

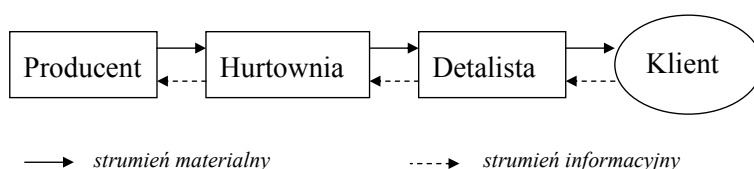
MAŁGORZATA ŁATUSZYŃSKA

Uniwersytet Szczeciński

MODELOWANIE PROCESÓW LOGISTYCZNYCH W UJĘCIU SYSTEMOWO-DYNAMICZNYM

Wprowadzenie

Prawidłowe zorganizowanie procesów logistycznych w przedsiębiorstwie jest jednym z elementów warunkujących jego efektywność ekonomiczną. W najszerszym ujęciu proces logistyczny obejmuje fizyczny przepływ dóbr materialnych (surowców, materiałów, półfabrykatów, wyrobów gotowych itp.) w przedsiębiorstwie, a także między przedsiębiorstwami oraz przepływ informacji odzwierciedlających procesy rzeczowe i wykorzystywanych w sterowaniu nimi¹. W węższym ujęciu proces logistyczny może być utożsamiany z łańcuchem dostaw, którego strukturę zaprezentowano² na rysunku 1.



Rys. 1. Struktura łańcucha dostaw

Źródło: opracowanie na podstawie [29, s. 38].

Współczesne podejście do zagadnień logistycznych postuluje rozpatrywanie łańcucha dostaw w ujęciu systemowym³. Łańcuch dostaw jest systemem składa-

¹ [31, s. 16].

² Szerzej na ten temat zob. m.in. w [1]; [28]; [41].

³ Taka opinię wyrażają m.in. [26, s. 46–55], [35, s. 3–8], [1, s. 17].

jącym się z elementów (producent, hurtownia, detalista, klient), między którymi zachodzą pewne relacje. W systemie tym następuje pokonywanie czasu i przestrzeni dzięki przepływowi dóbr (strumienie materialne) oraz informacji (strumienie informacyjne).

Podejście systemowe koncentruje się na oddziaływaniach między elementami, opiera się na spojrzeniu ogólnym, całościowym, prowadzi do działania „kierunkowego” nastawionego na cel, do określenia reguł działania, których celem jest zmiana danego systemu lub stworzenie nowego. Charakterystyczną cechą podejścia systemowego jest kompleksowy charakter rozpatrywania wszystkich zagadnień, co oznacza, że do wyjaśnienia pewnej całości, jaką jest zachowywanie się łańcucha dostaw, nie wystarcza objaśnienie jej elementów, lecz także wyjaśnienie dynamicznych zależności między nimi.

Taki sposób ujmowania łańcucha dostaw oznacza konieczność jednorodnej oceny skutków podejmowania decyzji i działań logistycznych za pomocą kompleksowego rachunku ekonomicznego, wymagającego użycia metod umożliwiających całościowe ujęcie badanego systemu. Metody analityczne, z racji swego wycinkowego ujmowania zagadnień, nie dają takiej możliwości⁴. Alternatywą mogą być metody oparte na modelowaniu i symulacji komputerowej, w tym dynamika systemowa.

W artykule omówiono możliwości zastosowania systemowo-dynamicznej symulacji komputerowej do przewidywania skutków podejmowania decyzji w zakresie kształtowania łańcucha dostaw w przedsiębiorstwie.

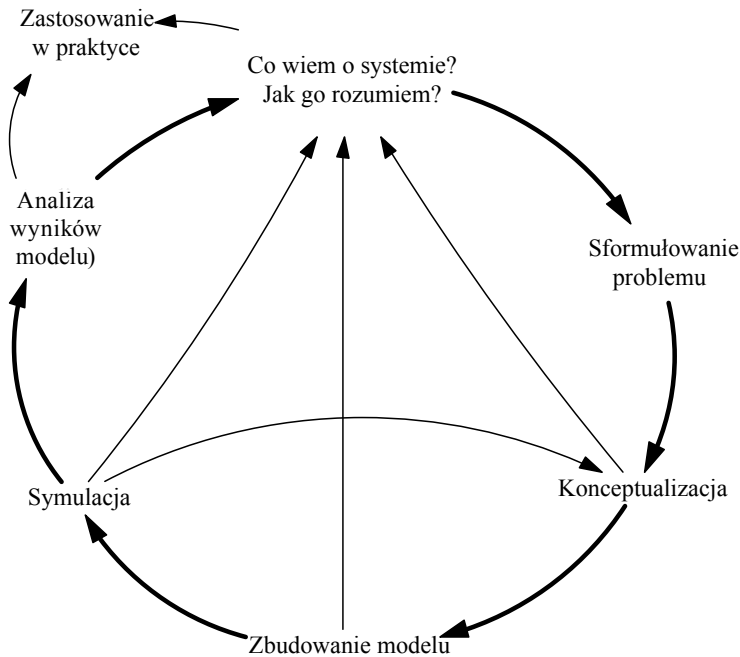
1. Systemowo-dynamiczna symulacja komputerowa

Dynamika systemowa jest metodą modelowania symulacyjnego stosowaną głównie do analizy problemów słabo ustrukturalizowanych, o dużej liczbie współzależności między elementami. Wywodzi się z cybernetycznego podejścia do analizy systemów i pozwala na opisywanie systemów w formie powiązań interakcyjnych i kombinacyjnych. Z dynamiką systemową jest związane od lat 50. XX wieku nazwisko J.W. Forreстера, który stworzył jej podstawy teoretyczne [14], oparte na trzech dyscyplinach naukowych: tradycyjnej teorii zarządzania, cybernetyce oraz symulacji komputerowej. W rezultacie dynamika systemowa daje rozumową, racjonalnie uzasadnioną bazę narzędziową do budowania mo-

⁴ Zob. [1, s. 18–19].

deli dostarczających informacji na temat zachowania się systemu jako całości, za pomocą którego możliwe jest doskonalenie strategii rozwoju przedsiębiorstwa, również w zakresie kształtowania łańcucha dostaw⁵.

Posługiwanie się dynamiką systemową oznacza przestrzeganie pewnej określonej procedury modelowania, zaczynającej się od sformułowania problemu. Następny krok to wyodrębnienie czynników wpływających na określony problem, na których podstawie następuje konceptualizacja systemu w postaci schematów: przyczynowo-skutkowego oraz strukturalnego, przedstawiających wzajemne zależności między wybranymi czynnikami. Kolejny etap to budowa modelu matematycznego opisującego reguły decyzyjne, który następnie jest rozwiązywany



Rys. 2. Etapy prac nad budową modelu systemowo-dynamicznego i jego wykorzystaniem

Źródło: [22, s. 13].

⁵ Aparat matematyczny oraz zasady modelowania w konwencji dynamiki systemowej przedstawiono w licznych publikacjach, np. [25]; [16]; [32]; [21]; [36]; [24]; [37]. W Internecie opublikowano kurs dynamiki systemowej: *Road Maps: A Guide to Learning System Dynamics*, Internet, <http://sysdyn.clexchange.org/road-maps/home.html>.

w procesie symulacji komputerowej. Wyniki symulacji, ukazującej zachowanie się badanego systemu w czasie, są porównywane z dostępną wiedzą o systemie i następuje ewentualna weryfikacja modelu. Model jest weryfikowany tak długo, dopóki nie będzie w sposób zadowalający odzwierciedlał realnego zachowania się systemu. Zweryfikowany model służy do symulacji efektów potencjalnych zmian reguł decyzyjnych (wariantów decyzyjnych) w celu zbadania ich wpływu na udoskonalenie systemu. Ostatecznie zmienia się system rzeczywisty zgodnie z uzyskanymi wskazaniem w procesie symulacji.

Oczywiście, praca nad budową modelu i jego wykorzystaniem jest daleka od prostego, liniowego procesu przechodzenia z jednego etapu prac nad modelem do następnego. W rzeczywistości obserwuje się częste powroty do poprzednich etapów i rozpoczynanie pracy niejako od nowa. Cały proces można zilustrować w konwencji schematów przyczynowo-skutkowych jak na rysunku 2.

Istotą dynamiki systemowej jest próba rozumienia zachowania się systemu przez analizę układu sprzężeń zwrotnych. Takie podejście umożliwia doskonalsze zrozumienie systemu i głębszy wgląd w przyczynowe związki między różnymi elementami w procesie przewidywania zachowania się systemu, na przykład w warunkach różnych wariantów organizacji łańcucha dostaw.

2. Dynamika systemowa w zarządzaniu łańcuchem dostaw

Dynamika systemowa jest coraz bardziej znaną i uznaną metodą badania rzeczywistości. Edukacja systemowo-dynamiczna pojawia się niemal na każdym szczeblu nauczania⁶. W konsekwencji omawiana metoda jest często stosowana w praktyce, o czym świadczy chociażby tematyka licznych referatów prezentowanych na rokrocznych wielopanelowych, międzynarodowych konferencjach poświęconych dynamice systemowej organizowanych od ponad 25 lat przez *System Dynamics Society* w różnych miejscach kuli ziemskiej. Była i jest również stosowana z dużym powodzeniem do analizy procesów logistycznych.

Dla celów niniejszego opracowania dokonano szczegółowego przeglądu tematyki konferencji *System Dynamics Society* odbywających się w latach od 2000–2008. Wyniki przeglądu zestawiono w tabeli 1, w której w sposób hasłowy podano problematykę przywoływanych badań. Dokładne informacje są dostęp-

⁶ Zob. [15]. Długą listę kursów, na których można zapoznać się z dynamiką systemową w różnych ośrodkach uniwersyteckich i akademickich, prezentuje W. Kwaśnicki [22].

ne w wirtualnych materiałach konferencyjnych opublikowanych w Internecie na stronie www.albany.edu/cpr/sds7.

Tabela 1

Zastosowania dynamiki systemowej do badania łańcuchów dostaw

Autorzy	Tytuł referatu	Cel badań
1	2	3
XVIII Międzynarodowa Konferencja, Bergen, Norwegia 2000 [8]		
M. Morita, N. Matsumoto	<i>In Search of Archetypes Of Supply Chain Systems</i>	Przedstawienie archetypów modeli dla celów edukacyjnych
R. Roy	<i>Bulk Delays in System Dynamics Model</i>	Analiza opóźnień w łańcuchu dostaw
J. Strohhecker	<i>Supply Chain Management: Software Solutions Versus Policy Design</i>	Strategie zwiększenia wydajności łańcucha dostaw
XIX Międzynarodowa Konferencja, Atlanta – Georgia, Stany Zjednoczone 2001 [19]		
E. Anderson, D. Morrice	<i>The Physics of „Bullwhip Effect” in Service – Oriented Supply Chains</i>	Badanie dynamiki zachowania się łańcucha dostaw zorientowanego na usługi
XX Międzynarodowa Konferencja, Palermo, Włochy 2002 [9]		
J. Barton	<i>The New Era in Managing Supply Chains: Lessons from Industrial Dynamics</i>	Analiza ostatnich osiągnięć w rozwoju badań nad łańcuchem dostaw przy użyciu modeli systemowo-dynamicznych
H.M. Dengel, P.M. Milling	<i>Aspects of the Dynamics of Cooperation in a Supply Chain Under Consideration of Trust</i>	Analiza współpracy w ramach procesów logistycznych rozpatrywanej w ujęciu dynamicznym
S. Hong-Minh	<i>Solutions to Improve Performance in the UK House Building Supply Chain: The Use of a System Dynamics Model</i>	Analiza łańcucha dostaw dla budownictwa mieszkaniowego w Wielkiej Brytanii
A.M.C. Méndez, M.M.I. Alonso	<i>Dynamics of Information in the Meat Supply Chain: The Argentinean Case</i>	Analiza łańcucha dostaw argentyńskiej wołowiny
C.M. Wilson	<i>Operational Improvements in the Supply Chain: Who Benefits? Who Loses?</i>	Badanie wpływu ulepszeń operacyjnych na łańcuch dostaw
XXI Międzynarodowa Konferencja, New York, Stany Zjednoczone 2003 [10]		
H.J.H. Roeterink i in.	<i>Improving the Logistic Performance of a Food Company Using a System Dynamics Model for the Internal Supply Chain: A Case Study</i>	Symulacja wewnętrznego łańcucha dostaw w przedsiębiorstwie branży spożywczej
L.K. Al-Qatawneh, K. Hafeez, Z. Tahboub	<i>Health Care Supply Chain Dynamics: System Design of American Health Care Provider</i>	Analiza łańcucha dostaw dla służby zdrowia w Stanach Zjednoczonych

⁷ Nie tylko materiały z konferencji *System Dynamic Society* są dowodem na bardzo szerokie stosowanie symulacji systemowo-dynamicznej do badania procesów logistycznych. W literaturze przedmiotu można znaleźć wiele przykładów modelowania łańcuchów dostaw z użyciem dynamiki systemów: [18]; [40]; [6]; [3]; [2]; [5]; [27]; [13]; [38]; [39]; [12]; [11]; [4].

1	2	3
K. Donohue, R. Croson	<i>Institutional Factors in Supply Chain Management: Experimental Studies on Reducing the Bullwhip Effect</i>	Badanie oscylacji w łańcuchu dostaw
D.A. Malloy	<i>Modeling the Life Cycle Cost Impact of Product Development Decisions in Aerospace Supply Chains</i>	Symulacja łańcucha dostaw dla bezałogowego pojazdu powietrznego
V.I. Shiryaev, S.A. Panov	<i>Manufacturing Supply Chain Adaptive Management under Changing Demand Conditions</i>	Symulacja łańcucha dostaw dla fabryki w warunkach zmieniającego się zapotrzebowania
XXII Międzynarodowa Konferencja, Oxford, Anglia 2004 [20]		
H. Akkermans, van K. Oorschot	<i>Time for a Hundred Visions and Revisions: A System Dynamics Study of the Impact of Concurrent Engineering on Supply Chain Performance</i>	Analiza konkurencyjnej inżynierii w lotniczym łańcuchu dostaw
P. Helo	<i>Productivity Challenges of Food Manufacturing: A System Dynamics Analysis of Demand Uncertainty and Value of Time</i>	Analiza produktywności łańcucha dostaw żywności
XXIII Międzynarodowa Konferencja, Boston, USA 2005 [33]		
A. Agarwal, R. Shankar	<i>Modeling Supply Chain Performance in Different Market Scenarios</i>	Integracja i żywotność łańcucha dostaw w biznesie FMCG (<i>Fast Moving Consumer Goods</i>)
L. An, B. Ramachandran	<i>System Dynamics Model to Understand Demand-Conditioning Dynamics in Supply Chains</i>	Badanie dynamicznych efektów procesu warunkowania w celu wykrycia potencjalnej niestabilności
A.C. Márquez	<i>Front-end, Back-end and Integration Issues in Virtual Supply Chain Dynamics Modeling</i>	Przedstawienie sposobu wykorzystania modelowania dynamicznego w zagadnieniach wirtualnego łańcucha dostaw w dziedzinie <i>high-tech</i>
A. Kelic	<i>Government Policy vs. the Fiber-to-the-Home Supply Chain</i>	Badanie efektów strategii rozmieszczenia szerokopasmowego łącza
T. Rossi, C. Noe, F. Dallari	<i>A Formal Method for Analyzing and Assessing Operational Risk in Supply Chains</i>	Analiza ryzyka operacyjnego w łańcuchach dostaw
M. Schroeter, T. Spengler	<i>A System Dynamics Model for Strategic Management of Spare Parts in Closed-Loop Supply Chains</i>	Dynamiczny model testujący różne strategie kontroli zamkniętych łańcuchów dostaw
R. Shankar, V. Ravi	<i>Scenario Building and Policy Experimentation of Reverse Logistics of an Automobile Supply Chain</i>	Model do budowania scenariuszy i badania strategii dla łańcucha dostaw w przemyśle samochodowym
Y. Tseng, W.Y. Wang, Y. Tu	<i>The Utilization of Shared Demand Information in a Textile Supply Chain</i>	Model testujący zachowanie łańcucha dostaw wobec zmian zapotrzebowania
XXIV Międzynarodowa Konferencja, Nijmegen, The Netherlands 2006 [17]		
L. An	<i>Using System Dynamics Modeling for Conditioning Process in Supply Chain</i>	Wykorzystanie dynamiki systemowej do modelowania różnych akcji warunkujących

1	2	3
D.A. Minnich, F.H. Maier	<i>Supply Chain Responsiveness and Efficiency – Complementing or Contradicting Each Other?</i>	Model pokazujący strukturę i dynamiczne zachowanie łańcucha dostaw z uwzględnieniem aspektów efektywności
M.M. Saleh, P.I. Davidsen, H.F.A. Fattah	<i>Modeling E-Material Supply Chain</i>	Przedstawienie szkieletu modelu łańcucha dostaw e-materiałów jako przypadku badań nad łańcuchem dostaw produktów cyfrowych
XXV Międzynarodowa Konferencja, Boston, Massachusetts, USA, 2007 [34]		
H.A. Akkermans	<i>Beyond Rounding Up the Usual Suspects: Towards Effective Quality Management Policies for Production Ramp-ups in Supply Chains</i>	Badanie zagadnienia zarządzania jakością podczas produkcji w łańcuchu dostaw
P. Gonçalves	<i>Returns in the Corn Supply Chain</i>	Wykazanie, w jakim stopniu dostępność źródła sprzedaży może generować samonapędzający się potok powrotów
D. Chomiakow	<i>A Generic Pattern for Modeling Manufacturing Companies</i>	Analiza łańcucha dostaw w jednej z branż produkcyjnych
L. Huang	<i>The Bullwhip Effect in the Closed Loop Supply Chain</i>	Wykorzystanie prostego modelu dynamicznego tradycyjnego zamkniętego łańcucha dostaw
T. Rossi, C. Noé, M. Pero, A. Sianesi	<i>Supply Network Design and Collaboration: a Preliminary Study</i>	Testowanie modelu i wyjaśnienie relacji między decyzjami dotyczącymi projektowania łańcucha dostaw i potrzebą współpracy między węzłami łańcucha
XXVI Międzynarodowa Konferencja, Athens, Greece 2008 [7]		
A. Agarwal, R. Shankar, P. Mandal	<i>Modelling Integration and Responsiveness for Supply Chain</i>	Analiza dynamicznego wpływu różnych strategii na integrację łańcucha dostaw
D. Bijulal, J. Venkateswaran	<i>Closed-Loop Supply Chain Stability under Diferent Production-Inventory Policies</i>	Testowanie strategii zasad dokonywania zamówień produkcyjnych minimalizujących zwroty produktów
F.C. Bolarín, L.R. McDonnell, J.M. García	<i>Reducing the Impact of Demand Process Variability Within a Multi-Echelon Supply Chain</i>	Redukcja efektu oscylacji w łańcuchu dostaw
K.E. Maani, A. Fan	<i>Resolving Performance Measure Conflicts in a Supply Chain using Systems Thinking Methodology</i>	Badanie różnych scenariuszy łączących strategię transferu technologii i różnych podejść do łańcucha dostaw w celu zróżnicowania sprzedaży
E. Mollona, G. Antonelli, L. Moschera	<i>Diverging Incentives and Evolutionary Dynamics within Supply-Chain</i>	Analiza zachowania modelu scentralizowanego łańcucha dostaw
M. Niu	<i>The Dynamic Analysis of a Simplified Centralized Supply Chain and Delay Effects</i>	Propozycja architektury systemu dynamicznego dla zarządzania łańcuchem dostaw
F. Tian	<i>A Control-Driven System Dynamics Architecture for Supply Chain Management</i>	Zarządzanie łańcuchem dostaw mięsa drobiowego w dobie kryzysu sanitarnego i zagrożenia ptasią grypą

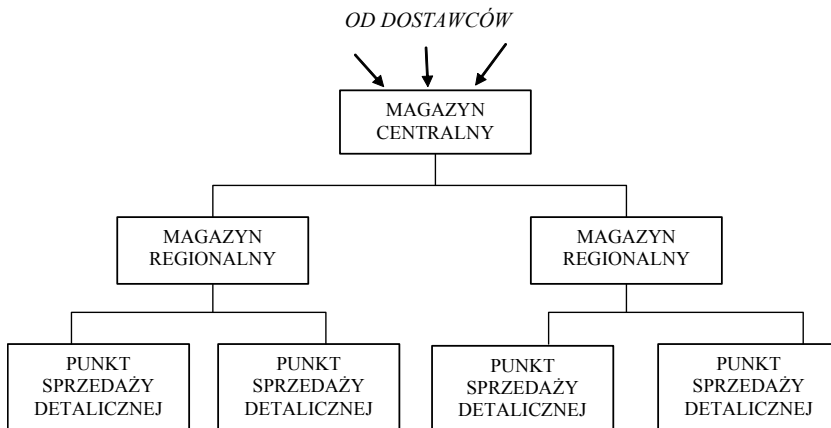
1	2	3
T.L.H. Vo, D. Thiel	<i>A System Dynamics Model of the Chicken Meat Supply Chain faced with Bird Flu</i>	Zarządzanie wielowarstwowym łańcuchem dostaw dla przemysłu produkującego części lotnicze
W.R. Killingsworth, R.K. Chavez, N.T. Martin	<i>The Dynamics of Multi-Tier, Multi-Channel Supply Chains for High-Value Government Aviation Parts</i>	Analiza dynamicznego wpływu różnych strategii na integrację łańcucha dostaw

Źródło: opracowanie własne.

3. Przykład systemowo-dynamicznego modelu łańcucha dostaw

Prezentowany model został skonstruowany specjalnie na potrzeby niniejszego opracowania na podstawie modelu omawianego przez M. Pidda⁸. Model w sposób uproszczony odzwierciedla logikę łańcucha dostaw. Jego celem jest zaprezentowanie możliwości użycia metody dynamiki systemowej do badania procesów logistycznych, a nie optymalizacja tych procesów.

Model przedstawia funkcjonowanie hipotetycznej firmy wytwarzającej i sprzedającej wyposażenie oraz części zapasowe dla przemysłu samochodowego. System dystrybucji firmy ma strukturę przedstawioną na rysunku 3. Produkty są



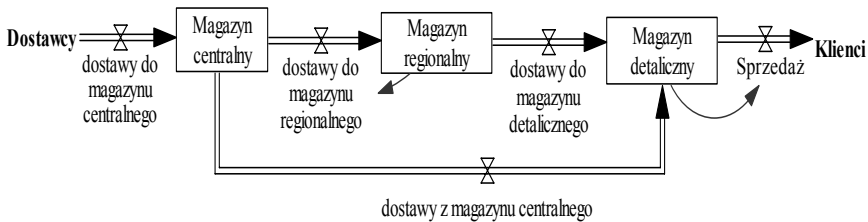
Rys. 3. System dystrybucji hipotetycznej firmy

Źródło: opracowanie własne na podstawie [30, s. 254].

⁸ Zob. [30, s. 253–262].

wytwarzane w różnych zakładach, a następnie składowane w magazynie centralnym. Cały obszar działania firmy w tym systemie jest podzielony na regiony, z których każdy ma swój własny magazyn zaopatrywany z magazynu centralnego. Najniżej w hierarchii znajdują się punkty sprzedaży detalicznej, z których tylko część należy do firmy. Punkty sprzedaży detalicznej składają zamówienia do najbliższych magazynów regionalnych. W pilnych przypadkach zamówienia z punktów detalicznych mogą być również realizowane bezpośrednio przez centralny magazyn.

W tak zorganizowanym systemie dystrybucji występuje wiele zagregowanych strumieni materiałowych oraz informacyjnych z dużą ilością sprzężeń zwrotnych. Wszelkie decyzje powstają tu na podstawie wytycznych dyrekcji, dlatego obowiązuje tam wiele reguł decyzyjnych. Dalszym utrudnieniem jest istnienie opóźnień czasowych związanych głównie z realizacją zamówień. Wszystko to powoduje, że wielkość zamówień na produkty kierowane do magazynu centralnego ulega znacznym wahaniom, co utrudnia właściwe funkcjonowanie firmy. Do zbadania przyczyn tego zjawiska oraz w celu przetestowania efektów różnych scenariuszy decyzyjnych w odniesieniu do systemu dystrybucji w firmie można posłużyć się modelem systemowo-dynamicznym o ogólnej strukturze przedstawionej w notacji pakietu symulacyjnego Vensim PLE⁹ na rysunku 4. Odzwierciedla ona trzy kluczowe oddziały przedsiębiorstwa reprezentowane przez trzy



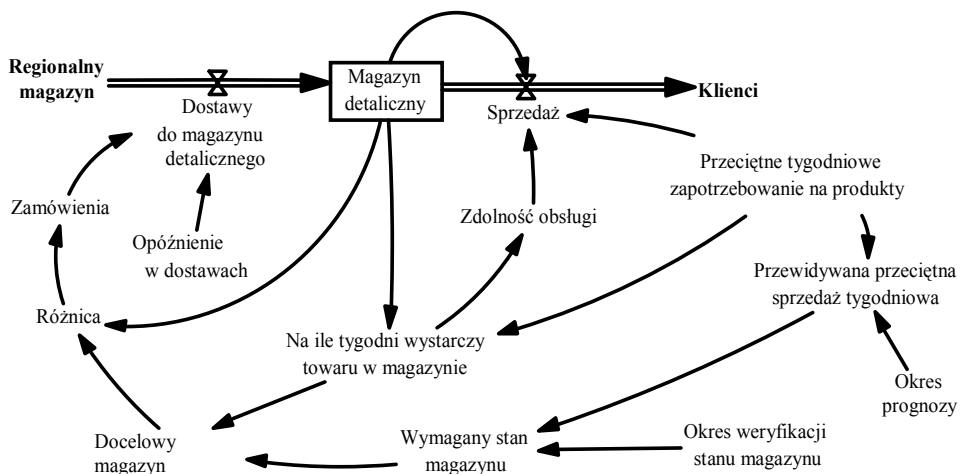
Rys. 4. Ogólna struktura modelu systemu dystrybucji

Źródło: opracowanie własne.

⁹ Symbole graficzne używane w modelowaniu systemowo-dynamicznym są zależne od narzędzia, za pomocą którego model jest tworzony. W niniejszym opracowaniu posłużono się pakietem symulacyjnym Vensim PLE, stworzonym specjalnie na potrzeby modelowania w konwencji dynamiki systemowej. Vensim PLE jest produktem amerykańskiej firmy software'owej Ventana Systems. Program pracuje w środowisku operacyjnym Windows i jest wyposażony w moduł graficzny umożliwiający rysowanie zarówno schematów przyczynowo-skutkowych, jak i strukturalnych. Jest dostępny na stronie internetowej www.vensim.com.

poziomy: (1) magazyn detaliczny, (2) magazyn regionalny, (3) magazyn centralny. Dla zachowania przejrzystości i prostoty układu nie włączono do struktury modelu elementów natury finansowej. Struktura modelu obrazuje współzależności działań oddziałów przedsiębiorstwa, zapewnione przez sieć kanałów informacyjno-decyzyjnych, tworzących pętle sprzężeń zwrotnych. Budując model, opierano się na prostej koncepcji, że zawartość magazynu jest tworzona na skutek różnicy między dostawami a wydaniami w każdym z poziomów systemu dystrybucji.

Ogólną strukturę modelu uszczegółowiono, budując wokół jego poziomów submodele odpowiedzialne za odzwierciedlenie reguł decyzyjnych rządzących dostawami i wydaniami towarów w poszczególnych magazynach przedsiębiorstwa ASL. Na rysunku 5 przedstawiono przykładowo strukturę submodelu sieci detalicznej. Dostawy z magazynu regionalnego do magazynu detalicznego następują z pewnym opóźnieniem i są wynikiem zamówień skierowanych do regionalnych hurtowni. Wielkość sprzedaży zależy od zapotrzebowania klientów (popytu). Założono, że zamówienia towarów do magazynu detalicznego zależą między innymi od takich czynników, jak popyt na towary szacowany na podstawie danych historycznych (przewidywana przeciętna sprzedaż tygodniowa), stan aktualny magazynu detalicznego, wymagany stan magazynu wynikający z konieczności posiadania zapasu towarów pokrywającego zapotrzebowanie na

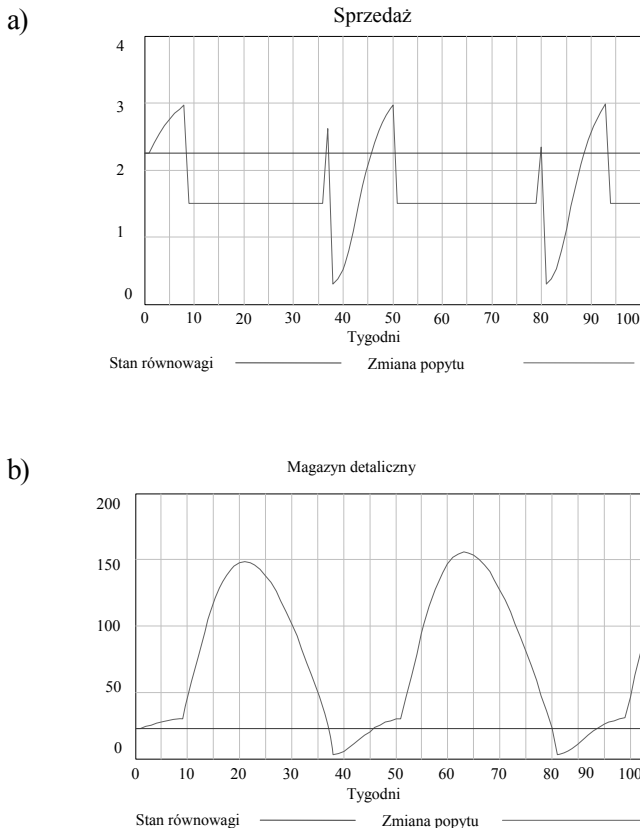


Rys. 5. Struktura submodelu sieci detalicznej

Źródło: opracowanie własne.

kilka tygodni. W omawianej, uproszczonej, wersji modelu nie ujęto zróżnicowania asortymentu w magazynie.

Za pomocą modelu można przetestować przykładowo wpływ zmian w wielkości popytu na produkty na kształtowanie się elementów systemu, które mają kluczowe znaczenie dla funkcjonowania łańcucha dostaw w firmie. Wyniki jednego z eksperymentów symulacyjnych pokazują, że nawet małe zmiany w popycie powodują bardzo dużą fluktuację wartości związanych ze sprzedażą w porównaniu z wartościami ustalonymi dla systemu w stanie równowagi (rysunek 6a). Wskazywałyby to na wysoką niestabilność systemu oraz nieskuteczność systemu informacyjnego i zaopatrzeniowego. Pozostawienie systemu w takim stanie mogłoby spowodować szybką utratę rynku w wyniku nieterminowego wywiązania



Rys. 6. Wyniki eksperymentu symulacyjnego

Źródło: opracowanie własne.

się z umów. O niebezpieczeństwie takim może świadczyć okresowy spadek stanu magazynu do zera (rysunek 6b).

Za pomocą modelu symulacyjnego można przeprowadzać praktycznie nieograniczoną liczbę eksperymentów symulacyjnych pozwalających na weryfikację różnych hipotez decyzyjnych z zakresu planowania i usprawniania procesów logistycznych bez ingerencji w żywy organizm systemu. Innym obszarem zastosowania prezentowanego modelu symulacyjnego może być dydaktyka akademicka, zarówno w zakresie implementacji techniki symulacji komputerowej jak i zarządzania procesami logistycznymi.

Podsumowanie

Przeprowadzone rozważania dowodzą szczególnej przydatności stosowania modelowania i symulacji komputerowej w zarządzaniu logistycznym, gdyż użycie modelu symulacyjnego pozwala na¹⁰:

- lepsze zrozumienie mechanizmów działania badanej organizacji,
- udoskonalenie procesów podejmowania decyzji w zakresie zarządzania logistycznego,
- zbadanie skutków większej liczby decyzji,
- efektywniejsze planowanie łańcucha dostaw,
- szybsze podejmowanie decyzji.

Dzięki wykorzystaniu metod symulacyjnych koszty danego przedsięwzięcia mogą być znacznie obniżone zarówno w przypadku projektowania nowych rozwiązań w zakresie budowy łańcuchów logistycznych, procesów logistycznych w przedsiębiorstwie, jak i w przypadku analizy możliwości polepszenia warunków pracy w zakresie już istniejących procesów przepływu materiałów.

Literatura

1. Abt S., *Logistyka w teorii i praktyce*, Akademia Ekonomiczna w Poznaniu, Poznań 2001.
2. Akkermans H.A., *Developing a Logistics Strategy Through Participative Business Modelling*, „International Journal of Operations & Production Management” 15 (11)/1995, s. 100–112.

¹⁰ Zob. [1, s. 199–200].

3. Akkermans H.A., Bogerd P., Vos B., *Virtuous and Vicious Cycles on the Road Towards International Supply Chain Management*, „International Journal of Operations & Production Management” 19 (5/6)/1999, s. 565–581.
4. Angerhofer B.J., Angelides M.C., *System Dynamics Modelling in Supply Chain Management*, *Research Review*, Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, red. J.A. Joines, R.R. Barton, K. Kang, P.A. Fishwick, <http://www.informs-sim.org/wsc00papers/049.PDF>.
5. Bakken B.T., Vamraak T., *Misperception of Dynamics in Military Planning: Exploring the Counter-Intuitive Behaviour of the Logistic Chain*, New York 2003.
6. Barlas, Y., Aksogan A., *Product Diversification and Quick Response Order Strategies in Supply Chain Management*, Bogazici University 1997, <http://ieiris.cc.boun.edu.tr/faculty/barlas/>.
7. Dangerfield B.C. (red.), *Proceedings of the 26th International Conference of the System Dynamics Society*, The System Dynamics Society, Athens 2008.
8. Davidsen P.I., Ford D.N., Mashayekhi A.N. (red.), *Proceedings of the 18th International Conference of the System Dynamics Society*, Bergen 2000, www.albany.edu/cpr/sds/.
9. Davidsen P.I., Mollona E., Diker V.G., Langer R.S., Rowe J.I. (red.), *Proceedings of the 20th System Dynamics Conference*, Palermo 2002, www.albany.edu/cpr/sds/.
10. Davidsen P.I., Mollona E., Diker V.G., Langer R.S., Rowe J.I. (red.), *Proceedings of the 21th International Conference of the System Dynamics Society*, New York 2003, www.albany.edu/cpr/sds/.
11. Disney S.M., Naim M.M. Potter A., *Assessing the Impact of E-business on Supply Chain Dynamics*, „International Journal of Production Economics” 89 (2)/2004, s. 109–118.
12. Edgehill J.S., Towill D.R., *The Use of Systems Dynamics in Manufacturing Systems*, „Trans. Inst. MC”, Vol. 11, No. 4/1989, s. 208–216.
13. Evans G.N., Naim M.M., *The Dynamics of Capacity Constrained Supply Chains*. *Production and Operations Management*, Stirling 1994, s. 28–39.
14. Forrester J.W., *Industrial Dynamics*, The MIT Press and Wiley, New York 1961.
15. Forrester J.W., *System Dynamics and Learner-Centered-Learning in Kindergarten through 12th Grade Education*, MIT, Cambridge 1992, <ftp://sysdyn.mit.edu/ftp/sdep/papers/D-4337.pdf>.
16. Gordon G., *Symulacja systemów*, WNT, Warszawa 1974.
17. Größler A., Rouwette E.A.J.A., Langer R.S., Rowe J.I., Yanni J.M. (red.), *Proceedings of the 24th International Conference of the System Dynamics Society*, The System Dynamics Society, Nijmegen 2006.

18. Hafeez K., Griffiths M., Griffiths J., Naim M.M., *Systems Design of a Two-echelon Steel Industry Supply Chain*, „International Journal of Production Economics” (45)/1996, s. 121–130.
19. Hines J.H., Diker V.G., Langer R.S., Rowe J.I. (red.), *Proceedings of the 19th International Conference of the System Dynamics Society*, Atlanta 2001, www.albany.edu/cpr/sds/.
20. Kennedy M., Winch G.W., Langer R.S., Rowe J.I., Yanni J.M., *Proceedings of the 22th International Conference of the System Dynamics Society*, The System Dynamics Society, Oxford 2004.
21. Kirkwood C.W., *System Dynamics Methods: A Quick Introduction*, Arizona State University 1998, www.public.asu.edu/~kirkwood/sysdyn/.
22. Kwaśnicki W., *Dynamika systemów jako metoda nauczania*, w: *Symulacja komputerowa w nauczaniu ekonomii*, red. E. Radosiński, Polskie Towarzystwo Symulacyjne, Warszawa 1998.
23. Łatuszyńska M., *Paradygmat dynamiki systemowej*, Studia Informatica nr 10, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 1998.
24. Łatuszyńska M., *Symulacja komputerowa dynamiki systemów*, Wydawnictwo PWSZ, Gorzów Wielkopolski 2008.
25. Łukaszewicz R., *Dynamika systemów zarządzania*, PWN, Warszawa 1975.
26. Metz P.J., *Demystifying Supply Chain Management*, „Supply Chain Management Review” 1998, s. 46–55, <http://www.coba.usf.edu/departments/isds/faculty/abhath/eb/SCM-Demystifying.pdf>.
27. Milling P., König U.H., *Simulation and Analysis of Complex Supply Chains with System Dynamics*, *Proceedings of the Tenth Annual Conference of the Production and Operations Management Society*, POM-99, March 20–23, Charleston S.C. 1999.
28. Milling P., König U., *Simulation and Analysis of Complex Supply Chains with System Dynamics*, *Proceedings of the Tenth Annual Conference of the Production and Operations Management Society*, Charleston 1999, <http://www.poms.org/POMS-Website/Meeting1999/99papers/SC6E1.doc>.
29. Miłoś M., *Dynamika systemów logistycznych*, „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa” 2002, nr 2.
30. Pidd M., *Computer Simulation in Management Science*, Fourth Edit. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester 1998.
31. Skowronek C., Saryusz-Wolski Z., *Logistyka w przedsiębiorstwie*, PWE, Warszawa 1995.
32. Souček Z., *Modelowanie i projektowanie systemów gospodarczych*, PWN, Warszawa 1979.

33. Sterman J.D., Repenning N.P., Langer R.S., Rowe J.I., Yanni J.M. (red.): *Proceedings of the 23rd International Conference of the System Dynamics Society*, The System Dynamics Society, Boston 2005.
34. Sterman J., Oliva R., Langer R.S., Rowe J.I., Yanni J.M. (red.), *Proceedings of the 25th International Conference of the System Dynamics Society*, The System Dynamics Society, Boston 2007.
35. Stevens G.C., *Integrating the Supply Chain*, „International Journal of Physical Distribution & Logistics Management” 19 (8)/1989.
36. Śliwa K.R., *O organizacjach inteligentnych*, OW WSM SIG, Warszawa 2001.
37. Tarajkowski J. (red.): *Elementy dynamiki systemów*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 2008.
38. Towill D.R., Naim M.M., *System Dynamics and Lean Supply Chains*, 26th International Symposium on Automotive Technology and Automation, Germany 13–17 September 1993, s. 180–189.
39. Towill D.R., Naim, M.M., Wikner, J., *Industrial Dynamics Simulation Models in the Design of Supply Chains*, „International Journal of Physical Distribution and Logistics Management” Vol. 22, No. 5/1992, s. 3–13.
40. Towill D.R., *Time Compression and Supply Chain Management – a Guided Tour*, „Supply Chain Management” 1 (1)/1996, s. 15–27.
41. Yoshida T., *A Systems View of Supply Chain Management Systems*, *Proceedings of 2nd Asia-Pacific Conference on Industrial Engineering and Management Systems (APIEMS'99)*, Kanazawa 1999, s. 439–442, <http://www.jaist.ac.jp/~yoshida/papers/apiems99.doc>.

SYSTEM DYNAMICS APPROACH TO LOGISTICS PROCESSES MODELING

Summary

The article discusses the possibility of using System Dynamics modeling for predicting the consequences of decisions relating to logistics processes management in an enterprise.

Translated by Małgorzata Łatuszyńska

