

JAN SZUMILAK, BOGUSŁAW WĄSIK

WYKORZYSTANIE SYMULACYJNYCH MODELI DYNAMIKI SYSTEMÓW W ANALIZIE PROCESÓW OBROTU TOWAROWEGO

1. UWAGI O METODZIE BADAN SYSTEMOWYCH DYNAMIKI PRZEPIYWÓW TOWAROWYCH

Badanie obiektu gospodarczego współcześnie wiąże się z reguły z określeniem jego ilościowych charakterystyk. Oznacza to, że badacz wyróżnia pewne wielkości charakteryzujące dany obiekt, a następnie — za pomocą pomiarów i ewentualnie eksperymentów — ustala związki między nimi i opisuje je, najczęściej przy użyciu odpowiednich formuł matematycznych. Powstaje w ten sposób model matematyczny, który bywa wykorzystywany do analizy przeszłego i obecnego stanu obiektu, do prognozowania jego zachowania się w przyszłości, a także do określania sposobu celowego nań oddziaływania. Model staje się narzędziem badania zmian zachowania obiektu, zachodzących pod wpływem sił zewnętrznych, zależnych przy tym od wewnętrznej struktury obiektu. Rozwiązywane są zadania analizy kinetycznej obiektu, dotyczące jego reakcji na różne wymuszenia oraz problemy syntezy kinetycznej, związane z doбором oddziaływań (sterowań) dla uzyskania pożądanego zachowania się obiektu.

Spośród wielu proponowanych przez naukę konwencji i sposobów modelowania, szczególnie efektywnym podejściem do badań funkcjonowania obiektów (systemów) gospodarczych, zwłaszcza w sferze obrotu towarowego jest Dynamika Systemowa (DS) opracowana przez J. W. Forrestera. W Polsce badania tego typu mają skromne tradycje¹, choć bez wątplenia niosą znaczne możliwości poznawcze, a przez to i praktyczne. Zaletą bowiem modeli konstruowanych w konwencji DS są następujące ich własności:

¹ W zakresie funkcjonowania handlu wewnętrznego w Polsce należy wymienić w zasadzie dwie prace badawcze, których wyniki zostały następnie opublikowane; A. Śliwiński, *Elementy symulacji działania systemu obrotu towarowego*, Handel Wewnętrzny nr 3, 1975; Z. Samardziewa, *Proces przepływów towarowych w ujęciu systemowym*, Warszawa 1978.

— są to modele dynamiczne, to znaczy takie, w których uwzględnia się i zapisuje w wyraźnej formie fakt zmienności wyróżnionych własności obiektu w czasie;

— są to modele przyczynowe, ich poszczególne fragmenty mogą być (z odpowiednim uzasadnieniem) interpretowane jako odzwierciedlenie relacji „przyczyna-skutek” między elementami obiektu;

— są to modele strukturalne, ujmujące możliwie kompleksowo zbiór relacji między elementami systemu i ich różnorodnymi charakterystykami;

— elastyczność konstrukcji tych modeli, to znaczy ich podatność na dokonywanie ograniczonych zmian struktury modelu bez konieczności przeprowadzenia zasadniczej rekonstrukcji całości, jest własnością szczególnie ważną z operacyjnego punktu widzenia.

Jako szczególne kierunki badania za pomocą modeli dynamiki systemowej (w zakresie procesów realnych w systemach obrotu towarowego) należy wymienić przykładowo:

— analizę prędkości przepływów towarów i informacji,

— optymalizację parametrów odnośnych reguł decyzyjnych (polityk), służących do kształtowania przepływów i zapasów w systemie,

— syntezę strukturalną, polegającą na projektowaniu efektywnych (w miarę możliwości — optymalnych) relacji między różnymi elementami systemu — w szczególności zasad i metod kształtowania przepływów towarów i informacji.

Te wymienione kierunki badań są właśnie przedmiotem zainteresowań autorów niniejszego opracowania, w którym zawarto swego rodzaju relację z dotychczasowych prac nad dynamiką zapasów i przepływów towarowych w branżowych systemach obrotu². Obiektem badań jest branża towarów spożywczych, charakteryzująca się rozbudowaną strukturą dróg przepływów towarowych i reguł, które nimi sterują. Ogólna koncepcja badań zmierza do możliwie pełnego określenia tej złożonej struktury procesów realnych i informacyjnych i w rezultacie opracowania symulacyjnego modelu dynamiki tych procesów. Model ten będzie wykorzystywany do oceny dynamicznych cech systemu obrotu, zwłaszcza jego adaptacyjności i warunków równowagi dynamicznej, a także do określenia optymalnych warunków sterowania systemem. Uznając złożoność struktury systemu, przyjęto zasadę budowy modelu na drodze integracji kilku modeli elementarnych, z których niektóre dotyczą różnych grup towarowych, zaś inne są modelami funkcjonowania hierarchicznie sprzężonych układów sterowania przepływami towarowymi. Modele te są następnie scalone w jeden ogólny model.

Budowa modelu przebiegała w dwóch fazach. W pierwszej fazie prac starano się oddać specyfikę branżową obrotu poszczególnymi towarami.

² Badania są realizowane w ramach problemu węzłowego 13.2.05 „Optymalizacja procesów obrotu towarowego i działalności usługowej”.

Dlatego w opracowaniu modeli wzięto pod uwagę szczególne zasady funkcjonowania ogniw obrotu towarowego to jest zbytu, hurtu i detalu, zwłaszcza w zakresie kształtowania przepływów i zapasów. Wyróżniono w związku z tym trzy układy asortymentowe: towary spożywcze masowe (na przykładzie obrotu mąką), towary spożywcze codziennego zakupu (na przykładzie obrotu pieczywem), towary spożywcze doraźnego zakupu (na przykładzie obrotu artykułami cukierniczymi i przetworami owocowo-warzywnymi). Druga faza budowy modelu ma na celu uzyskanie integracji pionowej modeli cząstkowych to znaczy łączenia różnych poziomów regulacji w pełny układ sterowania przepływami realnymi. Warto przy tym zauważyć, że modele symulacyjne typu Forrestera przeważnie nie uwzględniają tego aspektu sterowania, co tym samym zbytnia upraszcza model powiązań ogniw obrotu i nie oddaje rzeczywistego przebiegu procesów. Realizacja przepływów towarowych i zapasów nie jest bowiem wynikiem doraźnych i incydentalnych powiązań ogniw obrotu, ale w znacznej mierze jest zdeterminowana ustalonym układem koordynacji procesów obrotu w całym systemie. Stąd też powiązania poziome ogniw obrotu w dużej mierze są pochodną struktury i funkcjonowania całego systemu zarządzania obrotem towarowym. Budowa modelu powinna więc uwzględniać udział kolejnych szczebli hierarchicznej struktury systemu obrotu w sterowaniu przepływami towarowymi.

Dla celów roboczych uwzględniono cztery stopnie hierarchii: eksploatację bieżącą, planowanie operatywne, planowanie roczne, sterowanie rozwojem.

Eksploatacja bieżąca uwzględnia te elementy systemu i powiązania między nimi, które odzwierciedlają funkcjonowanie ogniw obrotu w fazie realizacji przepływów i zapasów towarowych i które wynikają z uzgodnień planowych w danych warunkach techniczno-materialnych pozostających w dyspozycji tych ogniw. Jest to więc najniższy poziom regulacji, w którym liczba zmiennych decyzyjnych jest wyraźnie ograniczona do tych, które umożliwiają zrealizowanie wcześniej określonych i zaplanowanych zadań.

Planowanie operatywne to planowanie, gdzie modelowanie struktury zostaje wzbogacone o te elementy, które generują plany operatywne (kwartalne), uwzględniające już pewien dłuższy zakres czasu. Model w tym zakresie uwzględnia zintegrowaną strukturę branżową oraz hierarchicznie wyższe bloki sterowania, wyrażając w ten sposób pełniej rolę przedsiębiorstwa w procesie koordynacji przepływów. Uwzględnione jest również działanie bloków koordynujących wyższego szczebla na przykład zjednoczeń przemysłowych, administracyjnych władz terenowych i central handlowych, które na tym etapie włączają się aktywnie w kształtowanie badanych procesów.

Planowanie roczne jest poziomem uwzględniającym jeszcze bardziej złożoność struktury systemu. Przy tym zakresie czasowym mo-

del musi uwzględniać wszystkie bloki koordynacyjne sfery obrotu (w tym pełny system i tryb planowania). Musi także uwzględniać te zmienne decyzyjne i relacje, które wywierają pośredni wpływ na wielkość i natężenie przepływów towarowych. Są to na przykład relacje, które odzwierciedlają reguły działania hierarchicznie najwyższych stojących bloków sterowania, kierujących się globalnym celem funkcjonowania systemu obrotu.

Sterowanie rozwojem jest dalszym rozwinięciem modelu w sensie uwzględnienia tych powiązań i interakcji, które dotyczą zmian w strukturze nakładów na sferę obrotu, przeobrażeń w jego bazie materialnej, lokalizacji przestrzennej i potencjału produkcyjnego towarów, zmian systemu finansowego itp. Zmiany te zachodzą w dłuższym okresie, tym niemniej stanowią determinanty funkcjonowania systemu w danym czasie. Na tym etapie nabierają również znaczenia ekonomiczne i pozatekoniczne kryteria racjonalizacji przepływów towarowych.

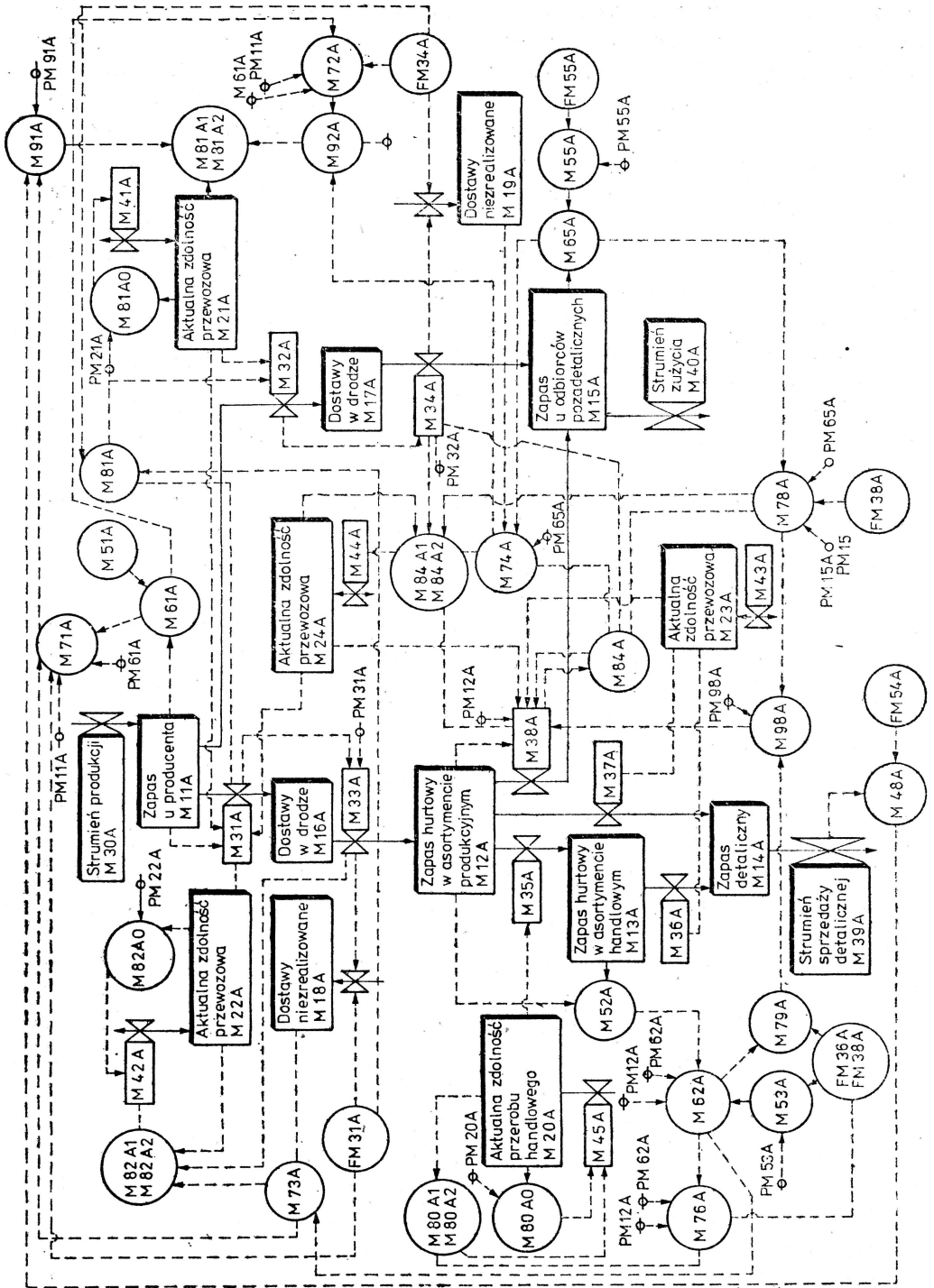
Zintegrowany model systemu produkcji i obrotu jest więc kompleksowym modelem odzwierciedlającym mechanizm kształtowania zapasów i przepływów towarów, pozwalającym w dalszym etapie badania, na drodze symulacji, określić zachowanie się systemu pod wpływem różnego typu wymuszeń pochodzących tak z otoczenia systemu, jak i z elementów składających się na jego strukturę. W ten sposób można określić z dużym przybliżeniem dynamiczne własności systemu oraz jego efektywność mierzoną niezawodnością funkcjonowania. Kolejne uwzględnianie wyższych układów regulacji pozwala również prześledzić sposób, w jaki poszczególne poziomy sterowania wpływają na zdolność adaptacyjną systemu i jego stabilność. Jest to więc istotny przyczynek do rozważań nad optymalnym sterowaniem procesami realnymi w systemie.

2. SYMULACYJNY MODEL DYNAMIKI ZAPASÓW I PRZEPIYWÓW TOWAROWYCH

2.1. STRUKTURA MODELU

Ramy niniejszego opracowania nie pozwalają na pełny opis dotychczasowych rezultatów budowy modelu, która zresztą nie została jeszcze ukończona. Zdecydowano się przedstawić w tym opracowaniu tylko jedną z jego części: tę, która dotyczy zapasów i przepływów towarów spożywczych masowych, posiadających wysoki udział wagowy w obrocie towarami ogólnospożywczymi. Jak już o tym wyżej wspomniano, modele tego typu są również opracowane dla innych grup towarowych, co aktualnie pozwala na budowę modelu zintegrowanego odnoszącego się do całego systemu branży ogólnospożywczej.

Model uwzględnia w swojej strukturze tylko te zmienne, poziomy i parametry, które są charakterystyczne dla najniższego poziomu stero-



Ryc. 1. Schemat struktury modelu dynamiki zapasów i przepływów towarowych mąki

wania, nazwanego roboczo „eksploatacja bieżąca systemu”. Inaczej mówiąc, regulacja zapasów i strumieni towarowych obejmuje tylko ten zakres i sposoby oddziaływania, jakimi posługują się elementy układu wykonawczego systemu, to jest komórki zbytu przedsiębiorstw produkcyjnych, magazyny handlowe, sklepy i inni odbiorcy towarów (np. zakłady gastronomiczne, piekarnie itp.).

W związku z powyższym założeniem cała konstrukcja modelu opiera się na pięciu podstawowych zasobach i odpowiednio do tego podstawowych strumieniach towarowych powiązanych z tymi zasobami (por. ryc. 1). Są to: zapas mąki u producentów, zapas hurtowy mąki w asortymencie produkcyjnym, zapas hurtowy mąki w asortymencie handlowym, zapas mąki w detalu, zapas mąki u odbiorców pozadetalicznych. Należy przede wszystkim powiedzieć, że — podana na (przykładzie obrotu mąką — struktura modelu jest charakterystyczna dla przepływów towarowych większości masowych towarów spożywczych. W obrocie tymi towarami nie występują bowiem praktycznie dostawy bezpośrednie do sieci detalicznej (tylko 5% mąki dostarczane jest bezpośrednio do dużych sklepów). Charakterystyczne są tu również dwukanałowe dostawy mąki — a także innych towarów masowych — do odbiorców pozadetalicznych. Podstawowym w tym przypadku jest kanał bezpośredni (tzw. tranzyt), z tym, że dla dużej grupy tak zwanych odbiorców pozadetalicznych, dostawy mąki odbywają się także alternatywnie za pośrednictwem magazynów hurtu i detalu. Z punktu widzenia regulowania procesów przepływów, w każdym wypadku mamy do czynienia z aktywną rolą hurtu, który nie tylko zajmuje się redystrybucją, ale koordynuje w znacznym stopniu cały proces. Dzieje się tak też w chwili obecnej, jakkolwiek w handlu mamy powszechną integrację hurtu i detalu. Trudności w dokładnym słownym opisie struktury modelu i zasad jego funkcjonowania powodują konieczność ograniczenia się do zaprezentowania i interpretacji najważniejszych grup zmiennych i parametrów modelu oraz ich wzajemnych powiązań. Pełny zestaw wyróżnionych w modelu zmiennych i parametrów podano w formie indeksów w końcowej części opracowania.

Oprócz pięciu zasobów (zmiennych typu „poziom”), które omówiliśmy powyżej, do modelu wprowadzono jeszcze dalszych dziewięć (patrz indeks). Dotyczą one zapasów mąki w drodze, zdolności przewozowej transportu, niezrealizowanych w stosunku do planu dostaw mąki oraz bieżącej zdolności przerobu handlowego (paczkowanie mąki). Wymienione poziomy (zasoby) są więc zmiennymi odnoszącymi się do procesów realnych oraz informacyjnych, według których następuje regulacja strumieni przepływów. Szczególnego wyjaśnienia wymaga wyróżnienie dwóch rodzajów zdolności przewozowej transportu. Otóż sferę obrotu obsługują dwa systemy transportowe nie powiązane ze sobą bezpośrednio. Pierwszy system, w skład którego wchodzi głównie przewoźnicy publiczni to jest

PKS i PKP, dokonuje przewozów towarów od producentów do handlu i innych odbiorców koordynowanych przez handel. Drugi system — transport branżowy — w zasadzie obsługuje tylko sferę handlu, to jest głównie dostawy z magazynów do sklepów. Mimo takiego podziału często dochodzi do organizowania przewozów towarów przez przedsiębiorstwa handlowe w celu zrealizowania dostaw od producentów. W takich sytuacjach handel korzysta z różnych systemów transportowych, przy czym w głównej mierze z transportu branżowego. Wyodrębnienie odpowiednich poziomów (patrz indeks) ma więc swoje uzasadnienie. Inną sprawą jest, że dla omawianych poziomów zdolności przewozowej w modelu nie określono w sposób precyzyjny wielkości granicznych, przyjęto natomiast określone opóźnienia (o czym będzie jeszcze mowa), praktyka bowiem potwierdza, że trudno wyznaczyć bezwzględną granicę zdolności przewozowej, w grę natomiast wchodzi dokładniejsze wyznaczenie okresu transportu do zmiennych potrzeb producentów i handlu.

W modelu wyróżniono 17 strumieni obrazujących powiązania pomiędzy poszczególnymi elementami układu producent-handel (hurt i detal) oraz współpracującego z nimi układu transportowego. Strumienie te są dezagregowane w takim stopniu, w jakim odpowiadają specyficznym zasadom i sposobom ich regulowania. Stąd też dzielą się one — tak w przekroju poziomym (przyjmujący-odbierający), jak i pionowym — ze względu na występowanie subukładów niekiedy o znacznej autonomii, (np. podsystem dostaw mąki do piekarnictwa i inne).

Model obejmuje również 41 innych zmiennych endogenicznych. Ogólnie rzecz biorąc zmienne te wyrażają sprzężenia i interakcje zachodzące w opisywanym systemie. Nie sposób prześledzić i opisać szczegółowo każdą z wymienionych zmiennych, dlatego dokładniejsze zorientowanie się w zasadach współdziałania poszczególnych elementów modelu wymaga posiłkowania się wykresem i odpowiednimi indeksami.

Uwzględnione w modelu zmienne egzogeniczne odzwierciedlają wpływ otoczenia na system. Przede wszystkim należy tu wskazać na zmienne oznaczone literą *F*, które pełnią rolę zmiennych egzogenicznych „tymczasowo”. Oznacza to, że z chwilą integracji modelu w układzie pionowym (uwzględniania hierarchii układu sterowania) ich rola się zmienia, to znaczy zaczną one wtedy pełnić funkcje zmiennych wewnętrznych systemu. Jest 7 tych zmiennych i wszystkie wyrażają planowe wartości odnośnych strumieni. Jak to już wyjaśniono, na obecnym etapie budowy modelu, wielkości planowane pochodzą spoza systemu. Pozostałe zmienne egzogeniczne, oznaczone literą *E* wyrażają zakłócenia strumieni produkcji i dostaw. Zakłócenia te mają różne przyczyny i źródło. Wyrażają występowanie losowych zdarzeń, które w funkcjonowaniu systemu muszą być brane pod uwagę oraz odzwierciedlają wymuszenia pochodzące z innych systemów będących otoczeniem dla systemu rozpatrywanego.

Oprócz omawianych wcześniej zmiennych, w modelu występują 34

parametry, dla których wyznaczono odpowiednie wartości. Można je podzielać na kilka grup odzwierciedlających odnośne zespoły warunków funkcjonowania systemu. Pierwsza grupa parametrów dotyczy podziału masy towarowej przeznaczonej na zaopatrzenie poszczególnych odbiorców. Wartości tych parametrów oceniono na podstawie statystyki rynkowej.

Następna grupa parametrów dotyczy maksymalnych zdolności przeobrotu handlowego i zdolności przewozowej. Oszacowanie tych wartości nastrocza wiele trudności. W modelu, na drodze autopsji i wywiadów, przyjęto wartości, które odpowiadają pewnemu przeciętnemu stanowi umożliwiającemu normalne funkcjonowanie systemu.

Podobnie określono parametry wyrażające okres adaptacji elementów systemu do zmiennych warunków związanych z jego funkcjonowaniem. Tu także starano się określić ich przeciętną wielkość opierając się na opiniach ekspertów bądź własnych obserwacjach.

Natomiast te parametry, które odzwierciedlają wielkość normatywnej rotacji towarów przyjęto na podstawie obowiązujących w tym względzie przepisów bądź reguł nieformalnych.

Osobnego wyjaśnienia wymagają natomiast parametry odzwierciedlające, jak to określamy, „siłę wpływu” poszczególnych elementów systemu na przebieg realizacji odnośnych procesów. Jest to zjawisko, które występuje w rzeczywistości i które potwierdziły obserwacje przepływu towarów w systemie, które prowadzono przy realizacji wstępnego programu badań empirycznych, poprzedzających prace nad modelem. Stwierdzono, że w procesie przepływu towarów mamy często do czynienia ze zjawiskiem „tłoczenia” towarów przez producentów do ogniw handlowych, co oznacza możliwość skutecznego działania wymuszającego taką regulację przepływu towarów, jaka bardziej odpowiada producentom w stosunku do hurtu, czy też potrzebom hurtu w stosunku do sieci detalicznej. Obiektywna wycena tej „siły wpływu” jest bardzo trudna, tym niemniej starano się ją szacować przyjmując wartości z przedziału (0,1), najczęściej przyjmując wyższe wartości dla ogniw „tłoczących”. Wartości wszystkich parametrów przedstawione są w indeksie.

Wydaje się, iż z punktu widzenia niniejszego opracowania niecelowe byłoby dokładne przedstawianie podstaw teoretycznych wykorzystanego tu modelu - matematycznego oraz poszczególnych rozwiązań elementarnych. Model ten jest bezpośrednim odpowiednikiem przedstawionego schematu graficznego i obejmuje 70 równań wyrażających odnośne prawidłowości i zasady regulacyjne zaobserwowane w systemie. W opracowaniu starano się przedstawić raczej stronę (aplikacyjną modeli dynamiki systemów niż ich formalno-teoretyczną podstawę³. Program symulacyjny

³ Zagadnienia te szeroko i wyczerpująco zostały przedstawione na przykład w pracy B. Wąsika, *Modelowanie dynamiki systemów gospodarczych*, Zeszyty Naukowe AE w Krakowie, Seria specjalna: Monografie, Kraków 1977.

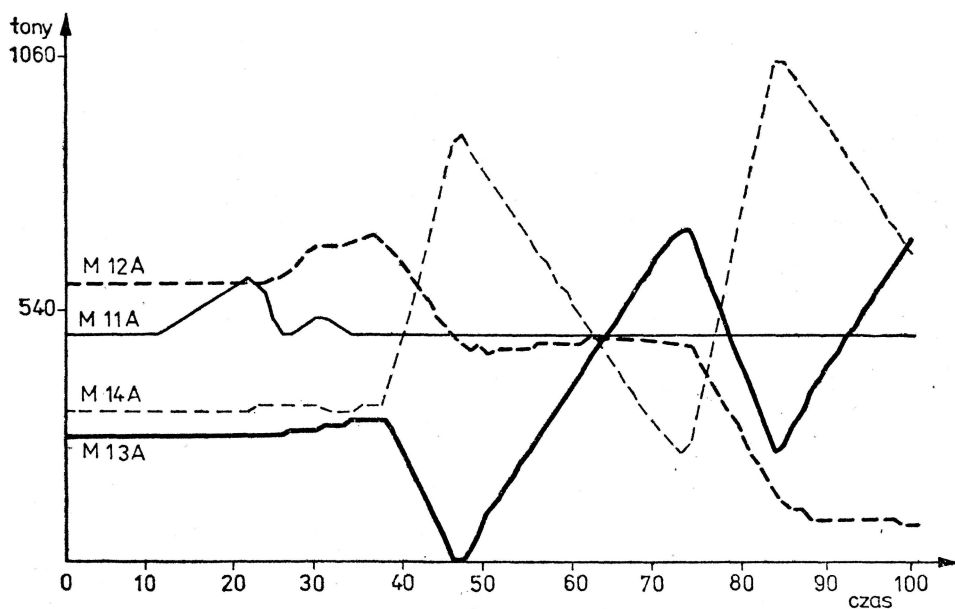
został zapisany w oryginalnym języku DELTA, który odznacza się szczególną efektywnością w badaniach modeli układów gospodarczych⁴.

2.2. EKSPERYMENTY SYMULACYJNE

Model symulacyjny posłużył do przeprowadzenia szeregu eksperymentów, które miały określić zachowanie się systemu pod wpływem określonych zadanych wymuszeń. Wcześniej wymagało to przyjęcia określonych wartości początkowych poziomów oraz zmiennych egzogenicznych (wartości umieszczono w indeksie). Przeprowadzenie eksperymentów nie jest zupełnie dowolne z punktu widzenia merytorycznego. Jakkolwiek model daje w tym względzie wiele możliwości formalnych, badanie należy prowadzić w taki sposób, aby eksperymenty odpowiadały rzeczywistości i odwzorowywały zdarzenia często występujące.

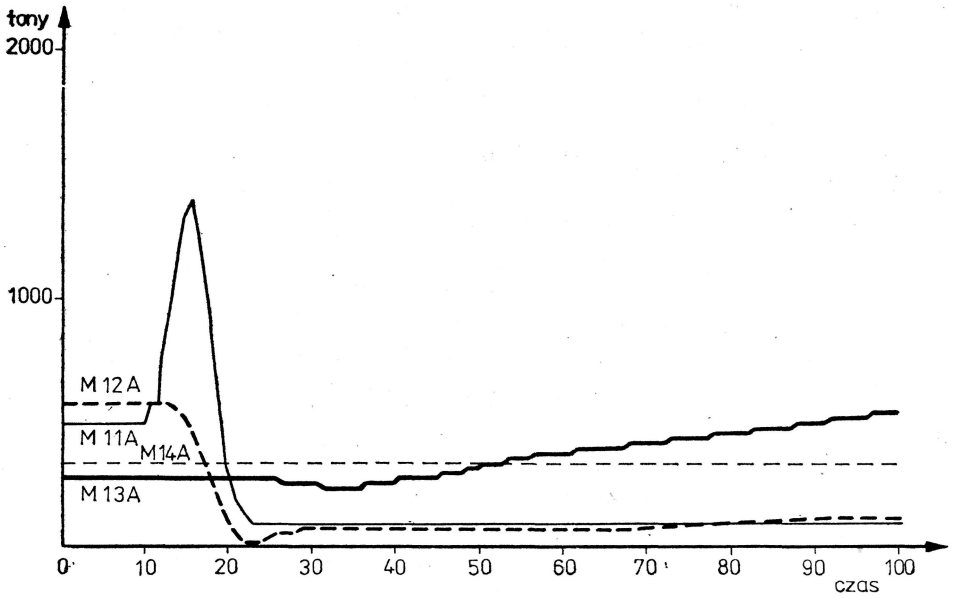
W pierwszej fazie symulacyjnego badania systemu (przewiduje się dalsze) wykonano następujące eksperymenty:

1) Wymuszenie po stronie produkcji polegające na wzroście strumienia produkcji o 10% w dziesiątym okresie (dziennym) przebiegu eksperymentu, przy założeniu, że po okresie 20 dni, strumień produkcji wraca do poziomu początkowego. Przyjęto, że czas trwania eksperymentu wynosi 100 dni, co w przybliżeniu odzwierciedla okres jednego kwartału, a więc czas, jaki uwzględniono w budowie modelu (ryc. 2).

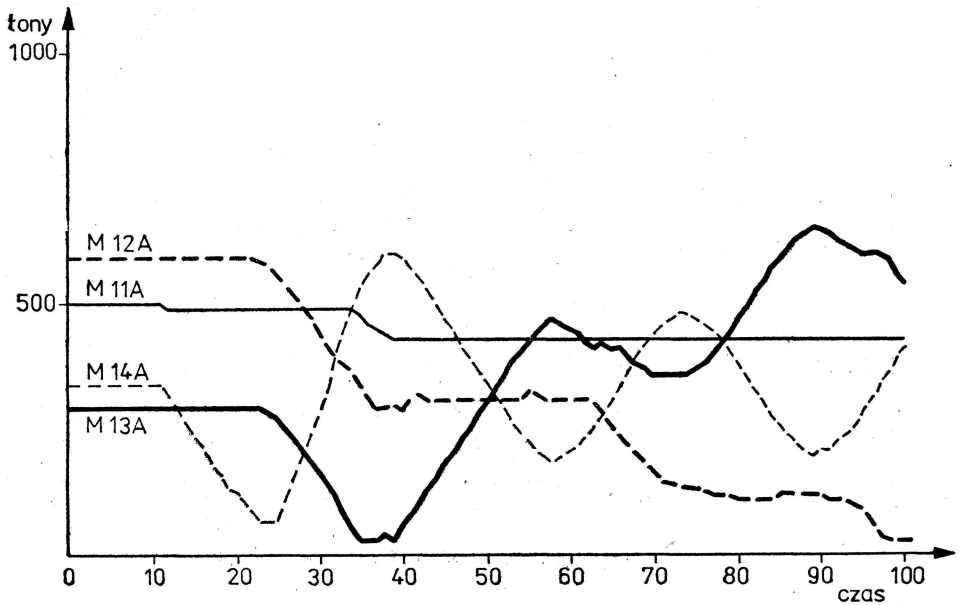


Ryc. 2. Eksperyment I: Wzrost produkcji mąki

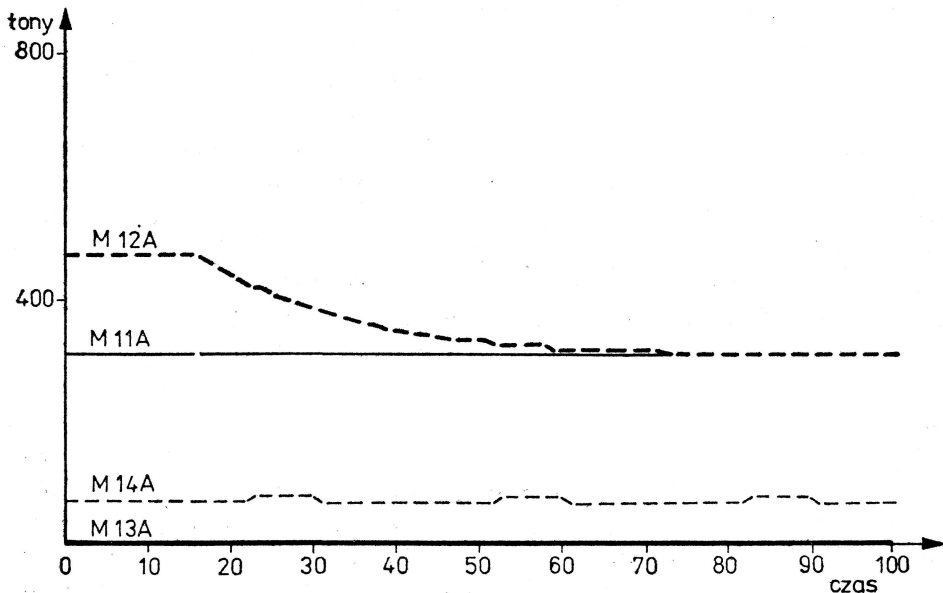
⁴ Autorem języka (kompilatora) DELTA jest J. Wołoszyn.



Ryc. 3. Eksperyment II: Obniżenie zdolności przewozowej transportu mąki



Ryc. 4. Eksperyment III: Wzrost popytu konsumpcyjnego na mąkę



Ryc. 5. Eksperyment IV: Wzrost zużycia mąki w piekarnictwie

2) Wymuszenie po stronie systemu transportowego obsługującego producentów, polegające na obniżeniu o 60% — przez kolejnych 14 dni — zdolności przewozowej transportu. Po tym okresie zdolność przewozowa powraca do poziomu początkowego (ryc. 3).

3) Wymuszenie po stronie popytu konsumpcyjnego, w wyniku którego następuje gwałtowny wzrost strumienia sprzedaży detalicznej o 100% przez kolejnych 14 dni i przy założeniu powrotu strumienia sprzedaży po tym okresie do stanu początkowego (ryc. 3).

4) Wymuszenie po stronie odbiorców pozadetalicznych wyrażające się we wzroście zużycia mąki przez 7 kolejnych dni o 20% i po tym okresie zmniejszenie zużycia do wielkości początkowej (wykres 4).

Wszystkie wymienione sytuacje odpowiadają rzeczywistości w tym sensie, że wynikły z obserwacji i opisów funkcjonowania systemu na jego poziomie eksploatacyjnym.

2.3. WNIOSKI

Z powyższych eksperymentów można wyprowadzić wiele ogólnych wniosków odnoszących się do dynamicznych cech analizowanego systemu. Sprowadzają się one przede wszystkim do stwierdzenia, że system jest mało stabilny, a funkcjonujący w nim układ regulacji nie przeciwdziała aktywnie zakłóceniom zewnętrznym, pochodzącym z innych podsystemów układu gospodarczego. Podatność i sposób reagowania na zakłócenia zewnętrzne jest przy tym różna.

System, o ile można tak to określić, jest bardziej nastawiony na zakłócenia płynące ze sfery konsumpcji, bowiem wymuszenia tego rodzaju wywołują mniejsze oscylacje niż wymuszenia po stronie podaży. Można powiedzieć, że cała struktura systemu jest tak skonstruowana, aby był on szczególnie zabezpieczony od strony wahań w popycie. Tę zdolność adaptacji systemu zapewniają przede wszystkim wysokie zapasy towarów w (poszczególnych ogniwach handlu. Jak bowiem pokazują wyniki symulacji, układ powiązań handel — transport i istniejące tu regulatory nie zapewniają szybkiego i elastycznego zaspokajania powstających niedoborów zapasów, a wręcz przeciwnie — pogłębiają destabilizację systemu. Niewątpliwym wpływ na takie zachowanie się systemu posiada stosowany rozkład nakładów na transport i magazynowanie towarów.

Gdyby patrzeć na problem jednostronnie, wysoki zapas bezpieczeństwa może — w prostym rachunku ekonomicznych alternatyw. — okazać się wyborem opłacalnym, tym niemniej takie założenie funkcjonowania systemu ma poważne wady. Przekonuje o tym zachowanie się systemu w przypadku zwiększonego strumienia dostaw ze sfery produkcji. Przy tego rodzaju zakłóceniach system destabilizuje się bardzo szybko, a powrót do równowagi odbywa się bardzo wolno. W dużym stopniu jest to właśnie wynik konieczności utrzymywania wysokich zapasów w ogniwach handlu ze względu na niską adaptacyjność transportu. Z punktu widzenia kosztów obrotu sytuację taką należy uważać za niekorzystną, prowadzi to bowiem do wzrostu ogólnego kosztów funkcjonowania systemu obrotu branżowego. Wprawdzie ten ostatni wniosek może być uznany za przedwczesny, ponieważ model, jak to podkreślano, uwzględnia na razie regulację na najniższym poziomie hierarchii, niemniej wydaje się on bardzo prawdopodobny.

Indeks poziomów (zasobów)

- | | |
|------|--|
| M11A | — zapas mąki u producentów mąki |
| M12A | — zapas hurtowy mąki w asortymencie produkcyjnym |
| M13A | — zapas hurtowy mąki w asortymencie handlowym |
| M14A | — zapas mąki w detalu |
| M15A | — zapas mąki u odbiorców pozadetalicznych |
| M16A | — dostawy mąki w drodze od producenta do hurtu |
| M17A | — dostawy tranzytowe mąki w drodze |
| M18A | — dostawy mąki od producenta do hurtu niezrealizowane (w stosunku do planowanych) |
| M19A | — dostawy mąki od producenta do odbiorców pozadetalicznych niezrealizowane (w stosunku do planowanych) |
| M20A | — bieżąca zdolność przerobu handlowego |
| M21A | — angażowana zdolność przewozowa transportu organizowanego przez producenta |
| M22A | — aktualna zdolność przewozowa od producenta do hurtu transportu organizowanego przez handel |

- M24A — aktualna zdolność przewozowa transportu własnego i organizowanego przez odbiorców pozadetalicznych (uzupełniająca zdolność przewozową organizowaną przez dostawców)

Indeks strumieni

- M30A — strumień produkcji mąki
M31A — strumień dostaw mąki wysyłanych od producenta do hurtu
M32A — strumień dostaw mąki wysyłanych od producenta do odbiorców pozadetalicznych
M33A — strumień dostaw mąki odbieranych przez hurt
M34A — strumień dostaw mąki odbieranych od producenta przez odbiorców pozadetalicznych
M35A — strumień przerobu handlowego mąki w hurcie
M36A — strumień dostaw mąki w asortymencie handlowym — z hurtu do detalu
M37A — strumień dostaw mąki w asortymencie produkcyjnym z hurtu do detalu
M38A — strumień dostaw mąki w asortymencie produkcyjnym z hurtu do odbiorców pozadetalicznych
M39A — strumień sprzedaży detalicznej mąki
M40A — strumień zużycia mąki u odbiorców pozadetalicznych
M41A — strumień zmian aktualnej zdolności przewozowej transportu organizowanego przez producenta
M42A — strumień zmian aktualnej zdolności przewozowej od producenta do hurtu transportu organizowanego przez handel
M43A — strumień zmian aktualnej zdolności przewozowej do detalu transportu organizowanego przez handel
M44A — strumień zmian aktualnej zdolności przewozowej transportu własnego i organizowanego przez odbiorców pozadetalicznych (uzupełniającej)
M45A — strumień zmian bieżącej zdolności przerobu handlowego
M48A — odchylenie dodatnie strumienia detalicznej sprzedaży mąki od wielkości przewidywanej (planowanej)

Indeks pozostałych zmiennych

- M51A — normatyw zapasu mąki u producenta
M52A — zapas hurtowy mąki (M12A+M13A)
M53A — normatyw zapasu mąki w hurcie
M54A — normatyw zapasu mąki w detalu
M55A — normatyw zapasu mąki u odbiorców pozadetalicznych
M61A — odchylenie zapasu mąki u producenta od normatywu
M62A — odchylenie zapasu hurtowego mąki od normatywu
M64A — odchylenie zapasu mąki w detalu od normatywu
M65A — odchylenie zapasu mąki u odbiorców pozadetalicznych od normatywu
M71A — pożądana przez producenta wielkość strumienia dostaw mąki do hurtu
M72A — pożądana przez producenta wielkość strumienia dostaw mąki do odbiorców pozadetalicznych
M73A — pożądana przez hurt wielkość strumienia dostaw mąki od producenta

- M74A — pożądana przez odbiorców pozadetalicznych wielkość strumieni dostaw od producenta
- M76A — pożądana przez hurt wielkość strumienia dostaw do detalu
- M77A — pożądana przez detal wielkość strumienia dostaw z hurtu do detalu
- M78A — pożądana przez odbiorców pozadetalicznych wielkość dostaw mąki z hurtu
- M79A — pożądana przez hurt wielkość dostaw mąki do odbiorców pozadetalicznych
- M80A — frakcja zdolności przewozowej organizowanej przez handel (M23A), jaka zostaje skierowana na realizację dostaw mąki w asortymencie handlowym z hurtu do detalu
- M81A — frakcja zdolności przewozowej organizowanej przez producenta, jaka zostaje skierowana na realizację dostaw mąki do hurtu
- (1-M81A) — frakcja zdolności przewozowej organizowanej przez producenta, jaka zostaje skierowana na realizację dostaw mąki do odbiorców pozadetalicznych
- M84A — frakcja zdolności przewozowej własnej i organizowanej przez odbiorców pozadetalicznych (uzupełniającej), jaka zostaje skierowana na realizację (przyspieszenie) dostaw mąki od producenta mąki
- (1-M84A) — frakcja zdolności przewozowej odbiorców detalicznych, jaka zostaje skierowana na realizację dostaw mąki z hurtu
- M80A0 — maksymalne możliwe zwiększenie bieżącej zdolności przerobu handlowego
- M80A1 — pożądanе zwiększenie bieżącej zdolności przerobu handlowego
- M80A2 — pożądanе zmniejszenie bieżącej zdolności przerobu handlowego
- M80A3 — wymuszone (przez niski stan zapasu w asortymencie produkcyjnym) zmniejszenie bieżącej zdolności przerobu handlowego
- M81A0 — maksymalne możliwe zwiększenie aktualnej zdolności- przewozowej transportu organizowanego przez producenta
- M81A1 — pożądanе zwiększenie aktualnej zdolności przewozowej transportu organizowanego przez producenta
- M81A2 — pożądanе zmniejszenie aktualnej zdolności przewozowej transportu organizowanego przez producenta
- M82A0 — maksymalne możliwe zwiększenie zdolności przewozowej od producenta do hurtu transportu organizowanego przez handel
- M82A1 — pożądanе zwiększenie zdolności przewozowej od producenta do hurtu transportu organizowanego przez handel
- M82A2 — pożądanе zmniejszenie zdolności przewozowej od producenta do hurtu transportu organizowanego przez handel
- M83A0 — maksymalne możliwe zwiększenie zdolności przewozowej do detalu transportu organizowanego przez handel
- M83A1 — pożądanе zwiększenie zdolności przewozowej do detalu transportu organizowanego przez handel
- M83A2 — pożądanе zmniejszenie zdolności przewozowej do detalu transportu organizowanego przez handel
- M84A1 — pożądanе zwiększenie zdolności przewozowej transportu własnego i organizowanego przez odbiorców pozadetalicznych
- M84A2 — pożądanе zmniejszenie aktualnej zdolności przewozowej transportu własnego i organizowanego przez odbiorców pozadetalicznych
- M91A — „uzgodniona” (wypadkowa) wielkość strumienia dostaw mąki od producenta do hurtu
- M92A — „uzgodniona” (wypadkowa) wielkość strumienia dostaw mąki od producenta do odbiorców pozadetalicznych

- M96A — „uzgodniona” (wypadkowa) wielkość strumienia dostaw mąki z hurtu do detalu
- M98A — „uzgodniona” (wypadkowa) wielkość strumienia dostaw mąki z hurtu do odbiorców pozadetalicznych

I n d e k s z m i e n n y c h e g z o g e n i c z n y c h

- FM30A — planowana wielkość strumienia produkcji mąki
- FM31A — planowana wielkość strumienia dostaw mąki od producenta do hurtu
- FM34A — planowana wielkość strumienia dostaw mąki od producenta do odbiorców pozadetalicznych
- FM36A — planowana wielkość strumienia dostaw mąki z hurtu do detalu
- FM38A — planowana wielkość strumienia dostaw mąki z hurtu do odbiorców pozadetalicznych
- FM54A — przewidywana (planowana) wielkość strumienia detalicznej sprzedaży mąki
- FM55A — planowana wielkość strumienia zużycia mąki przez odbiorców pozadetalicznych
- EM30A — zakłócenie strumienia produkcji mąki (odchylenie od planu)
- EM41A — zakłócenie strumienia dostaw mąki od producenta do hurtu i odbiorców detalicznych spowodowane przez zmianę zdolności przewozowej transportu organizowanego przez producenta (zmiany wymuszone przez przewoźnika)
- EM54A — zakłócenia strumienia detalicznej sprzedaży mąki (odchylenie od wielkości przewidywanej)
- EM55A — zakłócenie strumienia zużycia mąki przez odbiorców pozadetalicznych (odchylenie od wielkości planowanej)

I n d e k s p a r a m e t r ó w

- PM11A — frakcja zapasu mąki u producenta przeznaczonej na zaopatrzenie hurtu — 0,3
- (1-PM11A) — frakcja zapasu mąki u producenta przeznaczonej na zaopatrzenie odbiorców pozadetalicznych
- PM12A — frakcja zapasu mąki w hurcie (w asortymencie produkcyjnym) przeznaczonej na zaopatrzenie detalu (w zasadzie — po przerobie handlowym) — 0,83333
- (1-PM12A) — frakcja zapasu mąki w hurcie (w asortymencie produkcyjnym) przeznaczonej na zaopatrzenie odbiorców pozadetalicznych
- PM15A — frakcja zapotrzebowania odbiorców pozadetalicznych na mąkę zaspokajanego przez dostawy od producenta — 0,83333
- (1-PM15A) — frakcja zapotrzebowania odbiorców pozadetalicznych na mąkę zaspokajanego przez dostawy z hurtu
- PM20A — maksymalna możliwa do osiągnięcia moc przerobu handlowego — 40 jednostek
- PM21A — maksymalna możliwa do osiągnięcia zdolność przewozowa transportu organizowanego przez producenta — 200 jednostek
- PM22A — maksymalna możliwa do osiągnięcia zdolność przewozowa od producenta do hurtu transportu organizowanego przez handel — 20 jednostek
- PM23A — maksymalna możliwa do osiągnięcia zdolność przewozowa do de-

- talum i odbiorców pozadetalicznych transportu organizowanego przez handel — 100 jednostek
- PM31A — opóźnienie transportowe dostaw od producenta do hurtu — 3 dni
- PM32A — opóźnienie transportowe dostaw od producenta do odbiorców pozadetalicznych — 7 dni
- PM41A — o/kres (opóźnienie) adaptacji aktualnej zdolności przewozowej transportu organizowanego przez producenta do poziomu pożądanego (tylko przy zwiększaniu)
- PM42A — okres adaptacji aktualnej zdolności przewozowej od producenta do hurtu transportu organizowanego przez handel (tylko przy zwiększeniu) — 5 dni
- PM43A — okres adaptacji aktualnej zdolności przewozowej z hurtu do detalu i do odbiorców pozadetalicznych organizowanej przez handel (tylko przy zwiększaniu) — 2 dni
- PM44A — okres adaptacji zdolności przewozowej transportu własnego i organizowanego przez odbiorców pozadetalicznych (tylko przy zwiększaniu) — 1 dzień
- PM45A — okres adaptacji mocy przerobu handlowego do wielkości pożądanej (tylko przy zwiększaniu) — 3 dni
- PM48A — przeciętne opóźnienia reakcji producentów na odchylenie strumienia detalicznej sprzedaży mąki od wielkości przewidywanej — 14 dni
- PM51A — normatywna rotacja (w dniach) zapasu mąki u producenta — 5 dni
- PM53A — normatywna rotacja (w dniach) zapasu mąki w hurcie — 30 dni
- PM54A — normatywna rotacja (w dniach) zapasu mąki w detalu — 14 dni
- PM55A — normatywna rotacja (w dniach) zapasu mąki u odbiorców pozadetalicznych — 20 dni
- PM61A — przeciętne opóźnienie reakcji producenta mąki na odchylenie zapasu od normatywu — 0 dni
- PM62A — przeciętne opóźnienie reakcji hurtu na odchylenie zapasu od normatywu — 7 dni
- PM64A — przeciętne opóźnienie reakcji detalu na odchylenie zapasu od normatywu — 7 dni
- PM65A — przeciętne opóźnienie odbiorców pozadetalicznych na odchylenie zapasu od normatywu — 0 dni
- PM91A — liczba z przedziału (0,1) wyrażająca wagę (siłę wpływu), z jaką pożądana przez producenta wielkość strumienia dostaw mąki do hurtu oddziałuje na realizowaną (przy braku ograniczej transportowych i niedoboru magazynowego) — 0,8
- (1-PM91A) — liczba z przedziału (0,1) wyrażająca wagę, z jaką pożądana przez hurt wielkość strumienia dostaw od producenta oddziałuje na realizowaną
- PM92A — liczba z przedziału (0,1) wyrażająca wagę, z jaką pożądana przez producenta wielkość strumienia dostaw do odbiorców pozadetalicznych oddziałuje na realizowaną — 0,5
- (1-PM92A) — liczba z przedziału (0,1) wyrażająca wagę, z jaką pożądana przez odbiorców pozadetalicznych wielkość strumienia dostaw od producenta oddziałuje na realizowaną
- PM98A — liczba z przedziału (0,1) wyrażająca wagę, z jaką pożądana przez hurt wielkość strumienia dostaw do odbiorców pozadetalicznych oddziałuje na realizowaną — 0,8

(1-PM98A) — liczba z przedziału (0,1) wyrażająca wagę, z jaką pożądana przez odbiorców pozadetalicznych wielkość strumienia dostaw z hurtu oddziałuje na realizowaną

UTILIZATION OF SYSTEM DYNAMICS SIMULATION MODELS IN ANALYSIS OF COMMODITY TURNOVER PROCESSES

S u m m a r y

Considerations of the authors concern construction of system dynamics simulation models and their utilization in commodity turnover. The analysis is exemplified by stock dynamics and commodities flows in the food-stuff industry. The authors present model structure and simulation experiments of its utilization. Evaluation of the model and of obtained analysis results is accomplished at the same time. The article is a part of elaboration prepared in connection with research on optimization of commodity turnover processes and of service activities carried on by the Academy of Economics in Kraków.