkcji danego wyrobu (przepływ) wynika z aktualnej wielkości zamówień na dany asortyment towaru oraz z istniejących mocy produkcyjnych przedsiębiorstwa (co jest odzwierciedlone w postaci poziomów rzeczywistych i informacyjnych modelu). Z kolei tempo produkcji wpływa na zmianę poziomów charakteryzujących wielkość zapasów materiałowych czy półproduktów, ilość wyrobów gotowych oraz wielkość portfela niezrealizowanych zamówień.

STANOWISKA DECYZYJNE - funkcje decyzyjne są tymi punktami wewnątrz modelu, w których określamy, w jaki sposób posiadane informacje o poziomach wywołują wybór decyzji związanej z regulacją wielkości aktualnego przepływu. Celem podejmowanych decyzji jest dążenie do uzyskania pożądanego stanu zdarzenia. Decyzja, chociaż dotyczy sterowania wielkością przepływu zjawiska materialnego, nie zależy od tempa przepływu tego zjawiska. Argumentami funkcji decyzyjnej są informacje charakteryzujące kształtowanie się poziomów tych zasileń materialnych oraz zasilenia informacyjnego, które oddziałują na kształtowanie się danego zjawiska rzeczowego. Na przykład decyzja o najmie dodatkowych pracowników ruchu związana jest z uzyskaniem informacji o poziomach następujących zasileń: posiadanej siły roboczej, średniego tempa napływu zamówień, liczby robotników przechodzących przeszkolenie, poziomu zapasów wyrobów gotowych, zabezpieczenia w sprzęt i materiały produkcyjne itd. Proces podejmowania decyzji obejmuje zasadniczo trzy kroki:

- 1) określenie pożądanego wielkości przepływu zjawiska rzeczowego na podstawie wytycznych (np. szerebla nadrzędnego) bądź opartych na wynikach eksploatacji historycznych trendów;
- 2) odzwierciedlenia faktycznego stanu przepływu na podstawie informacji z odpowiednich poziomów; stan realny może odchyłać się od pożądanego;

min "flow rates", np. sales rates, shipping rates, purchasing rates, manufacturing rates itd.; odpowiednikiem w tłumaczeniu rosyjskim jest określenie: "темп потока", np. темп поставок, темп оптовых закупок, темп запуска в производство itd. Z kolei **Ł u k a s z e w i o z** w pracy: *Dynamika Sytemów...*, posługuje się terminami "strumień, przepływ, akcja", np. przepływ zamówień, strumień zapasów, przepływ informacji itd.

3) opracowanie działań, które będą podejmowane w odpowiedzi na odchylenia pomiędzy stanem faktycznym a pożądanym w celu zmniejszenia różnicy między nimi.

Stanowiska decyzyjne budować możemy zarówno dla decyzji jawnych, jak i ukrytych. Decyzje jawne określamy tu jako decyzje "swobodne" ludzi, stanowiące część procesu zarządzania. Są to np. wszystkie decyzje o charakterze administracyjnym czy zamówienia pochodzące z zewnątrz systemu. Decyzje ukryte (dyskretne) wynikają z fizycznego stanu systemu, a więc niejako podejmowane są wtórnie w odpowiedzi na decyzje swobodne, bądź inne decyzje dyskretne, celem przywrócenia równowagi systemu. Na przykład zwiększenie zamówień na dany asortyment towaru (decyzja jawna) wyzwała decyzje ukryte dotyczące odpowiedniego zabezpieczenia w surowce i moce przerobowe dla zwiększonej produkcji tego asortymentu.

KANAŁY INFORMACYJNE - ich zadaniem jest przesyłanie informacji z poziomów na stanowiska decyzyjne w sieciach zasileń materialnych. Informacje te są podstawą do podejmowania decyzji regulujących tempo przepływu zjawiska rzeczowego. Należy zaznaczyć, że kanały informacyjne spełniają specyficzną, jakby podwójną rolę w modelu. Z jednej strony, jako element struktury bazowej systemu występują w każdej sieci odzwierciedlającej przepływy zjawisk rzeczowych, a z drugiej - stanowią elementy (łuki) odrębnej sieci informacyjnej.

5. Struktura rzeczowa modelu

Biorąc pod uwagę strukturę rzeczową, model zbudowany jest z 6 wzajemnie powiązanych sieci określających przepływy (łuki sieci) zjawisk rzeczowych oraz ich stany (węzły sieci). Każda sieć jest jednorodna co do zawartości i łączy się z innymi poprzez kanały informacyjne. Zjawiska rzeczowe przepływające w sieciach stanowią zasilenie materialne i informacyjne systemu; są to:

- materiały,
- zamówienia,
- środki pieniężne,

- siła robocza,
- sprzęt,
- informacje.

MATERIAŁY - do sieci materiałowej włączamy przepływy oraz zapasy środków materiałowych na wszystkich szczeblach struktury organizacyjnej systemu, np. przepływy i zapasy surowców, towarów, produkcję nie zakończoną oraz produkcję gotową.

ZAMÓWIENIA - sieć zamówień odzwierciedla istniejące przepływy zamówień na zmianę ilości bądź struktury określonego zjawiska rzeczowego w systemie. W skład sieci zamówień wchodzi m. in. zapotrzebowanie na nową siłę roboczą, zamówienia na towary, na korektę struktury asortymentowej produkcji itd. Zamówienia są rezultatem decyzji jawnych podejmowanych zarówno przez konsumentów, jak i producenta. Wyniki zamówień w formie decyzji ukrytych oddziałują na kształtowanie się wielkości przepływów w sieciach materiałów, środków pieniężnych, siły roboczej i sprzętu.

ŚRODKI PIENIĘŻNE - w skład sieci środków pieniężnych wchodzi wszystkie operacje gotówkowe i bankowe. Związane są one z zakupem materiałów i sprzętu, kształtowaniem płac pracowników ruchu i zarządu, kosztami transportu i reklamy oraz wpływami ze sprzedaży.

SILA ROBOCZA - sieć siły roboczej kształtowana jest poprzez wielkość zatrudnionej załogi, liczbę pracowników nowo przyjętych, odbywających przeszkolenia, oddelegowanych na staże, korzystających z urlopów czy zwolnień.

SPRZĘT - sieć sprzętu obejmuje stany i przepływy majątku, środków trwałych i przedmiotów nietrwałych przedsiębiorstwa. Należą do niej np.: teren będący własnością przedsiębiorstwa, zabudowania, maszyny i urządzenia oraz narzędzia niezbędne do produkcji. Przy rozpatrywaniu sieci sprzętu powstaje problem obliczania typu i szybkości amortyzacji i umorzenia poszczególnych składników tej sieci.

INFORMACJE - sieć informacyjna jest jednym potokiem niematerialnym w systemie. Stanowi element wiążący wzajemne oddziaływania pozostałych sieci. Sieć informacyjna spełnia rolę nadrzędną w modelu. Zawiera informacje dotyczące przepływów wszystkich zjawisk rzeczowych, struktury zasileń, informacje dotyczące przedsięwzięć podejmowanych w różnych punktach modelowa-

nego systemu, na wszystkich szczeblach struktury organizacyjnej. W sieci wyróżnić można informacje o zjawiskach już zaistniałych oraz prognozy dotyczące kształtowania się wielkości zjawisk w okresach następnych. Wszystkie te informacje stanowią podstawę do podejmowania decyzji. Źródła informacji umieszczone są w węzłach (poziomach) lub łukach (wskaźnikach przepływu) poszczególnych sieci materialnych oraz w węzłach sieci informacyjnej. Punktami docelowymi są stanowiska decyzyjne, w których na podstawie dostarczonych informacji reguluje się tempo przepływu odpowiedniego zjawiska rzeczowego. W sieci informacyjnej przenoszone są informacje od poziomów sieci materialnych do stanowisk decyzyjnych tych sieci, a także informacje o tempie przepływu zasileni materialnych do poziomów w sieci informacyjnej.

Zmiennej informacyjnej nie należy mylić z wielkością "prawdziwej" zmiennej, którą ta zmienna informacyjna odzwierciedla. Pomimo jednakowych jednostek pomiaru informacja nie jest identyczna z prawdziwą zmienną, którą wyobraża. Zmienna fizyczna, obrazująca kształtowanie się pewnego zjawiska rzeczowego, może przepływać tylko w sieci danej klasy zjawisk, natomiast odpowiadająca jej zmienna informacyjna może dochodzić do poziomów bądź stanowisk decyzyjnych wszystkich sieci systemu, np. zamówienia kierowane są do portfela zamówień, natomiast informacje o średnim poziomie zamówień oraz o wielkości portfela zamówień możemy kierować do wielu komórek organizacyjnych wewnątrz firmy. Informacja, podobnie jak każde zasilenie, może ulegać opóźnieniom czasowym w przesyłaniu, zakłóceniom oraz wypaczeniom. Jakość dostarczonej informacji wpływa na trafność wyboru decyzji, co z kolei oddziałuje na zachowanie się całego systemu.

6. Sposoby wykorzystania modeli DSZ

Skonstruowany według zasad modelowania DSZ model matematyczny należy zakodować w formie programu źródłowego wykorzystując dostępny język symulacyjny (przy czym nie każdy z języków tego typu charakteryzuje się jednakową efektywnością w odniesieniu do modeli Dynamiki Systemowej - o czym wspomniano przy prezentacji zasad modelowania DSZ) bądź autokod o charakterze numerycznym. Pod-

czas pisania programu należy pamiętać o jego sparametryzowaniu, tj. stworzeniu możliwości wielokrotnej zmiany pewnych charakterystyk symulowanego obiektu. Parametryzacja programu jest głównym czynnikiem warunkującym jego elastyczność, a jednocześnie warunkiem powodzenia wieloetapowego procesu symulacji. Przed rozpoczęciem symulacji należy określić warunki początkowe modelu, wyspecyfikować wszystkie parametry, interwały czasowe, oddzielające kolejne etapy badań oraz globalną liczbę okresów symulacji. Wynikiem każdego cyklu badań jest wykaz odzwierciedlający kształtowanie się wszystkich interesujących nas zjawisk ekonomicznych w kolejnych wyróżnionych momentach czasowych. Wykaz taki w zależności od rozwiązań programowych i dostępnego sprzętu może mieć charakter technologiczny bądź postać wykresów wykonanych za pomocą graphplottera czy na drukarce wierszowej lub mozaikowej. Analiza uzyskanych wyników pozwala stwierdzić istnienie zależności ilościowych pomiędzy poszczególnymi zjawiskami ekonomicznymi, siły i kierunku oddziaływań oraz amplitudy wahań poszczególnych zmiennych. Wyniki badań stanowią dla osoby podejmującej decyzje prognozę zachowania się modelowanego obiektu w wybranym przyszłym okresie czasu z punktu widzenia danego zespołu (wektora) decyzji, który wprowadzany jest na wejściu do modelu. Z drugiej strony, poprzez odpowiednią manipulację wektorem zmiennych wejściowych czy wielkością zadanych parametrów, osoba prowadząca eksperyment jest w stanie dobrać najbardziej efektywną z punktu widzenia założonych celów strukturę wektora decyzyjnego.

Przedstawione postępowanie, polegające na "testowaniu" proponowanych decyzji przed wprowadzeniem ich w życie charakteryzuje się przede wszystkim ekonomiczną opłacalnością badań oraz krótkim czasem eksperymentu, dając kadrze kierowniczej naukowe podstawy do prawidłowego sterowania działalnością modelowanych jednostek gospodarczych.

7. Ocena metod modelowania DSZ

Metoda modelowania DSZ, a szerzej Dynamika Systemowa, stanowi jedno ze szczytowych osiągnięć w zakresie modelowania i symulacji systemów ekonomiczno-społecznych dla celów zarządzania. Nale-

zy zwrócić uwagę na szczególną przydatność tej metody dla ekonomistów - specjalistów z zakresu organizacji przetwarzania danych - ze względu na wyłączenie z procesu modelowania składników stochastycznych i położenie większego nacisku na głęboką, wszechstronną i wnikliwą analizę obiektu modelowanego.

Formułowany model może objąć jednolitą strukturą wszystkie obszary dziedzinowe badanego obiektu oraz ich wzajemne powiązania w postaci odpowiednich sieci zasileń. Wszystkie te czynniki kształtują dynamikę zachowania się całości modelowanego obiektu przy czym układ sprzężeń zwrotnych modelu, mający odzwierciedlenie w postaci sieci informacyjnej, jest odbiciem połączeń informacyjno-decyzyjnych tworzących system zarządzania modelowym obiektem.

Modelowanie DSZ charakteryzuje się wygodnym dla projektanta sposobem podejścia do rozwiązywania problemu. Proces projektowania modelu jest wieloetapowy, iteracyjny, typu top-down. Umożliwia wprowadzenie do modelu głównych pętli sprzężenia zwrotnego, opierających się o podstawowe zmienne i parametry, a następnie w miarę potrzeb dezagregację opracowanej struktury. W ten sposób unika się niebezpieczeństwa pominięcia w modelu którejś z podstawowych charakterystyk modelowanego obiektu.

Modelowanie DSZ, w większym stopniu niż metody stochastyczne odzwierciedla różnice między rzeczywistymi zmiennymi a ich odpowiednikami informacyjnymi. Znajduje to odzwierciedlenie w rzeczywistych i pozornych poziomach struktury bazowej modelu; zwraca więc uwagę bardziej na zrozumienie przyczyn obserwowanego zachowania się i rozwoju zasad zmierzających do poprawy działania modelowanego obiektu, niż na predykcję konkretnych zachowań w założonych przyszłych momentach czasowych.

Reasumując, Dynamika Systemowa nie stanowi uniwersalnego panaceum w modelowaniu struktur systemowych dla celów doskonalenia procesu zarządzania jednostkami gospodarującymi czy systemami makroekonomicznymi. Jest natomiast poważną próbą zastosowania metod matematycznych i cybernetycznych w tej dziedzinie. Dlatego można ją zaliczyć do tych metod, które mogą w istotny sposób uzupełnić wykorzystywane już zasady teorii organizacji i zarządzania czy metody badań operacyjnych w badaniu dynamiki zachowania się obiektów sterowania celem jakościowego usprawnienia

zarządzania tymi obiektami oraz rozwiązywania problemów informacyjno-decyzyjnych dla potrzeb kadry kierowniczej.

8. Aktualny stan rozpowszechniania metod Dynamiki Systemowej

Metoda Dynamiki Systemowej rozwinęła się znacznie później od metod modelowania stochastycznego, ale szybko została rozpowszechniona w krajach zachodnich zarówno w postaci rozważań teoretycznych, jak i w udanych pracach wdrożeniowych. Podstawy Dynamiki Systemowej wykładane są obecnie na 35 uniwersytetach amerykańskich i w szeregu placówkach naukowo-badawczych na świecie (m. in. w Oslo, Paryżu, Birmingham, Dartmouth, Glasgow, Helsinkach, Melbourne, Sewilli, Berlinie itd.). Studia z tej dziedziny oparte są głównie o prace: J. W. Forrester, ("Principles of Systems", "Industrial Dynamics", "Urban Dynamics", "World Dynamics", "Collected Papers of J. Forrester"), W. E. Jarmana ("Problems in Industrial Dynamics"), M. Goodman ("Study Notes on System Dynamics"), N. Massa ("Economic Cycles", "An Analysis of Underlying Causes", "Readings in Urban Dynamics", vol. II), D. Meadows ("Dynamics of Growth in a Finite World", "Dynamics of Commodity Production Cycles"), J. Randers ("Conceptualizing Dynamic Models of Social Systems") czy R. Coyla ("Management System Dynamics", "System Dynamics-Problems; Cases and Research").

Efekty prac wdrożeniowych w tym zakresie zasygnalizowane zostały przez T. H. Naylor'a w pracy: "Modelowanie cyfrowe systemów ekonomicznych", rozdz. IV, pkt dotyczący Dynamiki Przemysłowej.

Problemem Dynamiki Systemowej poświęcono wiele międzynarodowych konferencji, m. in. w Denver - 1970 r., Bostonie - 1971 r., San Diego - 1972 r., Montrealu - 1973 r., Houston - 1974 r., San Francisco - 1975 r. i Geilo - 1976 r. Ciekawe głosy nad podejściem metodologicznym, opisem formalnym modeli DSZ oraz warunkami stosowania tego typu symulacji przyniosła konferencja zorganizowana przez Royal Norwegian Council for Scientific and Industrial Research w Geilo, Norwegia. Doniesienia z tej konferencji za-

mieścił miesięcznik "Simulation" w numerach ze stycznia i lutego 1977 r.

Wśród nielicznych na razie prób rozpropagowania metod Dynamiki Systemowej na gruncie polskim wymienić należy prace R. Łukaszewicza - jedna pozycja książkowa z tego zakresu w języku polskim, oraz artykuły "Analiza Dynamiki Systemów Zarządzania", "Komputery, koncepcja systemowa i modelowanie w rozwiązywaniu problemów zarządzania", "Model systemu sprzedaż-produkcja-inwestycje w handlu zagranicznym", "Model rozwoju przedsiębiorstwa", "Dynamika rozwoju społeczeństwa". Niektóre elementy DSZ wykorzystywano w symulacyjnym modelu dynamiki środków obrotowych w przedsiębiorstwie przemysłu chemicznego (FI-102) zaprezentowanym na konferencji nt. "Zastosowania metod symulacyjnych w przemyśle chemicznym" (Warszawa 1977) oraz w modelu klient-producent opracowanym przez zespół prof. J. Gościńskiego z Uniwersytetu Łódzkiego.

Istotną barierą w rozpowszechnianiu zasad modelowania DSZ w naszej gospodarce jest brak odpowiedniej literatury w języku polskim oraz zbyt słaba popularyzacja rezultatów dotychczasowych wdrożeń praktycznych. Wydaje się, że niewątpliwe zalety Dynamiki Systemowej (podejście systemowe do problemów zarządzania, współpraca przedstawicieli różnych specjalności zarówno praktyków gospodarczych, jak i pracowników naukowo-badawczych, symulacja niestochastyczna) predysponuje Dynamikę Systemową do zajęcia pożądanego miejsca wśród badania i doskonalenia systemów zarządzania zwłaszcza w gospodarce socjalistycznej ze względu na to, iż planowy charakter tej gospodarki sprzyja wiernemu odzwierciedleniu procesów gospodarczych właśnie w modelach deterministycznych.

Elżbieta Z. Niemyjska

SYSTEM DYNAMICS AS A TOOL TO IMPROVE A PROCESS OF MANAGEMENT IN ECONOMIC ORGANIZATION

Problems of deterministic modelling receive too little attention in the Polish specialist press. It seems that undoubted advantages of the Systems Dynamics i. e. approach to management

problems, need for co-operation between representatives of different specializations (both economic practitioners and researchers) in the modelling process, and finally nonstochastic simulation rank the presented method foremost among diverse methods of analysis and improvement of management systems in the socialist economy. This is due to the fact that the planned nature of our economy favours true reflection of economic processes just in deterministic models.

The article contains a presentation and assessment of applicability of modelling principles of systems structures with utilization of methods of the Systems Dynamics, and especially of the Management Systems Dynamics for steering of economic organizations.

The author discusses methodological foundations of the Systems Dynamics as well as modelling principles of the Management Systems Dynamics with special attention paid to the top-down strategy, base and subject structure of the Management Systems Dynamics models, and the way of employing these models in the decision-making process for steering of economic organizations. Next, the author evaluates both the method itself of the Management Systems Dynamics modelling and its applicability for researches on behaviour dynamics of steered objects.

The article closes with information depicting the present state of dissemination of the Systems Dynamics methods in Poland and abroad.