

Marzena Kramarz, Włodzimierz Kramarz¹
Politechnika Śląska

Modelowanie symulacyjne sieci dystrybucji – adaptacyjność sieci (cz. 2)

Koncepcja modelu symulacyjnego – istota modeli dynamiki systemów zarządzania

W sieciach logistyczno – produkcyjnych zorientowanych na kompleksowe realizowanie zamówień klienta w czasie przez niego akceptowanym podwykonawstwo zadań jest szansą na wywiązanie się z tych wymagań. Badania nad podwykonawstwem w sieciach współpracujących przedsiębiorstw są bardzo szerokie i obejmują wiele nurtów badawczych. Chen i Li (2008) zaproponowali model decyzyjny obejmujący podwykonawstwo i harmonogramowanie pracy. W proponowanym przez nich modelu operacje produkcyjne, sposoby realizacji zamówienia i przyjmowania zamówień od grupy klientów określane są na początku okresu harmonogramowania [4]. Autorzy proponują wprowadzenie rang, które zamówienia muszą być realizowane jako priorytetowe i które zamówienia powinny być zlecane podwykonawcom. W prowadzonych badaniach tym samym koncentrują się na jednorodnych (homogenicznych) zasobach własnych organizacji bazowej oraz kooperantów. Autorzy analizowali rezultaty opcji podwykonawstwa w kontekście poprawy kompleksowości realizacji zamówień.

Przedstawiona w niniejszym artykule koncepcja badań wykorzystuje niektóre determinanty proponowane przez Chen i Li (2008) a także koncepcję ustalania priorytetów podwykonawstwa. Przedmiotem badań są bowiem te zdarzenia, gdy integrator dostaje zlecenie przekraczające zdolności zasobów własnych w ustalonym okresie czasu. W tym sensie jest to nawiązanie do modelu harmonogramowania z podwykonawstwem. Jeśli firmy zlecają całe operacje, niemożliwe do wykonania w ramach własnych zasobów podwykonawcom, niepewne potrzeby łańcucha dostaw są zredukowane przez efekt dywersyfikacji ryzyka, co nawiązuje do potrzeb budowy relacji sieciowych w ramach danego punktu w łańcuchu dostaw. Autorzy wyodrębnili też istotne czynniki, które uwzględniane są w podejmowaniu decyzji o podwykonawstwie: zdolności produkcyjne, koszty produkcji na czas, żądania klienta, dostępność zasobów podwykonawców, ich koszty produkcji, czas realizacji dostawy między przedsiębiorstwem bazowym a podwykonawcą. Model podwykonawstwa jest więc istotny jeśli firma musi optymalizować relacje trade – offs dla tych czynników.

W związku z potraktowaniem sieci dystrybucji jako złożonych systemów adaptacyjnych w modelowaniu symulacyjnym

wykorzystano jedną z metod podkreślanych w metodologii CAS – Dynamikę Systemów Zarządzania. Koncepcja badań kierowana jest na istotne aspekty związane z problemami adaptowania się do zmian otoczenia z perspektywy ogniwa łańcucha dostaw odpowiedzialnego za synchronizację części popytowej i podażowej poziomu dystrybucji. Na stopień adaptacyjności przedsiębiorstw w sektorze dystrybucji wpływ mają czynniki endogeniczne związane między innymi z posiadanymi zasobami i ukształtowanymi relacjami oraz egzogeniczne związane z czynnikami w sferze mikro- i makro- otoczenia. W koncepcji rozważono możliwość modelowania symulacyjnego z wykorzystaniem metody Dynamiki Systemowej z uwzględnieniem czynników endogenicznych i egzogenicznych.

Dynamikę systemów w naukach o zarządzaniu zapoczątkował Forrester (1958), a następnie rozpropagował Senge (1990). W swoich pracach zauważyli, że struktura sprzężeń zwrotnych generuje wzorce zachowań. Powoduje to trudności w znajdowaniu związków przyczynowo – skutkowych. Skutki działań powstają często po upływie czasu, co również utrudnia identyfikację przyczyn. Dynamika systemu podlega na jego zmianie wraz z upływem czasu. Badając więc dynamikę sieci dystrybucji jako złożonego systemu adaptacyjnego należy odpowiedzieć sobie na pytania podobne stawianym dla tradycyjnego systemu zarządzania [19]:

- czy system zmienia się i czy zmiany te są możliwe do uchwycenia (np. dwa stany systemu w określonym przedziale czasu)
- czy przesunięcie się pomiędzy tymi stanami cechuje się ruchem stałym, jednostajnym, czy też nie
- czy jest on przewidywalny czy nie.

Dynamika systemów zarządzania używa specyficznej metody opisu systemu bazując na dwóch kategoriach: strumień, poziom. Poziomy reprezentują zmienne stanu będące obserwowalnymi wielkościami systemu, a strumienie działania (akcje) systemu powodujące zmiany wartości poziomów. Wymienione kategorie opisu są nieodzowne do utworzenia mikrostruktury pętli sprzężeń i w ten sposób całego systemu. W praktyce użyteczne jest wprowadzenie pewnej dodatkowej kategorii opisu zwanej zmienną pomocniczą. Zmienne te reprezentują pośrednie etapy procesu określania wartości natężeń strumieni według przyjętych reguł (polityki decyzyjnych) transformujących informacje o stanie systemu i jego otoczenia.

¹ Dr inż. M. Kramarz i dr inż. W. Kramarz pracują na Politechnice Śląskiej, na Wydziale Organizacji i Zarządzania. Artykuł nawiązuje do przedstawionego przez autorów na konferencji TLM artykułu „Modelowanie sieci dostaw jako złożonych systemów adaptacyjnych”. Artykuł recenzowany (przyp. red.).



Reguły decyzyjne opisują sposoby podejmowania decyzji sterujących przepływami w systemie, to jest pokazują, jakie informacje o stanie systemu i jego otoczenia generują decyzje powodujące działania w systemie. W klasycznej DSZ przyjmuje się założenie, że decyzje w systemie są podejmowane okresowo, to jest każdorazowo po upływie określonego przedziału czasu. Procesy podejmowania decyzji, a tym samym ich efekty (zmiany wartości natężeń strumieni) mają więc charakter ciągły. Postać reguł decyzyjnych jest uwarunkowana między innymi czynnikami: społeczno – gospodarczymi, technicznymi, organizacyjnymi.

Poziom określa stan wyróżnionego elementu systemu (na przykład poziom zawartości magazynu). Wielkość chwilowa poziomu równa się zakumulowanej różnicy strumieni dopływu i odpływu środków. Równanie poziomu można zapisać następująco:

$$P(t + dt) = P(t) + dt \cdot (S_{we} - S_{wy}) \quad (1)$$

gdzie:

S_{we} , S_{wy} – strumienie: wejściowy i wyjściowy.
 P – poziom (stan systemu).
 t , dt – czas, przyrost czasu.

Strumień S_{we} określa szybkość, z jaką materiały uzupełniają zawartość poziomu P . Strumień S_{wy} określa szybkość, z jaką materiały uszczuplają zawartość poziomu. Strumienie informacyjne dostarczają do stanowisk decyzyjnych informacje o wielkościach poziomów. Wielkość chwilową strumieni regulują tak zwane stanowiska decyzyjne (reguły decyzyjne). Stanowisko decyzyjne reguluje wielkość strumienia w zależności od informacji o chwilowych stanach zawartości poziomów systemu. Reguły decyzyjne pokazują, jak informacje o stanie systemu i jego otoczenia generują decyzje powodujące działania w systemie. Ich odwzorowanie w modelu stwarza jedną z głównych trudności dla metod DSZ. W modelu regulator spełnia rolę elementu, który uzależnia wielkość strumienia od informacji o chwilowych stanach systemu. Każdy element spełniający taką funkcję, opisywany jest jako element transformujący wejście w wyjście.

Obszar niezależny na rysunku 1² oznaczony jest jako chmurka. Traktowany jest jak otoczenie systemu. Zamiast współzależności istnieje tylko jednokierunkowa zależność zachowania się części systemu od zachowania się elementów otoczenia. Parametr (czas przejścia) jest to pewna wielkość stała, od której zależą stosunki wielkości między zmiennymi systemu. Od wielkości tych stosunków zależy z kolei zachowanie się całości systemu. W konwencji opisów DSZ, najczęściej w ten sposób oznacza się pożądany wynik akcji (cel) lub wielkości początkowe systemu.

Etapy analizy DSZ są podobne jak przy tradycyjnych metodach symulacyjnych [4]:

- rozpoznanie i sformułowanie problemu

- wyodrębnienie czynników związanych z interesującymi nas objawami
- określenie informacyjnych sprzężeń zwrotnych przyczyny i skutku, które łączą decyzję, akcję generującą zmianę sytuacji
- sformułowanie wytycznych decyzji tak, aby określały one jak decyzje uzależnione są od dostępnych strumieni informacji
- budowę modelu strukturalnego odwzorowującego zregulowane strumienie, poziomy, wytyczne decyzji, źródła informacji
- budowę modelu matematycznego i badanie symulacyjne
- porównanie wyników z dostępną wiedzą o rzeczywistym systemie
- korektę modelu dla uzyskania akceptowalnej zgodności między rzeczywistym zachowaniem się systemu, a określonym przez model
- przeprojektowanie tych zależności organizacyjnych i wytycznych objętych modelem, które mogą ulec zmianie w rzeczywistym systemie; celem jest odszukanie zmian prowadzących do usprawnienia zachowania się badanego systemu
- wdrożenie w systemie rzeczywistym zmian wskazanych wynikami eksperymentów przeprowadzonych na jego modelu.

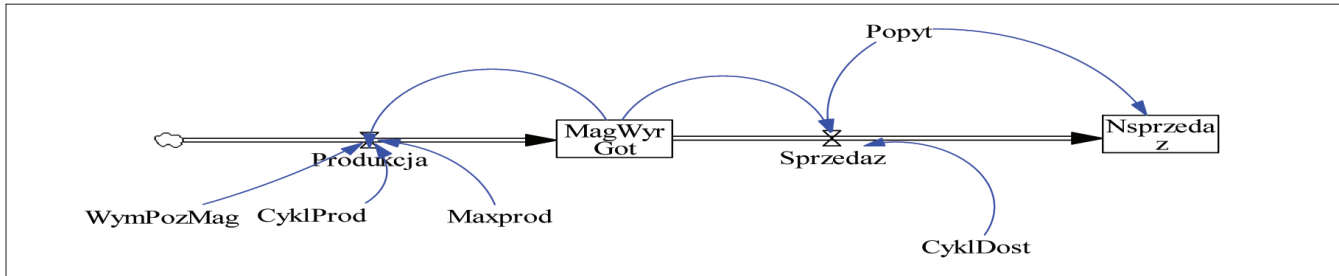
W artykule rozważono fragment sieci dystrybucji, gdzie integrator może realizować zamówienie w ramach własnych zasobów lub – w przypadku przeciążenia zasobów własnych – zamówienie może być wykonane na takich samych zasobach kooperanta/podwykonawcy. W związku z tym rozpatrywane są takie zmienne, jak: dostępność mocy produkcyjnych własnych zasobów integratora, dostępność mocy produkcyjnych zasobów kooperanta, cykl realizacji zamówienia z zapasów własnych, cykl realizacji zamówienia z zapasów kooperanta, cykl realizacji zamówienia z uruchomieniem cyklu produkcyjnego na zasobach własnych integratora, cykl realizacji zamówienia z uruchomieniem cyklu produkcyjnego na zasobach kooperanta.

Symulacja sprzedaży w modelu produkcja i produkcja w podwykonawcą

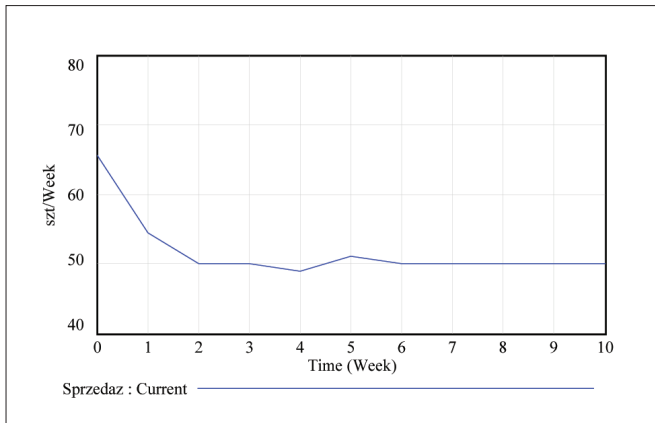
W przeprowadzonych eksperymentach założono, że integrator dysponuje zasobami, z których jeden jest zasobem limitującym zdolności produkcyjne (rysunek 2). Integrator jest dystrybutorem realizującym procesy produkcyjne związane z ostatnim etapem procesu produkcyjnego (odroczonego produkcyjnego) oferując produkt prosty, którego warianty nie są istotne z punktu widzenia przebiegu procesu. Ograniczeniem jest wyłącznie jeden zasób produkcyjny. Magazyn nie jest zasobem limitującym (jego miesięczne wykorzystanie waha się w granicach 60 – 75%). Zasób limitujący pozwala na wyprodukowanie 50 ton wyrobu na tydzień. Cykl produkcyjny mieści się w zakresie 1 tygodnia. System nie ma graniczeń w zakresie dostępności do materiału. Popyt został określony przy

² Rysunek 1 został opublikowany w pierwszej części tego artykułu, która ukazała się w „Logistyce” nr 2/2011 (przyp. red.).

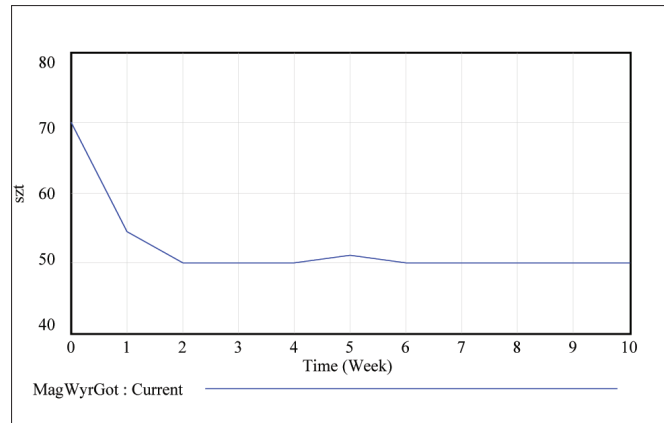




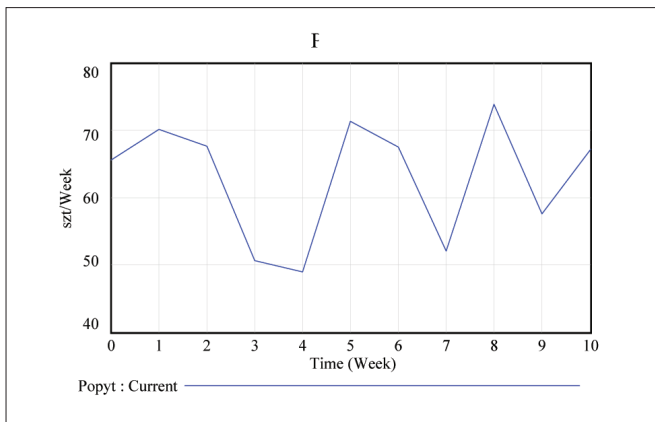
Rys. 2. Model sytemu realizacji zamówień w oparciu o zasoby integratora. Źródło: opracowanie własne.



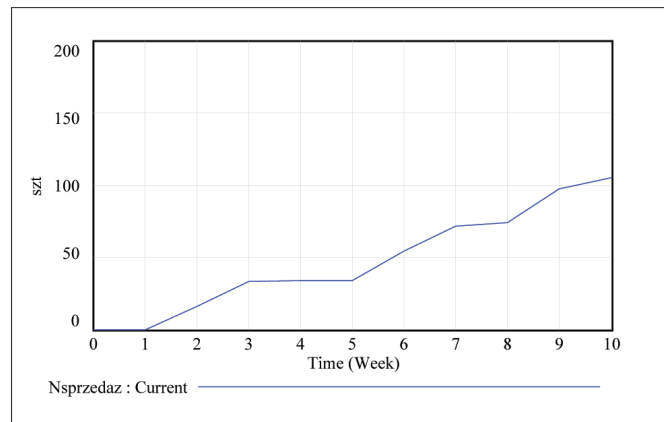
Wykres 1. Sprzedaż w modelu bez kooperacji. Źródło: opracowanie własne.



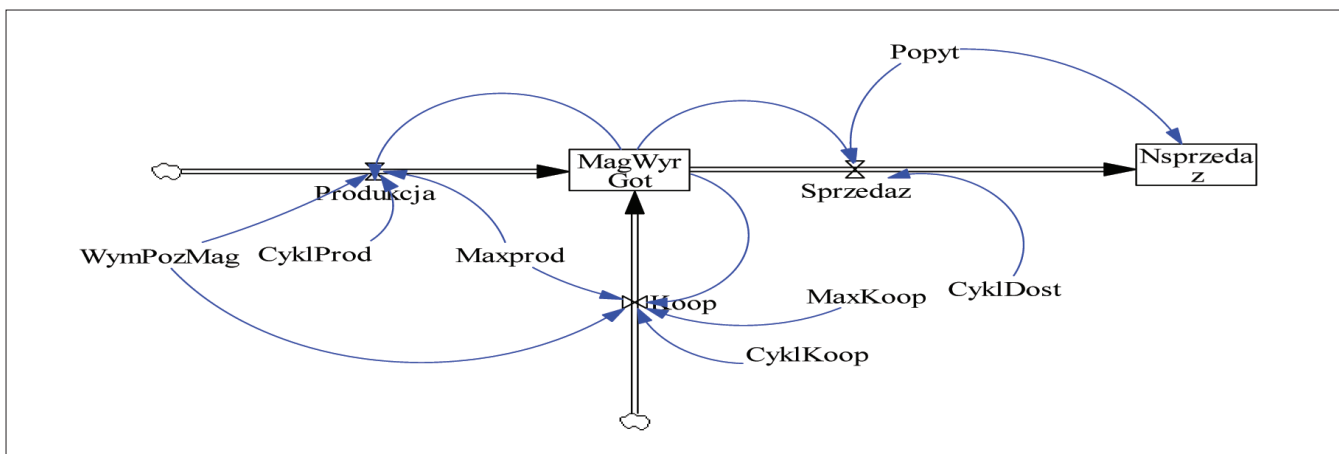
Wykres 3. Poziom zapasów w magazynie wyrobów gotowych w modelu bez kooperacji. Źródło: opracowanie własne.



Wykres 2. Popyt. Źródło: opracowanie własne.

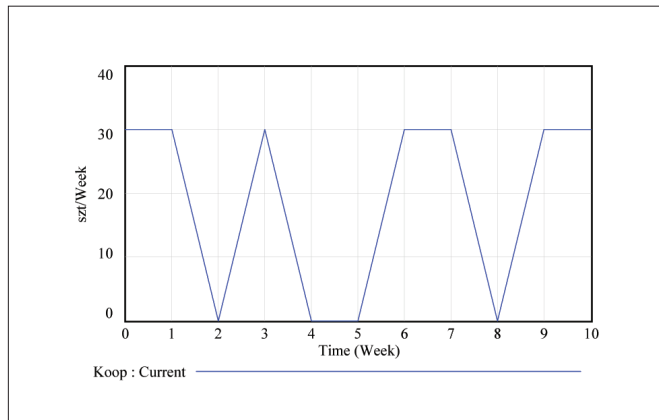


Wykres 4. Utracona sprzedaż w modelu bez kooperacji. Źródło: opracowanie własne.

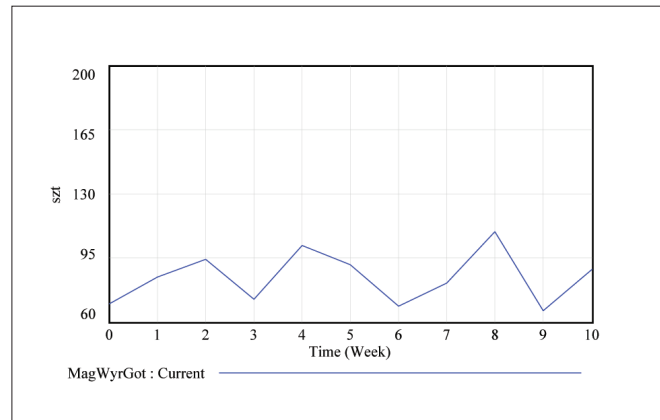


Rys. 3. Model realizacji zamówienia uwzględnieniem zasilenia magazynu z kooperacji. Źródło: opracowanie własne.

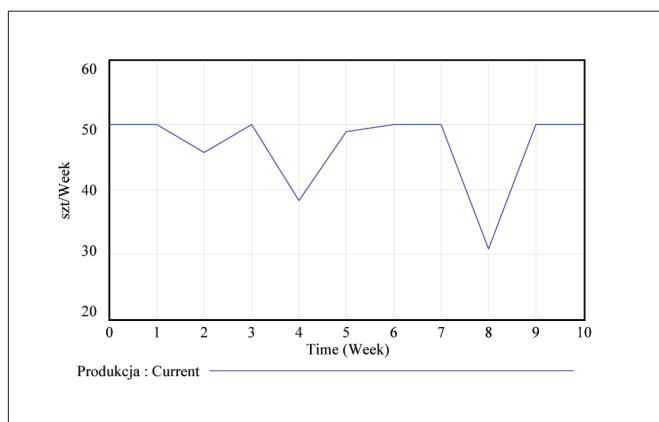




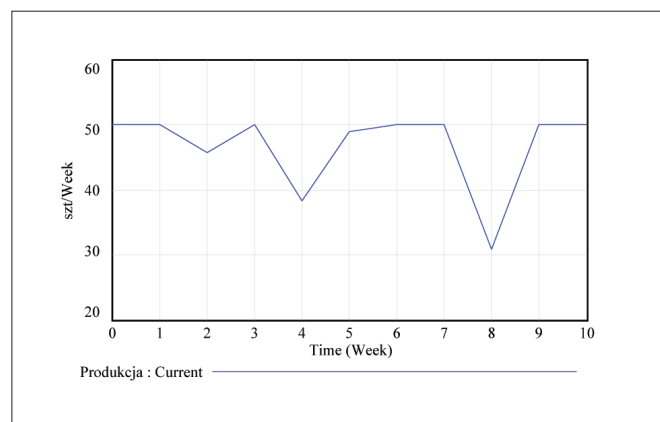
Wykres 5. Poziom zapasów w magazynie wyrobów gotowych kooperaanta w modelu z kooperacją. Źródło: opracowanie własne.



Wykres 6: Poziom zapasów w magazynie wyrobów gotowych w modelu z kooperacją. Źródło: opracowanie własne.



Wykres 7. Utracona sprzedaż w modelu z kooperacją. Źródło: opracowanie własne.



Wykres 8. Poziom produkcji w przedsiębiorstwie bazowym w modelu z kooperacją. Źródło: opracowanie własne.

pomocy zmiennej o rozkładzie równomiernym i przyjmował wartości zmienne od 49 do 75 ton na miesiąc (wykres 2). Do ustalenia wartości zmiennych wykorzystany został generator zmiennych pseudolosowych. Założono, że przy danych zmiennych istnieje optymalny poziom zapasu w magazynie, który w przypadku realizacji zamówienia w oparciu o zasoby własne integratora, ustalił się na poziomie 50 ton (wykres 3). Takie uwarunkowania powodują, że sprzedaż dąży do poziomu 50 ton (wykres 1). Poziom ten jednakże pokrywa tylko część zgłaszanego zapotrzebowania. Wykres 4 pokazuje utraconą sprzedaż.

W dalszej kolejności badano więc, w jaki sposób zmieni się poziom utraconej sprzedaży w wyniku wprowadzenia kooperacji (rysunek 3).

W badaniach uwzględniono kooperację z podwykonawcą dysponującym substytucyjnym z zasobem w stosunku do limitowanego zasobu integratora. W umowie kooperacyjnej partner zobowiązał się do stałej dyspozycyjności zasobu na poziomie 30 ton. Popyt się nie zmienił, badany był natomiast poziom zamówień niezrealizowanych w stosunku do całkowitej liczby zamówień (wykresy 5-8).

Wyniki symulacji przeprowadzonych w modelu z kooperacją wskazują na wzrost poziomu obsługi klienta w elementach:

czas i kompleksowość realizowanych zamówień z zapasu. W modelu z kooperacją uzyskano obniżenie poziomu wskaźnika niezrealizowanej sprzedaży do 0. Zaprezentowana symulacja jest prostym przykładem możliwości zastosowania dynamiki systemów do problemu kooperacji w sieci współpracujących przedsiębiorstw. W dalszych badaniach metodyka ta będzie rozwijana dla potrzeb symulacji problemów bardziej złożonych i z większą ilością zmiennych.

Wnioski

Zaproponowana w artykule metodologia badań sieci dystrybucji jako złożonych systemów zarządzania obejmuje włączenie modeli harmonogramowania z opcją podwykonawstwa, badanych w kontekście adaptowania się integratora do zmian w otoczeniu. Zgodnie z przedstawionymi rozważaniami, uzasadnione wydaje się przeprowadzenie eksperymentów przy wykorzystaniu modelu symulacyjnego Dynamiki Systemów Zarządzania. Dalsze eksperymenty nakierowane będą na badanie progów adaptowania się do zmian rynkowych dzięki tworzonemu więziom międzyorganizacyjnym, w zależności od zmian stanów otoczenia. Przedstawiona w artykule koncepcja jest zgodna z nurtem dotychczasowych badań w obszarze: sieci, podwykonawstwa przedsiębiorstw w sieci oraz dynamiki systemów zarządzania dla badań symulacyjnych w złożonych systemach adaptacyjnych, jedno-

częśnie łącząc te obszary badawcze. Analiza dynamiki systemów odwzorowanych za pomocą modeli DSZ ma na celu zbadanie własności pętli sprzężeń zwrotnych. Zamiarem takich badań będzie również wyjaśnienie mechanizmów zachowań sieci dystrybucji i rozważenie możliwości zmian w jej strukturze (typach więzi) w celu poprawy jej dynamicznego (adaptacyjnego) zachowania się.

Streszczenie

Skutkiem postępującej specjalizacji w skali całej gospodarki jest gwałtowny wzrost znaczenia koordynacji działalności wielu wyspecjalizowanych przedsiębiorstw, aby dostarczyć klientom złożone produkty i usługi. Współczesne procesy innowacyjne odbywają się w przestrzeni międzyorganizacyjnej, a nie w ramach pojedynczej firmy. W sieciach współpracujących przedsiębiorstw ogromną rolę w zakresie koordynacji procesów przyjmują integratorzy. Integrator łączy na określony czas lub dla wykonania określonego działania wyspecjalizowane obce zasoby i kompetencje. Przedsiębiorcy posiadający takie zasoby i kompetencje oraz koncentrujący się na ich doskonaleniu w wąskich ogniwach łańcucha wartości mogą funkcjonować w różnych architekturach, z różnymi partnerami tworząc nowe rynki i nowe biznesy. Tak rozumiani integratorzy pełnią szczególnie istotną rolę w koordynacji procesów logistycznych w sieciach dystrybucji lub szerzej w sieciach dostaw. W artykule przedstawiono sieci dystrybucji jako złożone systemy adaptacyjne. Rozważono tym samym możliwość zastosowania Dynamiki Systemów Zarządzania.

Introduction

Gradual specialization of enterprises has caused a sharp increase in the meaning of co-ordination of the activity of numerous specialized businesses to provide their customers with complex products and services. Contemporary innovative processes occur in the inter-organizational space and not within the framework of a single company. It is integrators who take a huge role as regards co-ordination of processes in networks of cooperating enterprises. The integrator integrates specialized foreign resources and competences for a specified time or in order to perform a specific activity. Businessmen possessing such resources and competences and concentrating on their improvement in narrow chain links of the value chain can function in different architectures, with different partners creating new markets and new businesses. Integrators understood in this way fulfil a significantly crucial role in co-ordination of the logistic processes in distribution networks or more widely in supply networks. In the article distribution networks were described as Complex Adaptive Systems. So a possibility of applying Dynamics of Management Systems was considered.

LITERATURA:

1. Bendkowski J., Kramarz M., Kramarz W., *Metody i techniki ilościowe w logistyce stosowanej. Wybrane zagadnienia*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
2. Brdulak H., *Wirtualny Leksykon Transportu i Logistyki*, Logistyka. edu. pl 2007.

3. Brzeziński M. (red.), *Organizacja i sterowanie produkcją*, Agencja Wydawnicza PLACED, Warszawa 2002.
4. Chen Z., Li Ch., *Scheduling with subcontracting options*, IIE Transactions vol. 40/2008.
5. Choi T., Dodey K., Rungtusanatham M., *Supply networks and complex adaptive systems: Control versus emergence*, Journal of Operations Management, vol. 19/2001.
6. Ciesielski M., *Logistyka – problemy rozwoju dyscypliny praktycznej* [w:] Osiągnięcia i perspektywy nauk o zarządzaniu, pod red S. Lachiewicz, B. Nogalski, Oficyna Wolters Kluwer Business, Warszawa 2010.
7. Ciesielski M., *Instrumenty zarządzania łańcuchami dostaw*, PWE Warszawa 2009.
8. Dooley K., Corman S., McPhee R., Kuhn T., *Modeling high-resolution broadband discourse in complex adaptive systems*, Nonlinear Dynamics, Psychology & Life Sciences vol. 7 (1)/2003.
9. Grudzewski W. M., Hejduk J. K., *Przedsiębiorstwo wirtualne*, Difin Warszawa 2002.
10. Hagel III J., Brown J. S., *Organizacja jutra. Zarządzanie talentem, współpracą i specjalizacją*, One Press VIP Harvard Business School Press 2005, Helios Gliwice 2007.
11. Hadaś Ł., Cyplik P., *Symulacja przepływu „Push” vs. „Pull” i jej wykorzystanie w nauczaniu logistyki*, Logistyka nr 4/2007.
12. Kramarz M., *Cykl realizacji zamówienia w łańcuchu dostaw branży motoryzacyjnej – analiza opóźnień*, [w:] Współczesne wyzwania transportu w logistyce, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.
13. Krawczyk S., *Zarządzanie procesami logistycznymi*, PWE, Warszawa, 2001.
14. Krawczyk S., *Controlling w sieciach logistycznych*, [w:] Invence – Inova-ce – Investice od recese k prosperite, Ostrava 2009.
15. Krupski R. (red.), *Zarządzanie przedsiębiorstwem w turbulentnym otoczeniu*, PWE, Warszawa 2005.
16. Malara Z., *Przedsiębiorstwo w globalnej gospodarce*, Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 2007.
17. Müller U. R., *Zmiana warty w zarządzaniu. Dramat i szansa*, Agencja Wydawnicza PLACET Warszawa 2000.
18. Pathak S., Day J., Nair A., Sawaya W., Kristal M., *Complexity and Adaptivity in Supply Networks: Building Supply Network Theory Using a Complex Adaptive Systems Perspective*, Journal compilation 2007, Decision Sciences Institute vol. 38 (4)/2007.
19. Rokita J., *Dynamika zarządzania organizacjami*, Prace naukowe Akademii Ekonomicznej im. Karola Adamieckiego w Katowicach, Katowice 2009.
20. Stewart J., *Liczby natury*, Wydawnictwo CIS, Warszawa 1996.
21. Surana A., Kumara S., Greaves M., Raghavan U., *Supply chain network: A complex adaptive systems perspective*, International Journal of Production Research, vol. 43/ 2005.
22. Vainio J., *Sieciowanie centrów logistycznych w rejonie Morza Bałtyckiego*, Materiały konferencyjne Polskiego Kongresu Logistycznego „Logistics”, Poznań 2004.
23. Witkowski J., *Zarządzanie łańcuchem dostaw. Koncepcje, procedury, doświadczenia*, PWE Warszawa 2010.