

MARZENA KRAMARZ

Politechnika Śląska

**MODELOWANIE I SYMULACJA KOOPERACJI
W SIECIACH PRODUKCYJNO-LOGISTYCZNYCH**

Wprowadzenie

Adaptowanie się przedsiębiorstw dystrybucyjnych do zmian w otoczeniu mikro i makro wymaga często podejmowania decyzji o nawiązywaniu współpracy w sieci z przedsiębiorstwami posiadającymi substytucyjne bądź komplementarne zasoby. W artykule podjęta została dyskusja nad modelowaniem podwykonawstwa z perspektywy przedsiębiorstwa dystrybucyjnego dla potrzeb kompleksowego realizowania niepewnych zamówień. Badania prowadzone były w sektorze dystrybucji wyrobów hutniczych. Uwagę skoncentrowano na dystrybutorach realizujących zadania tradycyjnej hurtowni poszerzone o zadania związane z odroczonej produkcją, cięcie wzdłużne i poprzeczne oraz gięcie. W literaturze zarządzania podmioty te nazywane są często koordynatorami lub integratorami, natomiast w branży hutniczej określane są centrami serwisowymi. Przedsiębiorstwo bazowe będzie więc rozumiane jako podmiot, który łączy na określony czas lub w celu wykonania określonego działania własne i wyspecjalizowane obce zasoby i kompetencje¹.

W modelowaniu symulacyjnym zaprezentowanym w artykule skoncentrowano się na pozyskiwaniu zasobów komplementarnych względem zasobów integratora. Sieci dystrybucji w rozdziale 1 scharakteryzowano, uwzględniając literaturę z zakresu współpracy przedsiębiorstw, partnerstwa logistycznego oraz podwykonawstwa i dla potrzeb modelowania w rozdziale 2 uzasadniono dynamikę systemów

¹ J.W.M. Bertrand, V. Sridharan, *A study of simple rules for subcontracting in make-to-order manufacturing*, European Journal of Operational Research 2001, No. 128, 509–531.

zarządzania. Rozdział 3 obejmuje eksperymenty symulacyjne i omówienie wyników badań.

1. Współpraca w sieciach dostaw

Jedną z przesłanek tworzenia się sieci jest odpowiedź na zmienne preferencje nabywców, co wymusza nieustanne różnicowanie produktów. Część ogniw łańcucha dostaw jest zmuszona podejmować kooperację z dotychczasowymi konkurentami, by sprostać zgłaszanym przez klientów potrzebom. W przemyśle hutniczym wiąże się to zwłaszcza ze współdziałaniem dystrybutorów, określanym między innymi jako podejmowanie działań wzajemnie zgodnych i uzupełniających się, w szczególności poprzez wzajemne uzupełniania się w zakresie unikatowych zasobów (w tym zwłaszcza związanych z realizacją zadań odroczonej produkcji)². W związku z tym kooperacja w obszarze dystrybucji jest dążeniem do wzrostu elastyczności oraz wykorzystania synergicznych efektów współdziałania.

Specjalizacja i podwykonawstwo w sieciach wpływają bez wątpienia na wzrost znaczenia logistyki, konfigurację systemów logistycznych i kształtowanie strategii logistycznych. Indywidualizacja popytu, rozwój nowych form sprzedaży, wyłanianie się nowych, oryginalnych sektorów, powstawanie nowych nisz rynkowych to procesy stwarzające szanse dla firm. Jednocześnie, aby szanse te mogły być w odpowiednim czasie wychwycone i wykorzystane, niezbędne są właściwie zorganizowane systemy logistyczne stanowiące mocną stroną organizacji. Współczesne definiowanie takich systemów wykracza poza zasoby logistyczne będące własnością danej organizacji. Jako kluczowe zasoby organizacji coraz częściej wymieniane są relacje międzyorganizacyjne.

Istotą budowania długotrwałych relacji między przedsiębiorstwami jest określenie zasad partnerstwa. Cechy udanego partnerstwa to m.in.:

- uczciwość,
- uszanowanie różnic,
- wzajemnie zaspokajanie potrzeb i dobra komunikacja,
- solidność, fachowość i dobre chęci.

R.M. Kanter uważa, że sukces w układach partnerskich można określić za pomocą ośmiu wyznaczników ujętych w zasadach udanego partnerstwa; zaprezentowano je w tabeli 1. Wszystkie te zasady znajdują zastosowanie w partnerstwie logistycznym.

² M. Kramarz, W. Kramarz, *Wskaźnik logistycznej obsługi klienta jako miernik sprawności integratora sieci dystrybucji*, w: *Nowoczesność przemysłu i usług*, red. J. Pyka, TNOiK, Katowice 2011.

Tabela 1

Zasady udanego partnerstwa między organizacjami

Zasada	Interpretacja
Indywidualna doskonałość	Każdy z partnerów pragnie wnieść coś wartościowego do związku, a nie ukryć swoje słabości czy uniknąć trudnej sytuacji
Znaczenie	Partnerzy mają wspólne cele, w których osiągnięciu główną rolę odgrywa ich związek
Współzależność	Partnerzy potrzebują siebie nawzajem. Dysponują komplementarnymi zasobami i umiejętnościami, które mogą wspólnie udoskonalać
Inwestycja	Partnerzy inwestują w siebie nawzajem. Oferując swoje zasoby, dają dowód długoterminowej więzi i podkreślają jej znaczenie oraz swój w niej udział
Informacja	Partnerzy dzielą się informacjami umożliwiającymi funkcjonowanie relacji. Informacje dotyczą zagadnień strategicznych, technicznych, konfliktowych i rynkowych
Integracja	Partnerzy tworzą szeroką więź i łączą się na wszystkich poziomach organizacji, co pozwala im na niezakłóconą współpracę. Stają się dla siebie zarówno uczniami, jak i nauczycielami
Instytucjonalizacja	Relacja partnerska ma status formalny z jasno określoną odpowiedzialnością i procesami decyzyjnymi. Więź wykracza poza osoby, które zainicjowały i nie zostaje przerwana na zasadzie kaprysu
Integralność	Partnerzy zachowują się w sposób honorowy, który uzasadnia i pogłębia wzajemne zaufanie. Nie czynią niewłaściwego użytku z informacji, do której mają dostęp, ani nie podważają wzajemnie swojego znaczenia

Źródło: R.M. Kanter, *Collaborative Advantage: The Art. Of Alliances*, „Harvard Business Review” 1994, Vol. 72, No. 4, s. 100.

Partnerstwo logistyczne podkreślane jest w literaturze zarówno w badaniach dotyczących łańcuchów dostaw, jak i sieci kształtowanych na poszczególnych szczeblach, w tym sieci zaopatrzenia, produkcyjnych, dystrybucyjnych. W sieciach produkcyjno-logistycznych kooperacja dotyczy zarówno współpracy w realizacji zadań produkcyjnych (jako podwykonawstwo), jak i zadań logistycznych (jako partnerstwo logistyczne). Taka charakterystyka sieci dotyczy zwłaszcza sieci dystrybucji, w której realizowane są zadania odroczonej produkcji. Wzrastająca złożoność systemów dystrybucji wynika między innymi ze specjalizacji przedsiębiorstw i niepewności popytu, które to czynniki powodują, że wiele łańcuchów dostaw decyduje się przesunąć ostatni etap procesów produkcyjnych odpowiedzialny za różnicowanie produktu w stronę przedsiębiorstw dystrybucyjnych.

2. Podwykonawstwo w sieci dystrybucji – założenia modelu

Podwykonawstwo w sieciach współpracujących przedsiębiorstw jest rozważane zwłaszcza w literaturze zarządzania operacyjnego i zarządzania produkcją. Chen

i Li (2008) zaproponowali model decyzji podwykonawstwa i harmonogramowania. W proponowanym modelu operacje produkcyjne, sposoby realizacji zamówienia i przyjmowania zamówień od grupy klientów określone są na początku okresu harmonogramowania. Autorzy uwzględniają w modelu determinanty zamówień pozwalające na uporządkowanie ich pod względem priorytetów realizacji i możliwości zlecenia podwykonawcom. Analizowali rezultaty różnych opcji podwykonawstwa. Autorzy zaproponowali jednocześnie koordynatora takiej sieci, oceniając w tej roli producenta i dystrybutora. Koordynator jest podmiotem przyjmującym zlecenia i podejmującym decyzję o sposobie ich realizacji w oparciu o własne lub podwykonawcy zasoby. Praktyka podwykonawstwa i *outsourcingu* jest powszechna. Podwykonawstwo zmniejsza wymagania inwestycyjne, a także zmniejsza finansowe ryzyko firm. Jednocześnie przy ograniczonych inwestycjach pomaga poprawić reakcję przedsiębiorstwa na potrzeby klienta. Model harmonogramowania zadań z opcją podwykonawstwa jest szczególnie istotny dla produktów wrażliwych na zmianę mody (np. zabawki, ubrania, wysoka technologia), ale także takich, które są sprzedawane w bardzo krótkich seriach, sezonowo (produkty budowlane), stąd też są istotne w niektórych segmentach branży hutniczej.

Podobnie jak w modelu Chen i Li (2008) w opracowaniu modelu dla sieci dystrybucji wyrobów hutniczych uwzględniono problem czasu produkcji, który jest limitowany zdolnościami produkcyjnymi producenta i może być niesatysfakcjonujący do zaspokojenia końcowych potrzeb klientów. W modelu Chen i Li (2008) uwzględniono kilka identycznych linii produkcyjnych dostępnych w zakładzie produkcyjnym podmiotu bazowego, umożliwiającą realizację zadań w ramach infrastruktury produkcyjnej koordynatora, a ponadto takie same linie produkcyjne dostępne u ściśle określonych subkontraktorów. Autorzy minimalizowali końcowe koszty realizacji zamówień.

Modelowanie podwykonawstwa w sieci dystrybucji wyrobów hutniczych dotyczyło natomiast pozyskania zasobów podwykonawców, komplementarnych względem zasobów przedsiębiorstwa bazowego (centrum serwisowego), w celu zwiększenia kompleksowości realizowanych zamówień, a co za tym idzie – zmniejszenia zamówień niezrealizowanych. Tym samym model ten różni się od modelu proponowanego przez Chen i Li (2008). Komplementarność daje jakość dopasowania przez różnicowanie. Zasoby są więc komplementarne, jeśli są różne w drodze, która może być kombinowana do kreowania wyższej wartości.

Symulowanie skutków potencjalnych decyzji zasobowych wymaga tworzenia modeli przyczynowo-skutkowych i prowadzenia na nich określonych eksperymentów. Spośród wymienionych metod symulacyjnych, uwzględniając sformułowany problem badawczy, szczególną uwagę zwrócono na symulację z wykorzystaniem Dynamiki Systemów Zarządzania. 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.

Trudności w znajdowaniu związków przyczynowo-skutkowych związane są z faktem, że skutki działań powstają często po upływie czasu, co utrudnia identyfikację przyczyn. Dynamika systemu podlega na jego zmianie wraz z upływem czasu.

Dynamika systemów zarządzania używa specyficznej metody opisu systemu, bazując na dwóch kategoriach: strumień, poziom. Poziomy reprezentują zmienne stanu będące obserwowalnymi wielkościami systemu, a strumienie (akcje) systemu powodują zmiany wartości poziomów³. 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 (polityk decyzyjnych) transformujących informacje o stanie systemu i jego otoczenia. Reguły decyzyjne opisują sposoby podejmowania decyzji sterujących przepływami w systemie, a więc pokazują, jakie informacje o stanie systemu i jego otoczenia generują decyzje powodujące działania w systemie.

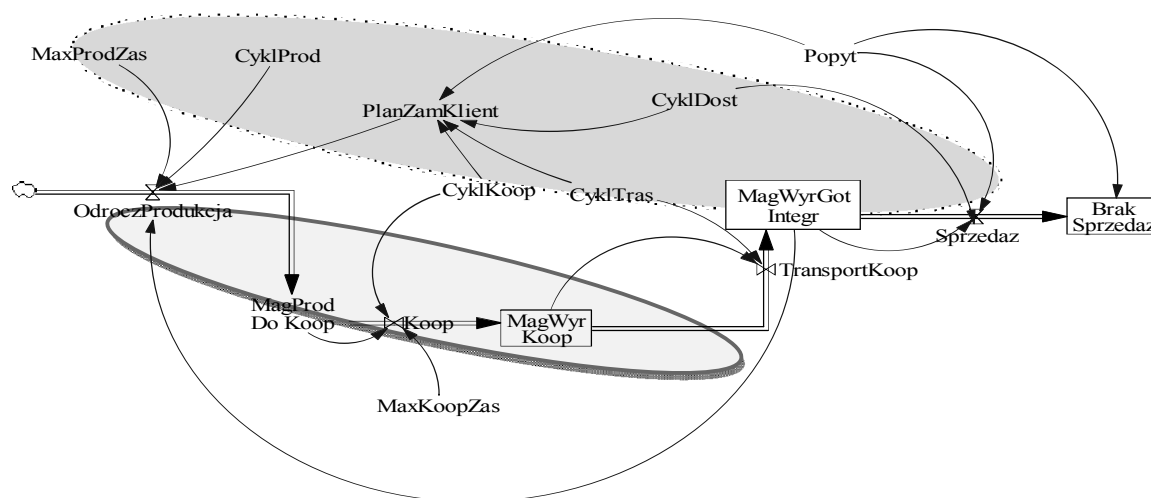
3. Symulacja podwykonawstwa w sieci dystrybucji wyrobów hutniczych

W modelu zaprezentowanym w artykule zamówienia wymagające zdolności produkcyjnych niedostępnych w przedsiębiorstwie bazowym generują decyzję o podwykonawstwie. W modelu uwzględniono czas realizacji zamówienia u podwykonawcy uwzględniający czas dostawy i kompletacji zamówienia. Czas ten wahał się w granicach jednego tygodnia. Jako istotną cechę kształtowanych relacji potraktowano stopień formalizacji współpracy, uwzględniając współpracę formalną w oparciu o umowy kooperacyjne oraz współpracę nieformalną. Wskazano, że typ relacji istotnie wpływa na dostępność zasobu partnera. Model dotyczy przedsiębiorstwa dystrybucyjnego realizującego odroczoną produkcję. Zgłaszany popyt (wpływające zamówienia klienta) jest podstawą do ustalania planu produkcji, który bezpośrednio steruje procesem produkcyjnym. Celem zasadniczym jest pełne zrealizowanie wpływających do przedsiębiorstwa zamówień w wyznaczonym standardzie czasowym nieprzekraczającym trzech tygodni. Dąży się do redukcji utraconej sprzedaży. Proces realizacji zamówień z uwzględnieniem zasobu kooperanta zostaje uruchomiony po wpłynięciu zamówień do integratora. W zależności od typu współpracy zamówienie u podwykonawcy przebiega albo zgodnie z ustaleniami zawartymi w umowie kooperacyjnej (dostępność zasobowa na poziomie 50 ton), albo w przypadku współpracy nieformalnej – zgodnie z aktualnie dostępnymi mocami wytwórczymi (dostępność zasobowa jest zmienną losową i waha się od 30 do

³ J. Rokita, *Dynamika zarządzania organizacjami*, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2009.

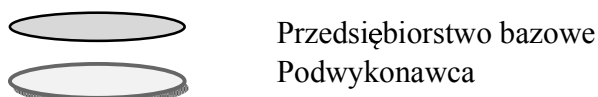
70 ton). W obydwu przypadkach zamówienie wysyłane jest do magazynu przedsiębiorstwa bazowego po wcześniejszej kompletacji. W przypadku umowy kooperacyjnej ustalono minimalną partię dostaw na poziomie 30 ton. Współpraca nieformalna pozwala na uruchomienie dostawy od 10 ton.

Modelowanie symulacyjne przeprowadzono w programie Vensim (rysunek 1). Model został wykorzystany do eksperymentu polegającego na zmianie wartości zmiennych modelu w zależności od wahań popytu. W modelowaniu uwzględniono dwa stany opisujące popyt: popyt stabilny (zmiennosc w przedziale $<0-20\%>$), popyt niestabilny (zmiennosc w przedziale $<20-50\%>$).



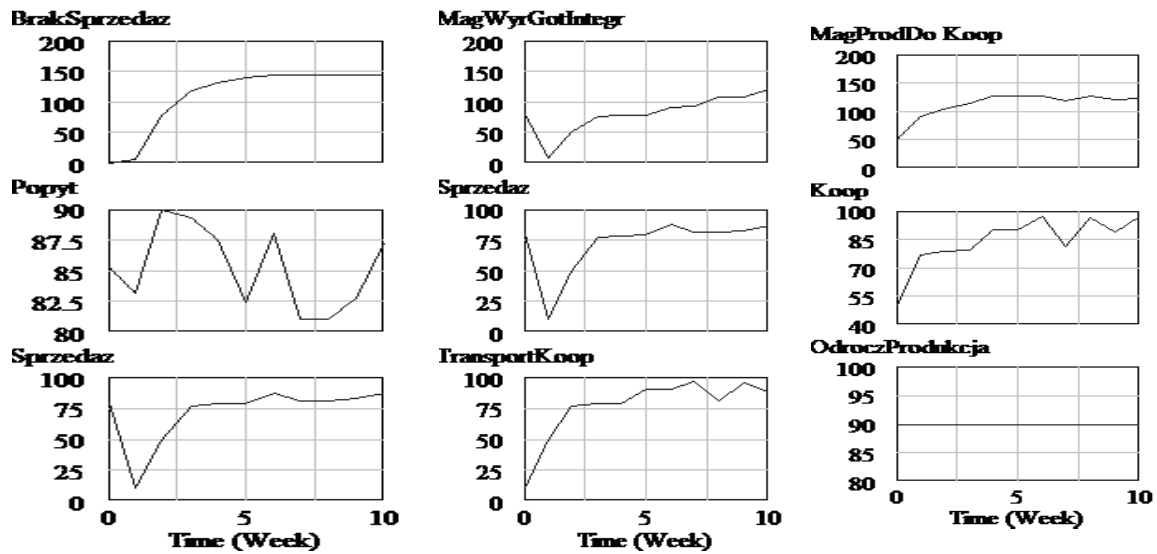
Gdzie: MaxProdZas – maksymalne zdolności produkcyjne, CyklProd – cykl produkcyjny, PlanZamKlient – plan w oparciu o zamówienia klienta, CyklKOOOp – cykl kooperacji (obejmujący proces produkcyjny i kompletację zamówienia), CyklTransp – cykl transportowy, TransportKoop – proces transportowy pomiędzy magazynem wyrobów gotowych podwykonawcy, magazynem wyrobów gotowych przedsiębiorstwa bazowego, MagProdDoKoop – Magazyn półproduktów przeznaczonych do wysyłki do podwykonawcy,

MagWyrKoop – magazyn wyrobów gotowych podwykonawcy, MatWyrGotIntegr – magazyn wyrobów gotowych przedsiębiorstwa bazowego, MaxKoopZas – maksymalne dostępne dla przedsiębiorstwa bazowego zdolności produkcyjne podwykonawcy



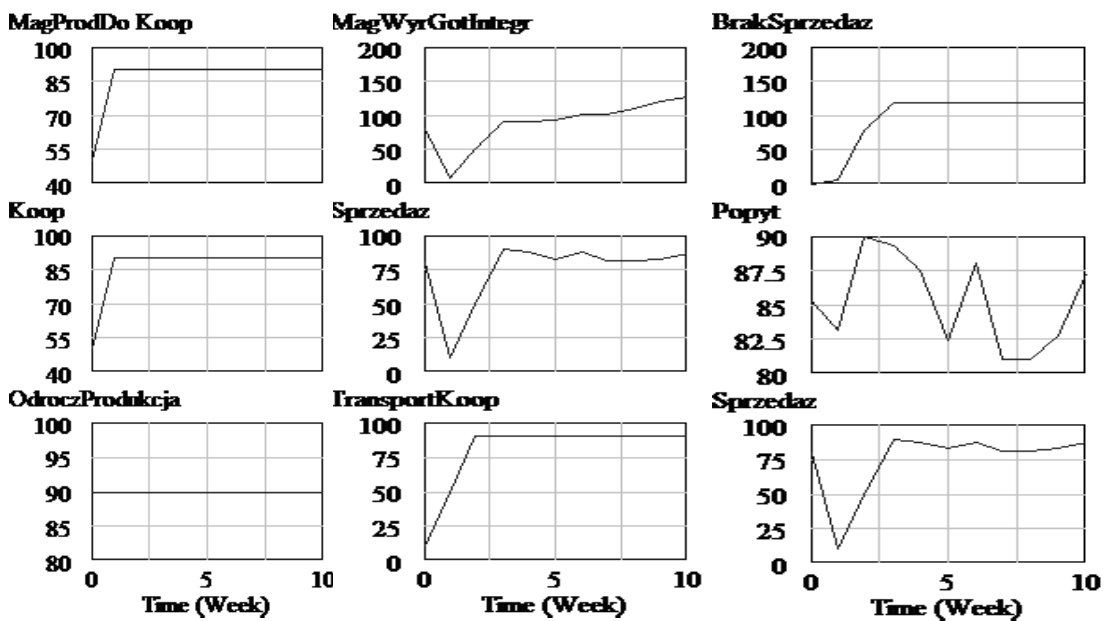
Rys. 1. Model podwykonawstwa dla motywu pozyskania komplementarnych zasobów

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 2. Wyniki eksperymentu dla podwykonawstwa w oparciu o relacje nieformalne

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 3. Wyniki eksperymentu dla podwykonawstwa w oparciu o relacje formalne (umowa kooperacyjna)

Źródło: opracowanie własne.

Przebieg eksperymentów (rysunek 2 i 3) wskazuje, że przy ograniczonych wahaniami popytu (do 20%) zarówno przy umowie formalnej, jak i nieformalnej dotyczącej zasobów komplementarnych pierwsza faza współpracy, wymagająca skoordynowania procesów, wykazuje pogorszenie niezawodności zrealizowanych zamówień. W obydwu przypadkach w miarę upływu czasu kompletnie zrealizowane zamówienia wzrastają, stabilizując się w przypadku umowy formalnej na poziomie 90%, natomiast w przypadku umowy nieformalnej na poziomie 80%. Przy założeniach przyjętych w badaniach kooperacja formalna przynosi zawsze większe korzyści niż współpraca nieformalna. Posiadanie umowy kooperacyjnej zapewnia równomierne obciążenie zasobów integratora. W badaniach nie uwzględniono jednakże kosztów związanych z zamrożeniem zdolności produkcyjnych u kooperanta. W przypadku popytu niestabilnego utracona sprzedaż dla współpracy nieformalnej jest wyższa niż współpracy w oparciu o umowę kooperacyjną. Jest to wynik zmiennej dostępności zasobów kooperanta, z którym nie zawarto umowy kooperacyjnej.

Podsumowanie

Obsługa części segmentów odbiorców wyrobów hutniczych wymaga różnicowania produktu pod specyficzne potrzeby odbiorców. Produkty hutnicze, zgodnie ze strategią opóźnionej dyferencjacji, różnicowane także na etapie dystrybucji. Węzły sieci obrotu wyrobami hutniczymi rozbudowywane są w oparciu o kryterium elastyczności łańcuch dostaw. Motyw nawiązywania współpracy w celu podwykonawstwa części operacji produkcyjnych dotyczy zwłaszcza zapotrzebowania na komplementarne zasoby produkcyjne. Relacje z podwykonawcami mogą być budowane w oparciu o umowy kooperacyjne bądź też nieformalnie.

Badania wykazały, że współpraca formalna, która stanowi w sektorze dystrybucji wyrobów hutniczych niecałe 40% budowanych relacji, jest korzystna, zarówno w sytuacji niewielkiej zmienności popytu, jak i popytu niestabilnego. Luźne relacje pomiędzy elementami systemu (współpraca nieformalna) przynoszą większe korzyści, w przypadku gdy przedsiębiorstwa stają przed nieprzewidywanymi sytuacjami, w tym przed dużą zmiennością popytu. Złożoność systemów logistycznych w sieciach współpracujących przedsiębiorstw pozwala na kombinację tych dwóch sposobów kształtowania więzi, co z jednej strony pozwala na zachowanie stabilności i względnej równowagi w wąskim obszarze organizacji połączonych silnymi więziami (współpracą kooperacyjną), a z drugiej zaś na szerokie możliwości elastycznego reagowania dzięki luźnemu kojarzeniu organizacji dla realizacji zadań trudno prognozowanych lub wynikających z wychwytywania okazji rynkowych.

Literatura

1. Bertrand J.W.M., Sridharan V., *A study of simple rules for subcontracting in make-to-order manufacturing*, European Journal of Operational Research 2001, No. 128.
2. Carvalho T., Powell W., *A multiplier adjustment method for dynamic resource allocation problems*, „Transportation Science” 2000, No. 34/2.
3. Chen Z.L, Li Ch.L., *Scheduling with subcontracting options*, IIETransactions 2008, 40.
4. Harrison A., van Hoek R., *Zarządzanie logistyką*, PWE, Warszawa 2010.
5. Kanter R.M., *Collaborative Advantage, The Art of Alliances*, „Harvard Business Review” 1994, Vol. 72, No. 4.
6. Kramarz M., Kramarz W., *Wskaźnik logistycznej obsługi klienta jako miernik sprawności integratora sieci dystrybucji*, w: *Nowoczesność przemysłu i usług*, red. J. Pyka, TNOiK, Katowice 2011.
7. Rokita J., *Dynamika zarządzania organizacjami*, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2009.
8. Shapiro J.F., *Modelling the Supply Chain*, Duxbury 2001.
9. Surana A., Kumara S., Greaves M., Raghavan U., *Supply chain network, A complex adaptive systems perspective*, „International Journal of Production Research” 2005, Vol. 43.
10. Szymczak M., *Partnerstwo logistyczne w układach kooperacyjnych*, „Gospodarka Materiałowa i Logistyka” 2004, nr 9.
11. Tan B., Gershwin S.B., *Production and subcontracting strategies for manufacturers with limited capacity and volatile demand*, Annals of Operations Research 2004, 125.

**THE MODELLING AND THE SIMULATION OF COOPERATION
IN PRODUCTION/LOGISTIC NETWORKS**

Summary

In the article they considered shaping network relations for the motive for acquiring resources of partners for the purposes of the timely and complete order processing. They showed that the type of the relation indeed influenced the availability of the store of the partner. Types of the relation between partners online were assessed from a perspective of the number of lost orders. Distribution networks were characterized including the postponed production. Simulation modeling was conducted based on the model of dynamics of systems.

Translated by Marzena Kramarz