Bogusław WĄSIK*
Zbigniew JĘDRZEJCZYK*
Anna LITWA*
Lesław PIECUCH*

ANALITYCZNE I PRESKRYPTYWNE MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA MODUŁOWEGO SYMULATORA PRZEDSIĘBIORSTWA PRODUKCYJNEGO

Część I. Modułowy symulator przedsiębiorstwa

1. WPROWADZENIE

Przedmiotem prezentacji jest modułowy symulator przedsiębiorstwa produkcyjnego (MSP) i jego możliwości aplikacyjne.

Zasadniczą częścią MSP jest model matematyczny opisujący funkcjonowanie przedsiębiorstwa. Z formalnego punktu widzenia jest to układ przedstawiający relacje między zmiennymi charakteryzującymi badany obiekt. Niektóre z tych relacji są zapisane jako równania różnicowe, co pozwala opisywać *explicite* zmienność charakterystyk przedsiębiorstwa w czasie.

Wersja komputerowa MSP, komplementarna w stosunku do modelu matematycznego, stanowi bezpośrednie narzędzie eksperymentowania. Jest to pakiet programów odwzorowujących model matematyczny przedsiębiorstwa, uzupełniony o program nadzorujący i organizujący pracę całości. Towarzyszy mu pakiet realizujący pracę systemu wspomagania decyzji eksperymentatora (SWDE). Oprogramowanie zostało napisane w języku MDL (Model Description Language), który zaprojektowano i wykonano w związku z potrzebami badań nad MSP [1]. Konstrukcja języka została tak pomyślana, aby umożliwić

* Akademia Ekonomiczna w Krakowie

wykorzystywanie systemu przez "użytkownika nieprogramującego" w trybie konwersatoryjnym. Zarówno MDL, jak i MSP są implementowane w systemie mikrokomputera IBM PC (pod kontrolą DOS).

MSP posiada elastyczną strukturę modułową, umożliwiającą uniwersalizację modelu, tzn budowanie różnych wariantów opisu przedsiębiorstwa, co także stwarza możliwość ingerencji użytkownika w strukturę modelu w trakcie wykonywania eksperymentów symulacyjnych. Modułowość struktury modelu oznacza, że jest on zbudowany z pewnej liczby sektorów, odwzorowujących różne obszary funkcjonowania przedsiębiorstwa, wyodrębnionych zgodnie z zasadą minimalizacji liczby powiązań międzysektorowych. Moduły te są wymienne (przy pewnych ograniczeniach) i mogą być zastępowane przez substytuty, które spełniają te same funkcje, ale charakteryzują się odmienną budową wewnętrzną i sposobem funkcjonowania. Wymienność modułów oznacza możliwość odwzorowania różnych wariantów przedsiębiorstw produkcyjnych, stosownie do aktualnych potrzeb użytownika. W ten sposób uzyskuje się wielofunkcyjność MSP, która sprawia, że w pewnym sensie jest on generatorem matematycznych modeli przedsiębiorstw produkcyjnych.

2. DYNAMIKA SYSTEMOWA JAKO ZAPLECZE METODOLOGICZNE MSP

Zapleczem metodologicznym MSP jest Dynamika Systemowa (DS), a zwłaszcza te jej aspekty i wyniki, które uzasadniają konstruowanie modeli o zmiennej strukturze, to znaczy takich, które umożliwiają badanie strukturalnych reakcji obiektów na zmienne bodźce otoczenia. MSP pozwala zatem badać zachowanie rozpatrywanego systemu (przedsiębiorstwa) w zależności od określonych przyczyn kształtujących przebieg procesów w nim zachodzących oraz ustalać wskazania odnośnie sposobu ulepszania funkcjonowania systemu.

System jest tu postrzegany jako układ zasobów (levels) powiązanych strumieniami (rates) przepływów realnych i informacyjnych. Bezpośrednio obserwowalne i mierzalne są jedynie zasoby natomiast informacje o ich stanach stanowią przesłankę do regulowania natężeń związanych z nimi strumieni. Sposób, w jaki te informacje są pozyskiwane, przetwarzane, przekazywane i wykorzystywane, uogólnia się do postaci pewnych względnie trwałych reguł decyzyjnych (polityk), które decydują o charakterze zmienności stanu systemu. Przy tym, jako dominujące czynniki dynamiki badanego obiektu, rozważa się ciągi takich reguł, które tworzą pętle informacyjnych sprzężeń zwrotnych i w których szczególną wagę przywiązuje się do występujących w nim opóźnień determinujących własności dynamiczne obiektu.

Koncepcja pętli informacyjnego sprzężenia zwrotnego ma w Dynamice Systemowej kluczowe znaczenie. Pętle takie uznaje się za trwałe składniki

struktury systemu, w którym podejmowane są jakiekolwiek decyzje i działania regulacyjne, z natury oparte na informacjach dotyczących stanu systemu bądź jego części.

Występowanie w systemie wielu takich pętli informacyjnych sprzężeń zwrotnych, w pewnym stopniu niezależnych od siebie, ale i współoddziaływujących na jego funkcjonowanie, prowadzi do fluktuacji i niestabilności systemu. W dodatku złożoność i wielokierunkowość tych współoddziaływań powoduje, że zachowanie się systemu staje się nieintuicyjne i zwykła logiczna analiza relacji w nim występujących nie jest w stanie wyjaśnić funkcjonowania systemu. Proponowane w tej sytuacji podejście, którego celem jest wskazanie i w konsekwencji objęcie kontrolą czynników zachowania się systemu, polega na zbudowaniu modelu komputerowego i wykorzystaniu go do wnioskowania w analizie eksperymentalnej (symulacyjnej).

Nie wchodząc w tym miejscu w bardziej szczegółową dyskusję podejścia forresterowskiego, zwróćmy uwagę na pewną niekonsekwencję, jaka tkwi w jednym z podstawowych postulatów metody. Żąda się mianowicie, aby model ujmował wszystkie istotne dla funkcjonowania systemu relacje w nim występujące. Dotyczy to w szczególności ciągów relacji tworzących reguły decyzyjne, również i tych, co do których wiedza modelującego jest niepełna lub niedokładna. Tym samym badacz zostaje zobowiązany do odzwierciedlenia w modelu także i takich składników systemu, które są z natury słabo zdefiniowane i tylko intuicyjnie pojmowane przez samych decydentów. Identyfikację utrudnia – i to znacznie – fakt zmienności wielu zasad działania w systemie, modyfikowanych przez decydentów w miarę zmieniających się warunków wewnętrznych i zewnętrznych.

W mniejszym stopniu dotyczy to standardowych reguł decyzyjnych, stosowanych rutynowo i konsekwentnie w odniesieniu do procesów – zwłaszcza realnych – stanowiących odbicie wegetatywnych funkcji systemu. Istotne trudności, stawiające pod znakiem zapytania skuteczność zastosowania metody, pojawiają się natomiast przy identyfikacji tych reguł postępowania, które odpowiadają realizacji funkcji podstawowych (wyższych) systemu i należą do jego sfery regulacyjnej. Stopień ich złożoności jest zazwyczaj znaczny i w nich też najsilniej przejawia się adaptacyjność funkcjonowania systemu.

Ponieważ zadania, jakie w badaniu podejmujemy, obejmują przede wszystkim identyfikację właśnie reguł wyższego rzędu, klasyczne podejście DS musimy poddać pewnej modyfikacji. O ile bowiem sposób odwzorowania relacji fizycznych jest stosunkowo łatwy, to modelowanie reguł decyzyjnych stwarza poważne trudności. Problem ten można rozwiązać, stosując dwa podejścia. Pierwsze z nich, wykorzystywane w klasycznych modelach DS polega na włączeniu do modelu reguł decyzyjnych opisujących *explicite* informacje brane pod uwagę przy podejmowaniu określonych decyzji. W tego typu modelach istotne znaczenie ma właściwe dobranie zmiennych objaśniających czy też

sposób ustalania wartości zmiennych decyzyjnych, natomiast często nie bierze się pod uwagę sposobu podejmowania decyzji przez decydentów. Może on być różny od przyjętej koncepcji w modelu.

Alternatywne podejście zostało rozwinięte przez ekonomię eksperymentalną. W modelach tego typu tradycyjne reguły decyzyjne zostały zastąpione przez rzeczywistych decydentów, do których należy nadanie wartości wszystkim zmiennym decyzyjnym na podstawie ich wiedzy, doświadczeń i indywidualnych reakcji na dopływające do nich informacje o przedsiębiorstwie i jego otoczeniu. W szczególnym przypadku, eksperymentatorem może być kierownik przedsiębiorstwa, którego sposób decydowania chcemy poznać. Sposób podejmowania przez nich decyzji jest następnie obserwowany i analizowany.

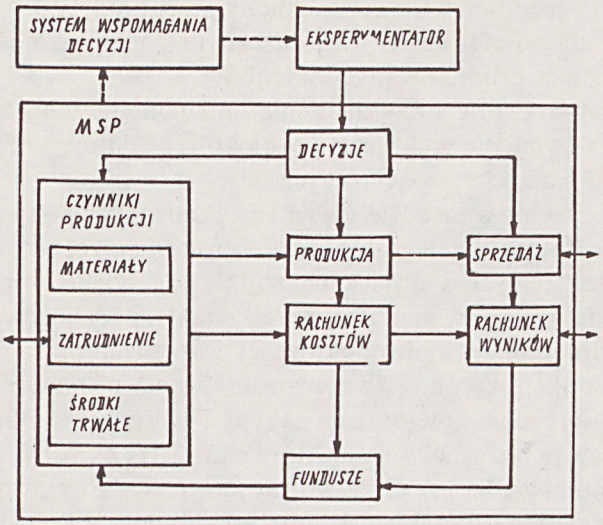
Model MSP, który zostanie przedstawiony w niniejszym opracowaniu został zbudowany zgodnie z powyższymi, zmodyfikowanymi zasadami klasycznego podejścia dynamiki systemowej.

3. MODUŁOWY SYMULATOR PRZEDSIĘBIORSTWA

Jak już o tym wspomniano, model MSP opisuje funkcjonowanie hipotetycznego przedsiębiorstwa produkcyjnego. W modelu tym można wyróżnić cztery, wyraźnie odrębne (adekwatne do sfer działalności) bloki równań. Ze względów merytorycznych każdy z nich podzielono na mniejsze części, zwane dalej sektorami. Są to bloki równań opisujących:

a) zmienne decyzyjne i egzogeniczne:
   - sektor zmiennych decyzjnych,
   - sektor zmiennych egzogenicznych,
b) czynniki wytwórcze (nakłady):
   - sektor materiałowy,
   - sektor zatrudnienia,
   - sektor środków trwałych,
c) planowanie, wykonanie i sprzedaż wyprodukowanych wyrobów:
   - sektor współczynników technologicznych,
   - sektor planowania i wykonania produkcji,
   - sektor sprzedaży wyrobów gotowych,
d) rachunek kosztów własnych i wynik finansowy:
   - sektor wynagrodzenia pracowników,
   - sektor kosztów własnych produkcji,
   - sektor finansowy,
   - sektor kredytów.

Bloki równań są ze sobą powiązane wzajemnie i sprzężone z otoczeniem reprezentowanym przez odbiorców wyrobów finalnych oraz budżet państwa. Schemat powiązań strukturalnych modelu przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat powiązań strukturalnych w modelu MSP.

Równania zawarte w trzech ostatnich blokach są relacjami odwzorowującymi sferę działalności rzeczowej i finansowej przedsiębiorstwa. Obejmują one około 180 równań. Ponieważ niektóre z nich są funkcjami wektorowymi bądź macierzowymi, równania te opisują łącznie kształtowanie się około 420 zmiennych. W modelu przyjęto założenie o produkcji trzech wyrobów, do wytwarzania których używa się trzy rodzaje materiałów podstawowych, materiały pomocnicze, przedmioty nietrwałe, wykorzystuje się dwa typy urządzeń technologicznych i inne rodzaje środków trwałych oraz różne kategorie pracy. Te ostatnie wyróżniono ze względu na poziom wykształcenia (niewykwalifikowani, wykwalifikowani, specjaliści) oraz stopień ich związku z produkcją (bezpośrednio produkcyjni, obsługa produkcji oraz pracownicy zarządu przedsiębiorstwa).

Modelowane przedsiębiorstwo, zużywając w procesie produkcji materiały i pracę oraz wykorzystując posiadane zasoby środków trwałych, produkuje na podstawie określonej w danym momencie technologii, taką ilość wyrobów, jaka została określona przez plan produkcji (decyzję eksperymentatora). Jest ona korygowana stosownie do bieżących zasobów czynników wytwórczych. Wytworzona produkcja jest na rynku stosownie do zamówień odbiorców, po cenach transakcyjnych, określanych w relacji do stosunku popytu i podaży. Przychody ze sprzedaży pomniejszone o skalkulowane uprzednio koszty produkcji stanowią podstawę do wyznaczenia wyniku finansowego.

Zysk, zgodnie z obowiązującymi przepisami dzielony jest pomiędzy załogę i przedsiębiorstwo. W tym ostatnim przypadku zasila on poszczególne fundusze, wśród których ważną rolę pełni fundusz rozwoju. Stanowi on bowiem podstawowe źródło finansowania działalności inwestycyjnej podejmowanej przez

przedsiębiorstwo. Jest on wtedy uzupełniony przez kredyty uzyskiwane z banku. W wyniku działalności inwestycyjnej znacznym zmianom może ulegać technologia wytwarzania produkowanych wyrobów.

Odmienną strukturę oraz znaczenie funkcjonalne mają zmienne zawarte w pierwszym z wymienionych wcześniej bloków, obejmującym moduł decyzyjny oraz moduł zmiennych egzogenicznych.

Sektor decyzyjny w zasadzie zawiera listę zmiennych poddawanych ingerencji eksperymentatora. Dlatego też wielkości te ujęte zostały w odrębny zbiór zmiennych decyzyjnych i wyłączone zostały z modelu formalnego, tworząc odrębny moduł. Eksperymentator określa takie podstawowe wielkości, jak: oferowane odbiorcom ceny produktów wytwarzanych przez przedsiębiorstwo, wielkości produkcji wyrobów, bieżące zamówienia na materiały i zatrudnienie dodatkowych pracowników oraz na zakupy inwestycyjne. Dodatkowo, decyzji eksperymentatora pozostawiono niektóre parametry określające politykę płacową przedsiębiorstwa. Są to, jak łatwo zauważyć, wielkości istotne zarówno dla bieżącego funkcjonowania przedsiębiorstwa, jak i dla jego rozwoju w dłuższym okresie. Ustalenie ich na poziomie zapewniającym możliwie najwyższą efektywność ekonomiczną przedsiębiorstwa nie jest zadaniem łatwym. Dlatego do MSP można przyłączyć dodatkowy moduł, w postaci tzw. systemu wspomagania decyzji eksperymentatora (SWDE).

Sektor zmiennych egzogenicznych pełni w modelu również rolę szczególną. Relacje w nim zawarte (jest ich 25) opisują kształtowanie się kilkudziesięciu wielkości zewnętrznych i tym samym niejako modelują otoczenie przedsiębiorstwa. Zawarte są tutaj m.in. parametry, za pomocą których centralny organ sterujący gospodarką oraz instytucje z nim związane oddziaływują na sposób funkcjonowania przedsiębiorstwa. Są to w szczególności:

– parametry określające reguły opodatkowania wyniku finansowego przedsiębiorstwa oraz parametry odzwierciedlające warunki kredytowania,

– współczynniki amortyzacji poszczególnych grup środków trwałych oraz takie obiektywnie istniejące wielkości, jak przeciętna płaca w gospodarce w danym momencie, wskaźnik inflacji, wynikający z uregulowań prawnych jednostkowy fundusz czasu pracy pracownika, itp. Istotną grupę relacji w tym sektorze stanowią równania opisujące mechanizm przetworzenia decyzji eksperymentatora na wielkości wynikowe odpowiednich zmiennych.

Przed każdym eksperymentem symulacyjnym istnieje możliwość zmiany poszczególnych reguł bądź parametrów, co pozwala odzwierciedlać zmieniające się warunki działania przedsiębiorstwa, bądź też może wynikać z celowych działań eksperymentatora ukierunkowanych na zaprojektowanie zmian strukturalnych modelowanego obiektu.

4. SYSTEM WSPOMAGANIA DECYZJI DLA POTRZEB MSP

Rozbudowana struktura i duża ilość informacji generowana przez MSP utrudnia śledzenie przebiegu kształtowania się w czasie wartości dużej liczby zmiennych, a tym samym racjonalizację podejmowanych decyzji. W celu ułatwienia użytkownikowi MSP (eksperymentatorowi) podejmowania decyzji, tzn. przede wszystkim nadawania właściwych wartości zmiennym decyzyjnym, dołączono doń SWDE (por. rys. 1). Jest on systemem niezależnym, choć ściśle związanym z MSP; gromadzi on, przechowuje, przetwarza i udostępnia – zgodnie z życzeniami użytkownika MSP – dane i modele wykorzystywane przez niego w procesie decyzyjnym.

Zadanie, jakie stawiamy przed SWDE, polega przede wszystkim na ułatwieniu użytkownikowi dostępu do informacji źródłowych związanych z funkcjonowaniem MSP. Informacje te, po każdorazowym przebiegu symulacyjnym są przekazywane do bazy danych SWDE danego uczestnika rozgrywki. Ponadto baza danych SWDE będzie gromadzić, przechowywać i udostępniać użytkownikowi informacje o otoczeniu przedsiębiorstwa w zakresie ustalonym przez projektanta. Informacje te będą prezentowane nie tylko w postaci tablic zawierających pożądane dane (definiowanych zgodnie z życzeniem użytkownika SWDE), ale także będą one mogły być równolegle prezentowane w postaci np. wykresów, histogramów itp., zgodnie z wyborem dokonanym przez użytkownika.

Warto podkreślić, że rozmiary MSP i związanego z nim "systemu informacyjnego" wymagają, aby w każdym momencie jego wykorzystywania dostępne były szczegółowe informacje o dotychczasowym jego funkcjonowaniu. W podobny sposób powinny być również udostępnione np. definicje poszczególnych zmiennych występujących w MSP i informacje o poszczególnych równaniach tego modelu. Jest to zatem swego rodzaju ekspresowa informacja o "przedsiębiorstwie", którego modelem jest MSP.

Kolejnym ważnym zadaniem, jakie stoi przed SWDE, jest – z definicji – wspomaganie uczestnika rozgrywki w prowadzonym przez niego procesie decyzyjnym. Wspomaganie to obejmuje zarówno formalizowanie problemów decyzyjnych, jak i poszukiwanie rozwiązań racjonalnych – w szczególności optymalnych. Wykorzystano do tego celu metody i procedury przetwarzania informacji źródłowej, zawartej w bazie danych SWDE, na informacje bardziej złożone, dostosowane do potrzeb i oczekiwań eksperymentatora. Będą to przede wszystkim modele wywodzące się z obszaru badań operacyjnych i ekonometrii. Utworzą one łącznie bazę modelową SWDE. Warto jednak zauważyć, że zadanie SWDE polega na wspomaganiu eksperymentatora w prowadzonym przez niego procesie decyzyjnym, a nie jego zastępowanie poprzez automatyzację tego procesu. Jest tak m.in. dlatego, że wielu problemów nie udaje się ustruk-

turalizować, a wtedy tylko częściowo można się oprzeć na metodach ilościowych i trzeba korzystać z postępowania heurystycznego.

Aby sformułowane wyżej zadania stawiane przed SWDE mogły być w pełni zrealizowane, niezbędne stało się rozwiązanie problemu pomiędzy uczestnikiem rozgrywki i SWDE. W obecnie użytkowanej wersji SWDE jest wyposażony w podstawowy typ interfejsu, jakim jest opcja "menu".

Wspomnieliśmy już wcześniej, że poziom szczegółowości rozwiązań dla potrzeb przyjmowanych w SWDE budowanym dla potrzeb użytkownika MSP jest narzucony przez jego konstruktora. Nie oznacza to jednak, że struktura SWDE nie będzie podlegała ewolucji w miarę trwania rozgrywki. Napływające wyniki będą bowiem skłaniały uczestnika rozgrywki do samodzielnego definiowania ("montowania" z dostępnych elementów) nowych narzędzi analitycznych i optymalizacyjnych. Powinny one być lepiej dostosowane do zmieniających się potrzeb i oczekiwań użytkownika SWDE.

SWDE powinien wobec tego obejmować następujące elementy składowe:

1) zarządzanie dialogiem między uczestnikami rozgrywki a SWDE (za pośrednictwem "menu");

2) zarządzanie analizami realizowanymi przez SWDE (udostępnienie użytkownikowi katalogu metod i procedur przetwarzania informacji, które zawarte są w bazie modeli SWDE);

3) zarządzanie prezentacją informacji (wraz z katalogiem grafiki i bazą grafiki);

4) zarządzanie pozyskiwaniem danych dla potrzeb SWDE.

Element ten obejmuje katalog dostępnych danych i informacji oraz centralną i roboczą bazę danych; ta ostatnia służy do okresowego przechowywania wyników analiz zrealizowanych na danym etapie rozgrywki.

CZĘŚĆ II. TESTOWANIE WIARYGODNOŚCI MSP

1. WPROWADZENIE

Proces testowania wiarygodności modelu jest procesem ciągłym, wykonywanym zarówno na etapie budowy modelu jak i jego eksploatacji. Niestety, jak dotychczas, w literaturze przedmiotu brak zgodności zarówno co do rozumienia tego procesu, jak i sposobu jego przeprowadzenia [por. np. 3].

Opierając się na wynikach zawartych we wspomnianej pracy odnośnie poszczególnych testów, jakim powinien być poddany model symulacyjny, przeprowadzono proces testowania wiarygodności MSP.

Niektóre z testów zostały wykonane już w trakcie konstruowania poszczególnych równań MSP. Dotyczy to przede wszystkim testów zgodności jednostek wymiarów fizycznych obu stron każdego z równań modelu, a także podstawowych testów bilansowych. Dokonano weryfikacji zgodności modelu komputerowego z modelem konceptualnym. Zweryfikowano ponadto poprawność sformułowania pojedynczych relacji modelu. Fakt, że badania dotyczą modelu hipotetycznego spowodował, iż nie można było dokonać testu weryfikującego "historyczną" zgodność wyników dostarczanych przez model.

Wydaje się, że wyniki przeprowadzonych testów upoważniają do stwierdzenia poprawności modelu. W związku z tym przystąpiono do końcowej serii testów mających za zadanie sprawdzić, czy przy ustalonych warunkach początkowych, model nie dostarcza bezsensownych wartości, nie popada w niepożądane oscylacje, innymi słowy, czy wyniki eksperymentów są prawdopodobne w świetle zasad funkcjonowania przedsiębiorstwa przemysłowego.

2. ANALIZA FUNKCJONOWANIA MODELOWANEGO PRZEDSIĘBIORSTWA

2.1. Charakterystyka warunków początkowych

Jednym z podstawowych problemów poprzedzających przeprowadzenie eksperymentów symulacyjnych jest dobór wartości początkowych dla zmiennych i parametrów występujących w modelu. Powinny one spełniać przynajmniej dwa warunki: zapewniać w miarę stabilne funkcjonowanie modelu przedsiębiorstwa oraz umożliwiać analizę wyników eksperymentów symulacyjnych. Analiza ta jest szczególnie skomplikowana poprzez fakt, że na efekty działalności przedsiębiorstwa wpływa wiele różnorakich procesów gospodarczych, których skutki często nakładają się na siebie lub znoszą nawzajem. W tej sytuacji zdecydowano się na znaczne zróżnicowanie warunków początkowych – o skali nieczęsto występującej w realnych przedsiębiorstwach – dla poszczególnych czynników produkcji, a w rezultacie i dla wyrobów. W ten sposób stosunkowo łatwiej będzie można ocenić wpływ poszczególnych elementów modelu na ostateczny wynik badań symulacyjnych.

Przedsiębiorstwo, które jest opisane za pomocą MSP, produkuje w skali rocznej po 36 000 sztuk każdego z wyrobów. Przeciętne zatrudnienie pracowników (dla wyróżnionych kategorii) kształtuje się na poziomie:

K \ L	1	2	3	∑
1	300	60	30	390
2	300	60	30	390
3	300	70	40	410
∑	900	190	100	1190

Technologia charakteryzowana jest przez zestaw współczynników technologicznych, określających pracochłonność, materiałochłonność i czasochłonność na jednostkę produkowanego wyrobu.

Pozostałe warunki początkowe, to:

– ceny materiałów: 3 tys. zł,

– środki trwałe: 50 urządzeń pierwszego typu oraz 50 urządzeń drugiego typu łącznie stwarzających 1000 stanowisk pracy,

– amortyzacja 22 800 tys. zł (miesięcznie), w tym:
  – budynki i budowle (25%) 5700 tys. zł,
  – środki transportowe (10%) 2280 tys. zł,
  – maszyny i urządzenia (60%) 13 860 tys.zł,
  – pozostałe (5%) 1140 tys. zł,

– udział w kosztach produkcji:
  wynagrodzenia: 16% = 45 600 tys. zł
  amortyzacja 8% = 22 800 tys. zł
  materiały: 65% = 185 250 tys. zł,
  pozostałe: 11% = 31 350 tys zł,

Ceny transakcyjne sprzedawanych wyrobów ustalono odpowiednio na 50 tysięcy złotych, co zapewnia intensywność strumienia zamówień na poziomie aktualnej wielkości produkcji.

Przy powyższych założeniach przedsiębiorstwo może osiągnąć przychód ze sprzedaży w wysokości 327 750 tys. zł.

Początkowy stan funduszu rozwoju: 64 000 tys. zł.

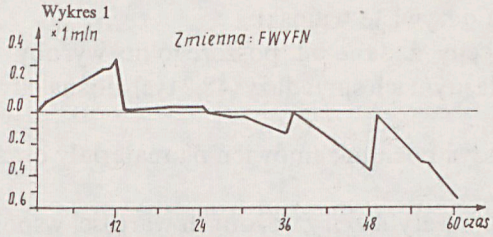
Następnie przystąpiono do przeprowadzenia eksperymentu symulacyjnego (eksperyment 1.) mającego za zadanie zweryfikować poprawność wyników dostarczonych przez model, przy ustalonych wyżej warunkach początkowych.

2.2. Eksperyment symulacyjny 1.

Założenia: Struktura modelu oraz warunki początkowe i wartości zmiennych decyzyjnych stałe przez 60 miesięcy.

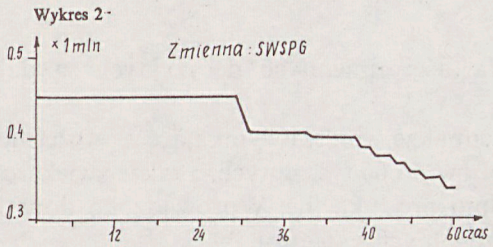
Cel: Analiza funkcjonowania modelowego przedsiębiorstwa przy ustalonych uprzednio warunkach początkowych przez 60 miesięcy.

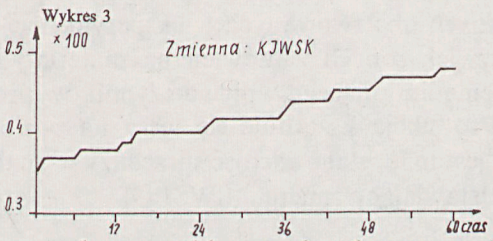
Wnioski: Przedsiębiorstwo odczuwa wiele niekorzystnych tendencji, z których najważniejsze to: zmniejszający się z roku na rok wynik finansowy przedsiębiorstwa (wykres 1.), a co za tym idzie coraz mniejszy zysk netto (FZYSP)



oraz znacznie pogarszająca się rentowność poszczególnych wyrobów.

Przyczyną tego zjawiska jest znaczny wzrost kosztów własnych sprzedaży wyrobów (KJWSK wykres 3) przy utrzymujących się stałych cenach sprzedaży. Z kolei przychody ze sprzedaży (SWSPG), po początkowym okresie stabilizacji (pierwsze 24 miesiące), również wykazują znaczny spadek (wykres 2).





Koszty rosną przede wszystkim na skutek pogarszających się warunków technicznych produkcji, spowodowanych starzeniem się maszyn i urządzeń. Zgodnie z założeniami przyjętymi w MSP, procesy te mają najsilniejszy wpływ na wzrost zużycia materiałów bezpośrednio produkcyjnych (MIZUZ). Dodatkową przyczyną kłopotów finansowych przedsiębiorstwa w ostatnich trzech latach jest niewykonywanie planów produkcji na skutek niedoboru pracowników o odpowiednich kwalifikacjach. Sygnalizują to wartości zmiennej WIRPL, systematycznie mniejsze od jedności. Analiza pozostałych współczynników wykonania planów produkcji WIRPC wskazuje również na niedobór materiałów począwszy od 34 miesiąca oraz na utrzymujący się przez cały okres nadmiar środków trwałych. Wynika stąd, że korekcie należy poddać wielkość zamówień na materiały bezpośrednio produkcyjne oraz na siłę roboczą.

Dodatkową konsekwencją niewykonywania planów produkcji są rosnące obciążenia z tytułu wypłat ponadnormatywnych wynagrodzeń (FPOWY).

Narzucają się tu oczywiste wnioski:

a) porównując ceny żądane za poszczególne wyroby (50 tys.) z jednostkowym kosztem własnym ich sprzedaży (48,2 tys) można łatwo stwierdzić, że są one zbyt niskie;

b) należy zwiększyć poziom zamówień na materiały oraz zapotrzebowanie na siłę roboczą;

c) należy dokonać weryfikacji założonych wartości współczynników czasochłonności maszyn i urządzeń.

Przy uwzględnieniu powyższych postulatów postanowiono przeprowadzić następne eksperymenty symulacyjne.

2.3. Eksperyment 2.

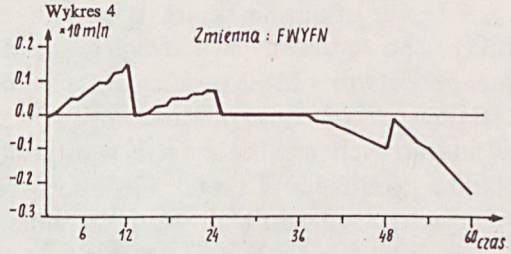
Założenia: Wartości zmiennych decyzyjnych są dalej stałe przez 60 miesięcy.

Uwzględniając jednakże wnioski wynikające z wcześniejszej analizy podwyższono ceny wyrobów do 65 tys. złotych, a także zwiększono zamówienia na materiały bezpośrednio produkcyjne. Wprowadzono dodatkowo zamówienia pracowników poszczególnych kategorii.

Celem eksperymentu przy takich założeniach jest porównanie wyników z wartościami zmiennych obserwowanych w eksperymencie 1.

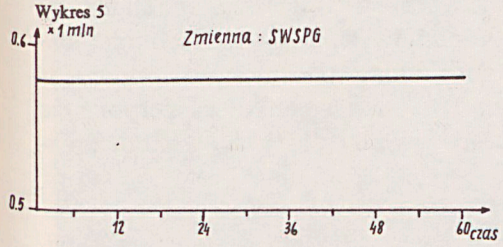
Wprowadzenie zwiększonych zamówień na materiały oraz siłę roboczą spowodowało uchylenie limitującego wpływu czynników produkcji na stopień wykonania planu. Produkcja kształtuje się teraz na poziomie planowanym, czego konsekwencją jest m.in. stała wartość sprzedaży w analizowanym okresie (por. wykres 5. przedstawiający zmienną SWSPG).

Wykres 4

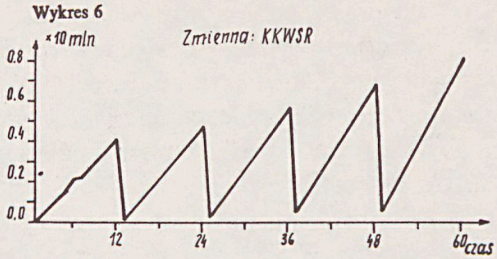


Zmiana cen sprzedaży wyrobów oraz ustabilizowane dochody ze sprzedaży wpływają na pewną poprawę wyniku finansowego przedsiębiorstwa (wykres 4.). W dalszym ciągu jednak wyniki te nie są zadowalające. Już bowiem pod koniec trzeciego roku pojawiają się wartości ujemne i w dalszych okresach ujemne tendencje ulegają nasileniu. Główną przyczyną trudności finansowych przedsiębiorstwa są powiększające się koszty własne sprzedaży produkcji KKWSR, (wykres 6).

Wykres 5

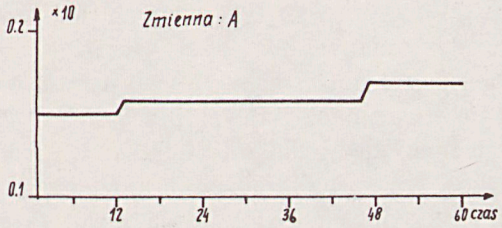


Wykres 6

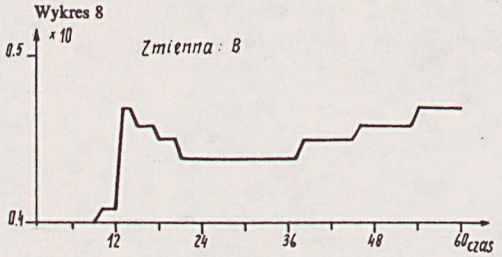


Wzrost z roku na rok kosztów produkcji wynika przede wszystkim z pogarszającej się technologii (gorsze parametry starzejącego się aparatu technologicznego powodują większe zużycie materiałów, czasu pracy pracowników i czasu pracy maszyn na jednostkę wyrobu), a także ze wzrostu kosztów jednostkowych robocizny. Przykładowe tendencje kształtowania się współczynników technologicznych przedstawiono na wykresach 7., 8., i 9.

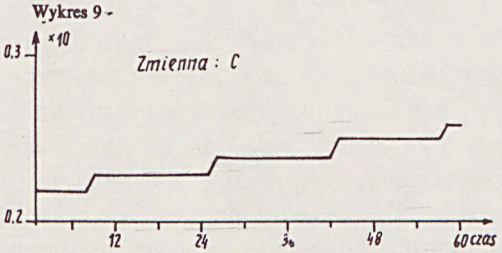
Wykres 7



Wykres 8



Wykres 9



Poprawa obserwowanej technologii możliwa jest poprzez zmianę struktury aparatu wytwórczego, a więc w drodze zakupu nowych jednostek technologicznych z korzystniejszymi parametrami odnośnie materiałochłonności, pracochłonności i czasochłonności. W związku z tym, w następnym eksperymencie postanowiono zbadać wpływ działań inwestycyjnych na sytuację w modelowanym przedsiębiorstwie.

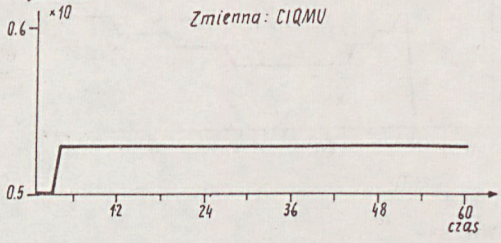
2.4. Eksperyment 3.

Założenia: Przedsiębiorstwo działa w stałych warunkach, wartości początkowe zmiennych są takie same jak w eksperymencie 2. Wartości zmiennych decyzyjnych – poza inwestycyjnymi – stałe przez 60 miesięcy (na poziomie jak w poprzednim eksperymencie). Podjęto decyzję o zakupie czterech jednostek technologicznych pierwszego typu (Q = 1) w cenie 30000 tys. złotych każda o parametrach technologicznych w zakresie materiałochłonności i czasochłonności korzystniejszych od dotychczas użytkowanych (współczynniki pracochłonności pozostawiono bez zmiany).

Celem eksperymentu jest obserwacja wpływu decyzji o inwestycjach na wyniki przedsiębiorstwa w warunkach stałych przez 60 miesięcy.

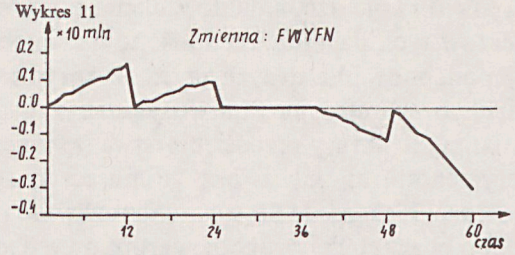
Wprowadzenie zmiennej decyzyjnej DECIN(1) w pierwszym miesiącu powoduje zwiększenie liczby maszyn i urządzeń (z opóźnieniem trzymiesięcznym będącym okresem niezbędnym na instalowanie maszyn). Na wykresie 10 przedstawiono kształtowanie się zmiennej CIQMU (liczba maszyn i urządzeń Q-tego typu), gdzie widoczne jest zwiększenie się stanu tych maszyn w czwartym miesiącu i utrrzymywaniu się na osiągniętym poziomie już do końca analizowanego okresu.

Wykres 10-



Wprowadzenie do użytkowania nowych urządzeń powoduje częściowo odnowienie struktury parku maszynowego, co w konsekwencji wpływa korzystnie na zmiany technologii wytwarzania. Zmiany te nie są jednakże wystarczająco duże, aby mogły w sposób istotny wpływać na charakterystyki finansowe przedsiębiorstwa. Obserwujemy, co prawda, niewielką poprawę osiąganego wyniku finansowego (wykres 11) wynikającą z pewnej niewielkiej obniżki kosztów jednostkowych (spowodowanej mniejszym zużyciem materiałów), ale zasadniczo nie zmienia to obrazu wyników przedsiębiorstwa. Nie można było

Wykres 11



zresztą oczekiwać czegoś innego, ponieważ pozostałe składniki kosztów nie zmniejszają się. Przykładowo koszty wynagrodzeń wzrastają, chociażby w wyniku inflacji, a koszty amortyzacji wzrosną, ponieważ liczone są od większej wartości majątku trwałego (zakupiono nowe droższe maszyny, a nie podjęto decyzji o wycofaniu innych, tym samym nie uległa bardziej istotnej zmianie struktura majątku trwałego).

Eksperymenty testujące wiarygodność MSP, opisane w niniejszym opracowaniu, wskazują na poprawne jego działanie. Ponieważ jednak proces testowania jest procesem ciągłym, będzie on musiał być powtarzany każdorazowo przy wprowadzaniu zmian w równaniach modelu.

Zasadniczą kwestią jest odejście od założenia o działalności przedsiębiorstwa w stałych (ustalonych na początku) warunkach. Nie ma potrzeby specjalnie uzasadniać, że każda jednostka gospodarcza musi dostosowywać swoje działanie do sytuacji, w której się znajduje. Tego typu badania eksperymentalne wykraczają jednak poza etap testowania modelu.

3. MOŻLIWOŚCI APLIKACYJNE MSP

Eksperymentowanie symulacyjne przy użyciu MSP może być prowadzone z uwzględnieniem szerokiego wachlarza zagadnień poznawczych i praktycznych. W najogólniejszym ujęciu mogą to być zarówno badania analityczne, jak i preskryptywne.

Celem badań analitycznych jest poznanie reakcji obiektu na różnego rodzaju oddziaływania zewnętrzne i wewnętrzne. Te pierwsze oznaczają bodźce skierowane na przedsiębiorstwo z otoczenia, te drugie – to zmiany zachodzące w strukturze przedsiębiorstwa.

Ponieważ, jak to już wspomniano, nieodłącznym elementem MSP jest eksperymentator, stanowiący niejako integralny składnik struktury modelowego przedsiębiorstwa, wyróżnienie analiz dynamicznych i strukturalnych nie jest tu oczywiste. Każde bowiem oddziaływanie zewnętrzne będzie wywoływać nie tylko bezpośrednią reakcję systemu rozpatrywanego jako mechanizm, ale będzie też powodować zmiany w zachowaniach eksperymentatora. Jako reprezentant kierownictwa modelowanego przedsiębiorsrwa będzie on przecież, choćby

podświadomie adaptował swoje działania do zmieniających się bieżąco warunków, a także do efektów tych działań. Trudność tę da się pokonać,formułując jednocześnie reguły podejmowania decyzji przez eksperymentatora i ustalając odpowiednie scenariusze symulacyjne. Łatwo jednak zauważyć, że zarówno w sytuacji "usztywniania" struktury przedsiębiorstwa (zwłaszcza ustalenia reguł decyzyjnych eksperymentatora), jak i przy dopuszczeniu zmienności tejże struktury, modyfikowanej bieżąco, MSP stwarza możliwość prowadzenia wielu interesujących badań o charakterze prognoz warunkowych, czy też analiz typu "what - if".

Szczególne znaczenie przywiązujemy tu do ewentualności badań reakcji przedsiębiorstwa na te oddziaływania zewnętrzne, którym przypisuje się charakter sterowania gospodarczego, zwłaszcza pośredniego – parametrycznego. Określenie zachowań typowego przedsiębiorstwa przemysłowego, poddanego czynnikom i uwarunkowaniom stwarzanym przez organa sterujące gospodarką, ma bowiem istotne znaczenie dla skuteczności polityki gospodarczej. Wydaje się, że z tego punktu widzenia, a zwłaszcza w aspekcie oceny: czy i w jakim stopniu parametry sterujące wywołują pożądane zmiany w funkcjonowaniu przedsiębiorstw, MSP może być użytecznym narzędziem analiz.

Model może w szczególności stać się instrumentem badań sposobu działania przedstawicieli różnych grup decydentów gospodarczych – przede wszystkim kierowników przedsiębiorstw, ale też osób reprezentujących ośrodki kształtowania polityki gospodarczej. Analiza zachowań eksperymentatorów podejmujących decyzje w symulowanym przedsiębiorstwie i identyfikacja stosowanych przez nich reguł decyzyjnych jest – w świetle powyższych uwag – dość oczywistym, a interesującym, celem zastosowań MSP.

Zagadnienia doboru oddziaływań na obiekt w taki sposób, aby uzyskiwać jego pożądane reakcje, stanowią w badaniach symulacyjnych odrębną klasę zadań, określonych mianem badań preskryptywnych. Tego rodzaju problemami zainteresowany będzie zapewne polityk gospodarczy, który zamierza wywoływać pożądane zachowanie się przedsiębiorstw przez ustalenie właściwych wartości parametrów stanowiących bodźce i/lub ograniczenia kontroli dla jednostek gospodarczych. W szczególności można tu mówić o doborze parametrów optymalnych, to znaczy takich, które spowodują najlepsze – z punktu widzenia ustalonego kryterium – zachowanie się przedsiębiorstwa. Problem ustalenia takich tzw. sterowań optymalnych, co jest możliwe na drodze analitycznej tylko przy upraszczających założeniach, może być efektywnie rozwiązywany również przez eksperymentowanie symulacyjne. Zauważmy, że przy użyciu MSP eksperymenty w tym zakresie mogą być wzbogacone o udział "czynnika ludzkiego" (eksperymentatora), który by reprezentował przeciętne przygotowanie zawodowe, doświadczenia i preferencje kierowników przedsiębiorstw. Co więcej, MSP można tu potraktować jako swego rodzaju "pole gry", na którym prowadzą rozgrywkę dwaj partnerzy: optymalizujący swoje decyzje kierownik przed-