

Włodzimierz KRAMARZ
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Zarządzania i Administracji

MODEL STEROWANIA PRZEPLYWAMI MATERIAŁOWYMI W SIECI PRODUKCYJNEJ

Streszczenie. W artykule rozważono możliwości wykorzystania technik symulacyjnych do modelowania procesów w sieciach współpracujących przedsiębiorstw. Zaproponowana metodyka analizy konfiguracji sieci współpracujących przedsiębiorstw dystrybucyjnych realizujących zadania odroczonej produkcji uwzględnia problemy logistyczno-produkcyjne, dotyczące zarządzania operacyjnego oraz strategicznego. Wskazane w artykule techniki symulacyjne dobrano adekwatnie do postawionych problemów decyzyjnych.

MODEL OF THE GUIDANCE WITH MATERIAL FLOWS IN PRODUCTION NETWORK

Summary. The article considers possibilities of using simulation techniques for modelling processes in networks of cooperating enterprises. The proposed methodology of analysing the network configuration of cooperating distribution enterprises which complete postponed production tasks takes into account logistics and production problems affecting the operations management and strategic management. Simulation techniques indicated in the article were selected adequately to the posed decision problems.

1. Wstęp

W ostatniej dekadzie wiele przedsiębiorstw musiało zmierzyć się z problemem oferowania produktów bardzo zróżnicowanych, wielowariantowych. Jest to odpowiedź na skracający się cykl życia produktów i zmienne preferencje nabywców. Rozwiązania organizacyjne i informatyczne proponowane organizacjom współpracującym w szczupłych, ściśle dostosowanych do popytu łańcuchach dostaw nie są adekwatne do problemów, przed

jakimi stają te organizacje, które funkcjonują w turbulentnym otoczeniu i budują relacje sieciowe według zasad kooperacji.¹

Aktualnie można zidentyfikować dwa trendy wpływające na konfigurację struktury łańcucha dostaw i organizację przepływów materiałowych i informacyjnych: z jednej strony przedsiębiorstwa koncentrują swoje działania na kluczowych kompetencjach, z drugiej strony klienci oczekują kompleksowej obsługi i szerokiego asortymentu w jednym źródle. W związku z koniecznością sprostania tym wyzwaniom przedsiębiorstwa mogą podjąć strategiczną decyzję udziału w sieci biznesowej umożliwiającej zarówno kompleksową realizację zgłaszanych zamówień (postrzegana jako czynnik podnoszący poziom logistycznej obsługi klienta), jak i specjalizację, a więc doskonalenie kluczowych kompetencji poszczególnych ogniw sieci. W obszarze procesów dystrybucji tego typu decyzje są niezwykle istotne dla systemów logistycznych z przeważającą dystrybucją, takich jak np. system dystrybucji wyrobów stalowych. W sieciach biznesu organizacje dążą do dostarczenia klientom kompleksowo zrealizowanych zamówień produktów i usług przez koordynację aktywności różnych organizacji. W sieci biznesu relacje pomiędzy podmiotami są wielorakie, bardzo złożone, a liczba interakcji utrudnia koordynację na poziomie jednego przedsiębiorstwa. Te problemy skłoniły autora do poszukiwania modelowego systemu wspomagającego sterowanie przepływami materiałowymi. Artykuł ma na celu zaproponowanie koncepcji budowy modelu na potrzeby symulacji decyzji przedsiębiorstwa bazowego w zakresie sterowania przepływami materiałowymi w sieci, kooperujących przedsiębiorstw. W rozdziale 2 przybliżono problematykę kooperacji w sieci w obszarze podwykonawstwa zadań produkcyjnych. Rozdział 3 prezentuje koncepcję budowy modelu symulacyjnego uwzględniającego źródła endogeniczne i egzogeniczne zakłóceń w przepływach materiałowych. Badania są prowadzone w ramach projektu badawczego własnego: „System informatyczny wspomagający sterowanie przepływami materiałowymi w sieci przedsiębiorstw na przykładzie wyrobów hutniczych”.

2. Podwykonawstwo w sieci produkcyjnej

Coraz częściej zarówno w publikacjach, jak i w praktyce gospodarczej podkreśla się, że do budowania przewagi konkurencyjnej wykorzystuje się nie tylko własne zasoby, ale także zasoby pozyskiwane w wyniku kooperacji. Ta umiejętność tworzenia horyzontalnej architektury w celu maksymalizacji wartości dla klienta staje się najbardziej poszukiwaną, kluczową kompetencją współczesnego biznesu.

¹ Kooperacja to relacja łącząca kooperację i konkurencję.

Badania nad podwykonawstwem w sieciach współpracujących przedsiębiorstwach są bardzo szerokie i obejmują wiele nurtów badawczych. Chen i Li² zaproponowali model decyzyjny obejmujący podwykonawstwo i harmonogramowanie pracy. W proponowanym przez nich modelu operacje produkcyjne, sposoby realizacji zamówienia i przyjmowania zamówień od grupy klientów są określane na początku okresu harmonogramowania.³ Autorzy proponują wprowadzenie rang wskazujących, które zamówienia muszą być realizowane jako priorytetowe i które zamówienia powinny być zlecane podwykonawcom. W prowadzonych badaniach koncentrują tym samym 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,⁴ a także koncepcję ustalania priorytetów podwykonawstwa. Przedmiotem badań są bowiem te zdarzenia, gdy integrator dostaje zlecenie przekraczające zdolności zasobów własnych w ustalonym czasie. 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 są uwzględniane 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.

Nawiązując do faktu, że czas produkcji jest limitowany dostępnymi zdolnościami własnych zasobów producenta, może on być niesatysfakcjonujący do zaspokojenia maksymalnych progowych potrzeb klientów. Tak więc przy przekroczeniu zdolności produkcyjnych centralny węzeł (integrator) musi podjąć dwojakie decyzje: które zadania mają być realizowane na własnych zasobach z uwzględnieniem priorytetów realizacji, a które zlecane jako podwykonawstwo. W modelu Chen i Li⁵ uwzględniono wielorakie, identyczne linie produkcyjne, dostępne w zakładzie produkcyjnym przedsiębiorstwa bazowego, oraz identyczne, będące własnością ściśle określonych subkontraktorów.

Dyskusje nad korzyściami podwykonawstwa toczą się już od kilkunastu lat. Wielu autorów rozważa korzyści i rezultaty jakościowe podwykonawstwa. Jednakże analityczne

² Chen Z., Li C.: Scheduling with subcontracting options. „IIETransactions”, No. 40, 2008.

³ Ciszak O.: Komputerowo wspomagane modelowanie i symulacja procesów produkcyjnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej: Budowa Maszyn i Zarządzanie Produkcją, nr 6, Poznań 2007.

⁴ Chen Z., Li C.: op.cit.

⁵ Ibidem.

modele, które studiują obszar podwykonawstwa, są ograniczone do wybranych aspektów. W literaturze wiele modeli podwykonawstwa koncentruje się na wypracowaniu modelu zapasów. Yang⁶ rozważał na przykład produkcyjno-outsourcingowo-zapasowy model z uwzględnieniem przepustowości magazynów i zdolności produkcyjnych zasobów będących własnością koordynatora.

Autorzy Chen i Li również podejmują temat wieloetapowego modelu harmonogramowania, w którym każde zamówienie wymaga wielorakich operacji i każda operacja może być wykonywana na liczbie alternatywnych maszyn na miejscu lub jako podwykonawstwo. Celem jest minimalizacja okresu wykonawczego dla danego kompleksowego zamówienia. Jako rozwiązanie tego problemu Chen i Li⁷ proponują zbiór algorytmów genetycznych i drogę rozwiązań heurystycznych. Chung⁸ rozważa problem harmonogramowania pracy sklepu, gdzie każde zamówienie jest opisane atrybutami. Atrybuty zamówienia pozwalają ocenić skuteczność przedsiębiorstwa w realizacji zlecenia i w tym procesie uwzględnić możliwość podzlecenia niektórych zadań podwykonawcom przy rozważeniu dwóch kosztowych wariantów wykonania: w przedsiębiorstwie bazowym i u kooperanta. W tym przypadku celem jest minimalizacja całkowitych kosztów podwykonawstwa przy zachowaniu wymaganego poziomu skuteczności przedsiębiorstwa bazowego. Qi⁹ rozważa problem, gdy przedsiębiorstwo dysponuje na miejscu jedną maszyną i ma do wyboru pojedyncze podwykonawstwo z pojedynczą maszyną. Zamówienie podwykonawcy musi być transportowane w partiach. Celem jest minimalizacja ważonej sumy czasu realizacji dostawy przedstawiona czasem realizacji zamówienia, całkowitych kosztów podwykonawstwa i transportu. Autor proponuje algorytmy dynamicznego programowania dla 4 problemów, gdzie przedstawioną jednostką czasu jest kompleksowy czas realizacji, w tym czas wykonania, maksymalne spóźnienie i liczba spóźnionych zamówień.

Bukchin i Hanany¹⁰ rozważają problem decentralizacji harmonogramowania, rozważając kompetencje na szczeblach różnych decydentów, gdzie zadanie będzie wykonane przez eksploatację maszyny podmiotu centralnego lub podwykonawcy (taka sama maszyna). Celem była minimalizacja całkowitych czasów kompleksowego wykonania pracy.

⁶ Yang Y.: The organizational governance of the trans-border production networks: a case study of Taiwanese IT companies in Suzhou area. „Geographical Research”, No. 2, 2005.

⁷ Chen Z., Li C.: op.cit.

⁸ Chung Ch.: Innovative strategies for Information Technology and Information Systems Research. “International Journal of Management Theory and Practice”, No. 6(1), 2005.

⁹ Qi X.: Coordinated logistics scheduling for in-house production and outsourcing, “Automation Science and Engineering”, No. 1, 2008.

¹⁰ Bukchin Y., Hanany E.: Decentralization cost in scheduling. A Game-theoretic approach. “Manufacturing & Service Operations Management”, No. 9(3), 2007.

Podobnie do modelu Qi¹¹ model Chen i Li¹² przyjmuje wagę na podstawie poziomu obsługi klienta i całkowitych kosztów. Inni autorzy nie rozważają obydwu kryteriów. W modelu Qi¹³ przyjęto założenie, że koszty podwykonawstwa są zawsze wyższe niż koszty produkcji wewnętrznej. Chen i Li¹⁴ nie przyjmowali takich założeń.

Jest to bardzo istotny czynnik. Rozważając efekt finalny sieci trzeba bowiem określić progi dla poszczególnych segmentów: na co klient jest w stanie się zgodzić, by nie zmienić sieci.

Tak więc problemy produkcyjno-logistyczne można definiować na trzech szczeblach:

- konfiguracji sieci,
- zlecenia zadań kooperantom,
- sterowania przepływami.

Dalsza część rozważań prezentowanych w artykule będzie dotyczyć poziomu sterowania przepływami materiałowymi.

3. Sterowanie przepływami materiałowymi w sieci produkcyjnej – konceptualizacja modelu

Sterowanie przepływami materiałowymi w sieci logistyczno-produkcyjnej wymaga opracowania sposobu reakcji organizacji na zakłócenia pojawiające się w trakcie przebiegu procesu realizacji zleceń i podwykonawstwa. Analiza zakłóceń w przepływach materiałowych w sieci współpracujących przedsiębiorstw będzie wymagać identyfikacji czynników determinujących przebieg procesu realizacji zamówienia. Ogólny schemat procesów realizacji zamówienia w systemie produkcyjno-logistycznym przedstawiono na rys. 1.

Plan stanowi normę układu sterowania, zawierającą wykaz asortymentu, wielkości zlecaną i oczekiwaną produkcji, termin wykonania oraz parametry technologiczne, kontrolne i sterujące, do których zalicza się między innymi: wielkość partii, cykl produkcyjny oraz wielkość zapasów w toku. Pomiar parametrów obrazujących realizację procesu produkcji jest podstawą decyzji koordynujących przepływy materiałowe. Likwidacja odchyłeń może być realizowana przez dyspozycje stanowiskowe, materiałowe lub parametry techniczne operacji bez zmiany wielkości planowanych. Innym wariantem działań, który reguluje przepływ i zmierza do wyrównania wielkości oczekiwanej z wielkością uzyskiwaną jest korekta przyjętych norm. Korygowanie warunków realizacji procesu produkcji jest najbardziej

¹¹ Qi X.: op.cit.

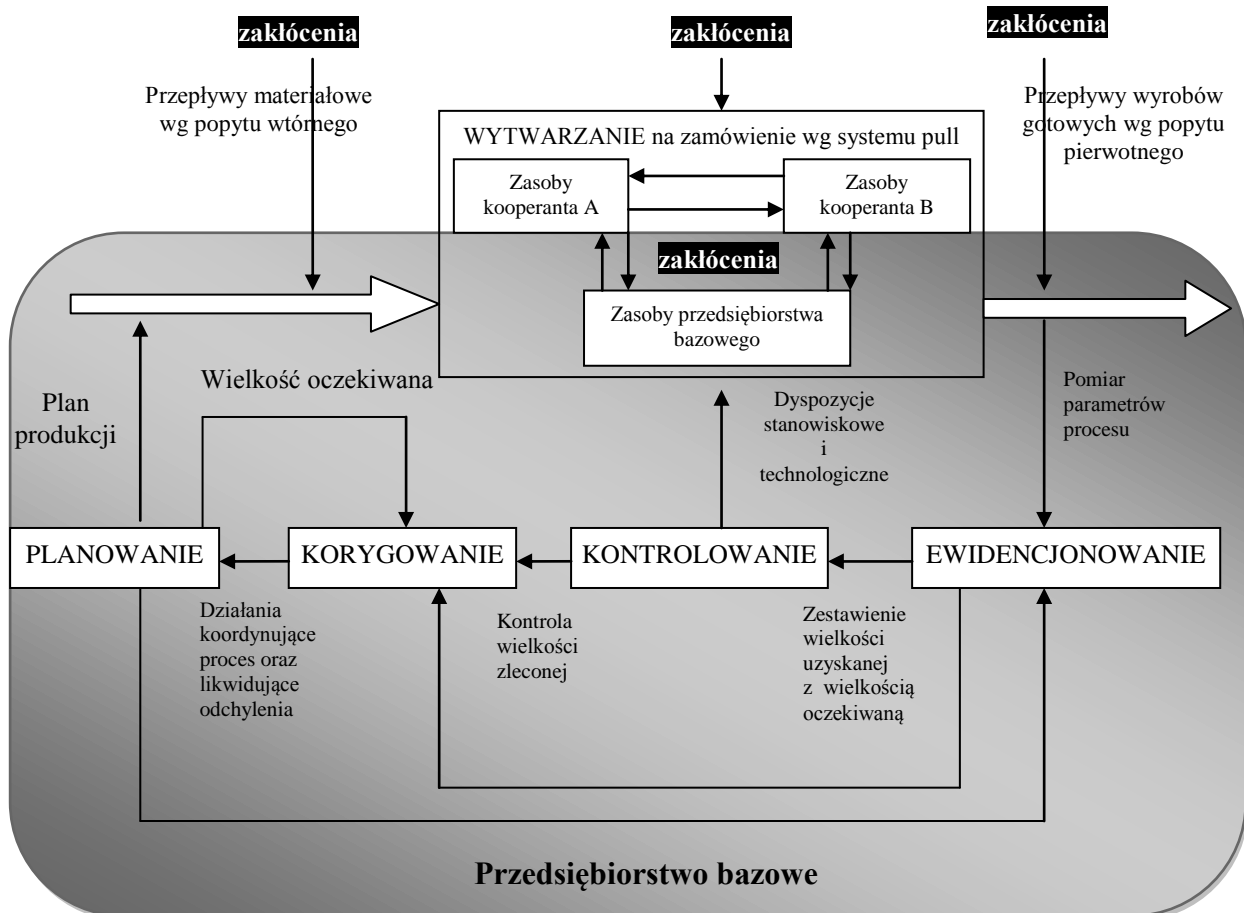
¹² Chen Z., Li C.: op.cit.

¹³ Qi X.: op.cit.

¹⁴ Chen Z., Li C.: op.cit.

radikalnym działaniem zmierzającym do zmiany algorytmu operacyjnego planowania produkcji.

Zakłócenia w tak złożonym systemie produkcyjno-logistycznym identyfikowane są zarówno na wejściu do systemu, jak i w przepływach materiałowych w systemie oraz na wyjściu z systemu.



Rys. 1. Model układu sterowania przepływami materiałowymi w sieci produkcyjnej

Fig. 1. Model of the control system of material flow in productions network

Źródło: Opracowanie własne.

W prezentowanych rozważaniach na potrzeby analizy zakłóceń w sieci produkcyjnej rozważa się dwa modele symulacyjne: stochastyczną analizę zakłóceń przez metodę Monte Carlo z wykorzystaniem techniki symulacji „Dynamika systemów zarządzania na podstawie systemu VENSIM” oraz projektowanie zdarzeń i procesów z wykorzystaniem techniki Discrete Event na podstawie systemu Arena.

W literaturze logistycznej zakłócenia w przepływach omawiane są niezwykle rzadko. Najwięcej dyskusji w tym obszarze odnosi się do definiowania ryzyka w procesach logistycznych.¹⁵ Tang¹⁶ rozważa Zarządzanie Ryzykiem w Łańcuchu Dostaw (SCRM) jako zbiór wszystkich rodzajów zdarzeń, które mogą wywołać nieplanowane zmiany w systemie, począwszy od czynników operacyjnych wewnątrzorganizacyjnych, a skończywszy na czynnikach losowych, takich jak katastrofy, terroryzm itd. Podobnie inni autorzy, specjalizujący się w zarządzaniu ryzykiem w łańcuchu dostaw, jako źródła ryzyka przyjmują szeroką bazę potencjalnych zakłóceń, zwracając jednakże uwagę na to, że wszystkie takie zdarzenia wymagają nadzwyczajnego zaangażowania zasobów przedsiębiorstwa.¹⁷ W miarę wzrostu zainteresowania różnymi formami współpracy w sieciach i w łańcuchach dostaw pojawiają się badania wskazujące na relacje międzyorganizacyjne jako jedno ze źródeł powstawania zakłóceń powodujących odchylenia w procesach logistycznych i produkcyjnych.¹⁸

Problem analizy zakłóceń jest wieloetapowy i obejmuje identyfikację: miejsca pojawiania się czynnika zakłócającego (linia produkcyjna, stanowisko pracy, dostawca), elementu, który jest źródłem zakłóceń (pracownik, środek transportu, maszyna), zakłócenia (trudność w funkcjonowaniu procesu: brak pracowników, wyposażenia, awaria, brak materiałów, brak informacji), odchylenia (jako skutków zakłóceń), strat (związanych z pojawianiem się odchylenia – wydłużenie cyklu produkcyjnego, nadmierne zapasy). Czynniki zakłócające to wszelkie nieoczekiwane zdarzenia, mające destrukcyjny wpływ na system, wywołujące zmianę stanu systemu w kierunkach dalekich od stanu równowagi lub celu działalności.

Podejście systemowe – wejście, wewnątrz systemu, w którym następują procesy transformacji, i wyjście – było podstawą do klasyfikacji zakłóceń. W badaniach przyjęto następujący ciąg logiczny analizy: identyfikacja opóźnień (strata), identyfikacja odchylenia w procesie realizacji zamówienia, identyfikacje zakłócenia i miejsca jego powstawania. Tym samym wykorzystano podejście analizy przyczynowo-skutkowej.

Czynniki te podzielono na kategorie czynników endogenicznych, związanych z charakterystykami zamówienia, przedsiębiorstwa bazowego i partnera, oraz czynniki egzogeniczne, związane z otoczeniem procesu realizacji zamówień.

¹⁵ Kovacs G., Tatham P.: Responding to disruptions In the supply Network – from dormant to action. “Journal of Business Logistics”, Vol. 30, No. 2, 2009.

¹⁶ Tang C.: Perspectives in Supply Chain Risk Management. “International Journal of Production Economics”, Vol. 103, 2006.

¹⁷ Christopher M., Peck H.: The five principles of supply chain resilience. „Logistics Europe”, Vol. 12, No. 1, 2004; Mason-Jones R., Naylor B., Towill D.: Lean, agile or leagile? Matching your Supply Chain to the marketplace. “International Journal of Production Research”, Vol. 30, No. 17, 2000.

¹⁸ Min S., Roath A., Daugherty P., Genchev S., Chen H., Arndt A., Richey R.: Supply Chain Collaboration: What’s happening? “International Journal of Logistics Management”, Vol. 16, No. 2, 2005.

Tabela 1

Podsumowanie zakłóceń w procesie produkcyjno-logistycznym

Odchylenia w procesie	Nierytmiczność procesu			
Odchylenia w pracy na stanowisku roboczym	Postój na stanowisku	Wahania wydajności		
Czynnik zakłócający	Brak materiału Materiał wadliwy	Zamówienia prognozowane niezgodne z rzeczywistymi	Awaria maszyny	Absencja pracowników Dostępność zasobu kooperanta
Źródło endogeniczne zakłócenia	Przeływy informacyjne		proces produkcyjny	proces logistyczny
Źródło egzogeniczne zakłócenia	Dostawca	Cechy zamówienia	Klient	
	Wahania cyklu koniunkturalnego, stopy procentowe, inflacja, kongestia, warunki atmosferyczne, katastrofy, inne			

Źródło: Opracowanie własne.

Dla tak zdefiniowanego problemu sterowania przepływami, uwzględnivszy kooperujące podmioty oraz zidentyfikowane źródła zakłóceń, opracowano wstępne założenia modelu symulacyjnego, pozwalającego śledzić wpływ różnych konfiguracji zakłóceń na rzeczywiste przebiegi procesów materiałowych. Jako narzędzie adekwatne do zdefiniowanego problemu wybrano modelowanie zdarzeń i procesów w sieci z wykorzystaniem oprogramowania ARENA.

Model symulacyjny tworzony dla systemu dyskretnego skoncentrowanego na procesie obsługi zamówień uwzględnia zakłócenia w procesie i obejmuje takie elementy, jak:

- Zegar systemu: obiekt dynamiczny – rejestruje czas systemu rzeczywistego.
- Kalendarz zdarzeń: obiekt dynamiczny, który zawiera zegar systemu i informacje o zdarzeniach.
- Transakcje: obiekty dynamiczne – pojawiają się w systemie jako zgłoszenia; charakteryzują się określonymi atrybutami (stopień złożoności, stopień indywidualizacji).
- Zasoby systemu: obiekty statyczne – są to jednokanałowe lub wielokanałowe stanowiska obsługi.

Zgodnie z notacją procesów w Arenie zostaną wykorzystane następujące moduły przepływu:

- Create (moduł wejściowy),
- Process (moduł procesu),
- Decide (moduł decyzji),
- Assign (moduł przypisania),
- Record (moduł licznikowy),
- Dispose (moduł końcowy)

oraz moduły danych:

- Entities (zgłoszenia),
- Attributes (atrybuty),
- Variables (zmienne),
- Resources (zasoby),
- Queues (kolejki),
- Statistical Accumulators (liczniki statystyczne),
- Events (zdarzenia),
- Simulation Clock (zegar symulacyjny).

Wyniki modelowania przepływów materiałowych w systemie produkcyjnym z wykorzystaniem narzędzia symulacji, jakim jest Arena, są omawiane w literaturze.¹⁹ Przytoczone publikacje wskazują na dotychczasowy zakres symulacji i potwierdzają skuteczność tej techniki w modelowaniu procesów produkcyjnych przedsiębiorstwa. Problem sformułowany w konsekwencji rozważania na poziomie operacyjnym przepływów w sieci współpracujących przedsiębiorstw, w tym kooperujących w zakresie podwykonawstwa wybranych operacji produkcyjnych, rozszerza dotychczasowe modele sterowania, włączając w system logistyczno-produkcyjny organizacje kooperujące z przedsiębiorstwem bazowym. Tak złożony system, w którym elementami jest kilka organizacji, wymaga uwzględnienia dostępności zasobów poszczególnych elementów tego systemu oraz wpływu typu relacji na dostępność zasobów i na pojawiające się zakłócenia pomiędzy poszczególnymi elementami systemu (organizacjami kooperującymi w sieci). Ponadto jako źródła endogeniczne zakłóceń w systemie wytypowano zarówno procesy produkcyjne, jak i logistyczne, a także przepływy informacyjne. Na wytypowane zmienne endogeniczne mają wpływ zmienne egzogeniczne takie jak: kongestie, PKB, stopy procentowe, inflacja, kursy walutowe, katastrofy, warunki atmosferyczne i inne. Szczegółowy wpływ tych elementów na zmienne endogeniczne, a także analiza korelacji pomiędzy zmiennymi endogenicznymi, egzogenicznymi a pojawiającymi się zakłóceniami w sieci produkcyjno-logistycznej zostaną przeprowadzone w kolejnym etapie badań.

¹⁹ Zdanowicz R.: Dobór oprogramowania do modelowania i symulacji procesów wytwarzania. „Pomiary, Automatyka i Robotyka”, nr 1, 2006; Ciszak O.: Komputerowo wspomagane modelowanie i symulacja procesów produkcyjnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej: Budowa Maszyn i Zarządzanie Produkcją, nr 6, Poznań 2007.

4. Wnioski

Zaproponowana metodyka analizy konfiguracji sieci współpracujących przedsiębiorstw dystrybucyjnych realizujących zadania odroczonej produkcji uwzględnia problemy logistyczno-produkcyjne, dotyczące zarządzania operacyjnego. Sformułowanie problemu na poziomie zarządzania operacyjnego wymagało doboru techniki umożliwiającej szczegółowe badanie procesu i zdarzeń. Zaproponowano tym samym technikę Discret Events. Analizowane procesy w sieci dystrybucji z odroczoną produkcją dotyczą systemów *pull*, w których proces inicjowany jest zamówieniem klienta. Koncepcja modelu symulacyjnego procesów w sieci współpracujących przedsiębiorstw uwzględnia zakłócenia identyfikowane wokół czynników endogenicznych i egzogenicznych. Model sterowania uwzględnia także siłę zakłócenia według oceny wpływu na system (reakcje na poziomie: dostępnych buforów, buforów nadzwyczajnych, zmiany konfiguracji struktury systemu). Proponowana metodyka będzie rozwijana i uściślana przez eksperymenty prowadzone w ramach projektu badawczego własnego dla przypadków sieci dystrybucji z odroczoną produkcją w sektorze dystrybucji wyrobów hutniczych.

Bibliografia

1. Bendkowski J., Kramarz M., Kramarz W.: Metody i techniki ilościowe w logistyce stosowanej. Wybrane zagadnienia. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
2. Bozarth C., Handfield R.: Wprowadzenie do zarządzania operacjami i łańcuchem dostaw. Helion, Gliwice 2007.
3. Bukchin Y., Hanany E.: Decentralization cost in scheduling. A Game-theoretic approach. "Manufacturing & Service Operations Management", No. 9(3), 2007.
4. Chen Z., Li C.: Scheduling with subcontracting options. „IIETransactions”, No. 40, 2008.
5. Christopher M., Peck H.: The five principles of supply chain resilience. „Logistics Europe”, Vol. 12, No. 1, 2004.
6. Chung Ch.: Innovative strategies for Information Technology and Information Systems Research. "International Journal of Management Theory and Practice", No. 6(1), 2005.
7. Ciszak O.: Komputerowo wspomagane modelowanie i symulacja procesów produkcyjnych, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej: Budowa Maszyn i Zarządzanie Produkcją, nr 6, Poznań 2007.
8. Kelton W.D., Sadowski R.P., Sadowski D.A.: Simulation with Arena. McGraw-Hill Companies, Inc., New York 2002.
9. Kovacs G., Tatham P.: Presponding to disruptions In the supply Network – from dormant action. "Journal of Business Logistics", Vol. 30, No. 2, 2009.

10. Kramarz M.: Klasyfikacja relacji sieciowych w dystrybucji wyrobów hutniczych, [w:] Pyka J. (red.): Nowoczesność przemysłu i usług. Procesy restrukturyzacji i konkurencyjność w przemyśle i usługach. TNOiK, Katowice 2008.
11. Mason-Jones R., Naylor B., Towill D.: Lean, agile or leagile? Matching your Supply Chain to the marketplace. "International Journal of Production Research", Vol. 30, No. 17, 2000.
12. Min S., Roath A., Daugherty P., Genchev S., Chen H., Arndt A., Richey R.: Supply Chain Colaboration: What's happening? "International Journal of Logistics Management", Vol. 16, No. 2, 2005.
13. Qi X.: Coordinated logistics scheduling for in-house production and outsourcing, "Automation Science and Engineering", No. 1, 2008.
14. Roczny Raport Polskiej Unii Dystrybutorów Stali 2009, 2010. Polska Unia Dystrybutorów Stali, Warszawa 2011.
15. Tang C.: Perspectives in Supply Chain Risk Management. "International Journal of Production Economics", Vol. 103, 2006.
16. Yang Y.: The organizational governance of the trans-border production networks: a case study of Taiwanese IT companies in Suzhou area. „Geographical Research”, No. 2, 2005.
17. Zdanowicz R.: Dobór oprogramowania do modelowania i symulacji procesów wytwarzania. „Pomiary, Automatyka i Robotyka”, nr 1, 2006.

Abstract

The metallurgic products distribution sector evolves towards reducing the number of companies. Cooperating enterprises in the production network are shaping different strategies. The article considers possibilities of using simulation techniques for modelling processes in networks of cooperating enterprises. The proposed methodology of analysing the network configuration of cooperating distribution enterprises which complete postponed production tasks takes into account logistics and production problems affecting the operations management and strategic management. Simulation techniques indicated in the article were selected adequately to the posed decision problems.