

**Sebastian Saniuk, Anna Saniuk,  
Helena Vidova**

---

**System planowania sieci  
produkcyjnych w klastrach  
przemysłowych**

---

Ekonomiczne Problemy Usług nr 94, 293-309

---

2012

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach  
dozwolonego użytku.

*SEBASTIAN SANIUK*

*ANNA SANIUK*

**Uniwersytet Zielonogórski**

*HELENA VIDOVA*

**Słowacki Uniwersytet Techniczny w Bratysławie**

## **SYSTEM PLANOWANIA SIECI PRODUKCYJNYCH W KLASTRACH PRZEMYSŁOWYCH**

Słowa kluczowe: wariantowanie sieci produkcyjnych, planowanie zleceń produkcyjnych, klastry przemysłowe.

### **Wprowadzenie**

Z uwagi na potrzebę orientacji na klienta, elastycznego dostosowania się do zmieniających się warunków popytowych i redukcji kosztów w ostatnim okresie nastąpił silny rozwój kooperacji przedsiębiorstw realizujących wspólne projekty w ramach różnych form sieci. Idea produkcji w sieci sprowadza się do wspólnego wytwarzania zleceń produkcyjnych w ramach udostępniania, będących w dyspozycji przedsiębiorstw, zdolności produkcyjnych niezbędnych do produkcji danego typu zlecenia. Szansą rozwoju staje się zatem partnerstwo polegające na łączeniu specjalistycznych kompetencji oraz wymiana zdolności produkcyjnych w celu lepszego spełnienia oczekiwań konsumenta. Coraz częściej można zaobserwować, iż partnerzy biznesowi podejmują się długotrwałej lub tymczasowej współpracy z innymi partnerami, tworząc tym

samym organizacje sieciowe w celu zredukowania kosztów oraz wykorzystania okazji biznesowych nieosiągalnych dla każdego z osobna.

Jedną z dynamicznie rozwijających się form sieciowości są przemysłowe formy klastrowe, które dzięki wzajemnej współpracy i bliskiej koncentracji geograficznej małych i średnich przedsiębiorstw, korzystając z efektu synergii, pozwalają osiągnąć lepsze efekty ekonomiczne i w rezultacie przewagę konkurencyjną nad innymi podmiotami działającymi na rynku. Ponadto stanowią możliwość rozwoju tak sektora małych i średnich przedsiębiorstw, jak i samego regionu.

Koncepcja klastra staje się coraz popularniejsza jako efektywna forma organizacji działalności gospodarczej. Klastry, stanowiące elastyczną formę współpracy horyzontalnej między trzema grupami podmiotów: przedsiębiorstwami, podmiotami naukowo-badawczymi oraz władzami publicznymi, tworzą środowisko ułatwiające intensywny rozwój innowacyjnych form kooperacji między poszczególnymi podmiotami. Ponadto stanowią doskonałą bazę do tworzenia wirtualnych sieci produkcyjnych zorientowanych na pojawiające się na rynku okazje biznesowe.

Mimo intensywnych badań dotyczących formułowania wirtualnych przedsiębiorstw potencjalna przewaga tego typu organizacji jest często zagrożona przez czas, jaki zajmuje powołanie wirtualnego przedsiębiorstwa. Dotychczasowe modele referencyjne charakteryzują się niską wydajnością procesów modelowania wirtualnych przedsiębiorstw, szczególnie w zakresie zadań konfigurowania i rekonfigurowania elementów składowych sieci. W praktyce istnieje niedostatek metod i narzędzi szybkiego prototypowania wirtualnych sieci uwzględniających ograniczenia zasobowe i logistyczne systemu w środowisku klastrów przemysłowych<sup>1</sup>.

Celem artykułu jest prezentacja wybranych wyników badań ukierunkowanych na opracowanie komputerowego systemu planowania wirtualnych sieci produkcyjnych małych i średnich przedsiębiorstw funkcjonujących w ramach klastrów przemysłowych. W artykule prezentowana jest propozycja metodyki planowania wirtualnych sieci produkcyjnych przedsiębiorstw oraz jej komputerowa implementacja, która pozwala na wyznaczenie dopuszczalnych wariantów sieci powoływanych celem terminowego zrealizowania

---

<sup>1</sup> M. Kramarz, W. Kramarz, *Simulation modelling of complex distribution systems*, *Procedia Social and Behavioral Management* 2011, Vol. 20, s. 283–291.

nowych zleceń produkcyjnych w warunkach występowania ograniczeń kosztowych, zasobowych i logistycznych systemu klastra.

## 1. Wirtualne sieci produkcyjne w klastrze przemysłowym

Pojęcie wirtualnej organizacji zostało wprowadzone przez W. Davidowa i M. Malone'a<sup>2</sup> jako tymczasowe konsorcjum przedsiębiorstw, które łączy umiejętności i zasoby wspomagane przez sieci komputerowe w celu lepszego wykorzystania nadarzających się okazji biznesowych. W literaturze przedmiotu najczęściej przywoływaną definicją organizacji wirtualnej jest definicja J. Byrne'a, która charakteryzuje wirtualną kooperację jako „czasową sieć niezależnych podmiotów (dostawców, klientów, a nawet dotychczasowych konkurentów) połączonych technologią informacyjną w celu dzielenia umiejętności, zasobów, kosztów i dostępu do innych rynków. Jest to kompleksowy system łączący w jedną, informacyjną całość producentów, dostawców i klientów”<sup>3</sup>. Na podstawie prezentowanych definicji, w rozważanym przypadku, wirtualna sieć produkcyjna rozumiana jest jako tymczasowy podzbiór przedsiębiorstw produkcyjnych funkcjonujących w ramach klastra oraz instytucji wspierających, które wspólnie są w stanie zrealizować nowe przedsięwzięcie (zlecenie produkcyjne) w określonym czasie oraz nie przekraczając założonych kosztów realizacji, przy jednoczesnym wsparciu technologii informacyjnej. Przyjęta w artykule definicja podkreśla tymczasowy charakter powoływanej sieci w celu zrealizowania wspólnego przedsięwzięcia przez zbiór niezależnych i geograficznie rozproszonych przedsiębiorstw zrzeszonych w ramach jednego klastra przemysłowego. Według M. Portera<sup>4</sup> klastry przemysłowe rozumiane są jako geograficzna koncentracja konkurencyjnych przedsiębiorstw w powiązanych sektorach, związanych ze sobą gospodarczo, dzielących te same umiejętności, technologię i infrastrukturę. Należąca do klastra przemysłowego grupa przedsiębiorstw, instytucji i organizacji powiązanych siecią pionowych i poziomych zależności, często o charakterze niefor-

<sup>2</sup> W. Davidow, M. Malone, *The virtual corporation*, HarperCollins Publishers, Inc., New York 1992, s. 102.

<sup>3</sup> J. Byrne, *The virtual corporation*, „Business Week”, 8.02.1993, s. 98–103.

<sup>4</sup> M.E. Porter, *Porter o konkurencji*, PWE, Warszawa 2001, s. 289.

malnym, pozwala na skupienie szczególnych zasobów celem osiągnięcia trwałej przewagi konkurencyjnej na rynku.

Przyjęcie definicji wirtualnej sieci produkcyjnej powoływanej w ramach klastra przemysłowego pozwala skoncentrować się na efektywnym wykorzystaniu zdolności produkcyjnych małych i średnich przedsiębiorstw zrzeszonych w klastrze przemysłowym, często funkcjonującym w ramach określonego regionu. Tym samym umożliwia rozwój samego klastra przemysłowego, przedsiębiorstw w nim zrzeszonych, jak i samego regionu.

Drugim równie ważnym powodem ograniczenia zakresu przedsiębiorstw branych pod uwagę w definicji jest problem braku zaufania występujący w wirtualnej sieci produkcyjnej<sup>5</sup>. Ograniczenie potencjalnego zbioru przedsiębiorstw wchodzących do sieci pozwala założyć już na wstępie pewien poziom wzajemnego zaufania wynikający z bieżących wzajemnych relacji w klastrze przemysłowym. Zaufanie według F. Fukuyamy<sup>6</sup> oznacza mechanizm oparty na założeniu, że innych członków danej społeczności cechuje uczciwość i kooperacyjne zachowanie, oparte na wspólnie wyznaczonych normach. Zaufanie należy również rozpatrywać w ujęciu oczekiwań i korzyści wynikających ze współpracy z partnerem, które będą na tyle prawdopodobne, aby podjąć ryzyko współpracy. Dlatego ważne jest uwzględnienie przejrzystych zasad kooperacji, odpowiedzialności za powierzone zadania oraz udziału w efektach (korzyściach) takiej współpracy. F. Fukuyama<sup>7</sup> podkreśla znaczenie cech kulturowych danego kraju (społeczeństwa) mających istotny wpływ na poziom zaufania. W polskich realiach zaufanie w biznesie jest bardzo ograniczone, na co wskazują wyniki badań ankietowych<sup>8</sup> przeprowadzonych w jednym z regionalnych klastrów przemysłowych. Badaniami objęte były łącznie 23 przedsiębiorstwa zrzeszone w klastrze przemysłowym

---

<sup>5</sup> S. de Wever, R. Martens, K. Vandenbempt, *The impact of trust on strategic resource acquisition through inter-organizational networks: Towards a conceptual model*, In the International Journal of Human Relations, ISBN 1523-1543, SAGE Publications 2005, Vol. 58, No. 12, s. 1523–1543.

<sup>6</sup> F. Fukuyama, *Zaufanie. Kapitał społeczny a droga do dobrobytu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997, s. 38.

<sup>7</sup> Tamże.

<sup>8</sup> Badania ankietowe przeprowadzone w ramach grantu naukowego nt. „Modelowanie wirtualnych sieci produkcyjnych małych i średnich przedsiębiorstw”, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki, przyznanego na podstawie decyzji nr 4039/B/H03/2011/40.

oraz przedsiębiorstwa z reprezentowanej przez niego branży. Wynika z nich, że przystąpienie do wirtualnej sieci produkcyjnej wiąże się z szeregiem barier (obaw), których wagę (stopień istotności) przedstawiono w skali 5-stopniowej: od zupełnie nieistotnej (0) do bardzo istotnej oceny (5). W tabeli 1 przedstawiono wyniki ankiety dla wybranej grupy barier ograniczających możliwość formowania wirtualnej sieci produkcyjnej. Najistotniejsze obawy formowania wirtualnych sieci produkcyjnych stanowią: ograniczone zaufanie, utrata danych (nieuczciwa konkurencja), brak informacji o partnerach, rozliczenia finansowe oraz utrata *know-how*.

Tabela 1.

Bariery związane z przystąpieniem do wirtualnej sieci produkcyjnej

	Bariery przystąpienia do wirtualnej sieci produkcyjnej	Udział procentowy przedsiębiorstw deklarujących poziom istotności (%)				
		zupełnie nieistotny	nieistotny	obojętny	istotny	bardzo istotny
1	Brak informacji o partnerach biznesowych	9	4	4	39	39
2	Ograniczone zaufanie	9	0	4	43	39
3	Utrata danych (nieuczciwa konkurencja)	4	0	9	39	43
4	Obawa przed udostępnieniem <i>know-how</i>	9	4	17	39	26
5	Wysokie nakłady finansowe	0	4	22	52	9
6	Nieznajomość branży	9	4	48	26	4
7	Brak odpowiedniego systemu informatycznego	9	17	22	35	9
8	Rozliczenia finansowe pomiędzy partnerami	9	9	4	39	35
9	Odpowiedzialność za produkt	13	9	0	39	26
10	Inne	0	0	0	0	0

Źródło: S. Saniuk, *Virtual production networks of small and medium enterprises in industrial clusters*, Slovak University of Technology in Bratislava, Trnava 2012, s. 50.

Formowanie wirtualnych sieci produkcyjnych nie jest łatwe i rodzi wiele obaw w przedsiębiorstwach funkcjonujących w ich ramach. Już sam proces formowania organizacji jest trudny, a szczególnie dobór partnerów. Przy wyborze partnera należy wziąć pod uwagę szereg cech wymaganych przez wirtualną sieć produkcyjną, jak na przykład możliwości technologiczne i produkcyjne, poziom jakości oferowanych usług, doświadczenie, kondycję finansową, umiejętność pracy w zespole. Każdy z tych obszarów ma zasadniczy wpływ na rezultaty wspólnej realizacji zadań. Partnerstwo w sieci ma na celu wspólne wykorzystanie kompetencji partnerów. Nieuczciwość partnera może doprowadzić do utraty *know-how*, przejścia wiedzy i umocnienia pozycji konkurencyjnego partnera wirtualnej sieci produkcyjnej. Dane ekonomiczno-finansowe mogą zostać przekazane do konkurencji za pośrednictwem podmiotu współpracującego i wykorzystane jako przewaga konkurencyjna. Według Ch. Scholza odniesienie sukcesów przez organizację wirtualną jest możliwe w sytuacji, gdy partnerzy wykazują podobne normy, a także wzory zachowań oparte na wzajemnym zaufaniu i tolerancji. Brak zaufania może skutkować poszukiwaniem wiarygodnych pośredników (brokerów) ułatwiających znalezienie wiarygodnych partnerów. Broker przejmuje wówczas na siebie obowiązek sprawdzenia potencjalnego partnera w zakresie wiarygodności, kondycji finansowej, opinii w środowisku i oferowanego poziomu jakości. Stąd potrzeba budowania klastrów opartych na wzajemnym zaufaniu wszystkich uczestników i powołanie instytucji brokera. Potwierdzają to wyniki przeprowadzonych badań ankietowych, według których ponad połowa badanych przedsiębiorstw jest skłonna współtworzyć wirtualną sieć poprzez udzielenie odpowiedzi na zapytanie ofertowe wiarygodnego brokera, przyjmującego rolę organizatora sieci (55% respondentów). Przedsiębiorstwa obawiają się powierzenia wrażliwych informacji dotyczących aktualnego stanu obciążenia, kosztów wykorzystania zasobów, posiadanych kompetencji drugiemu przedsiębiorstwu, z którym w normalnych warunkach konkurują. Udostępnienie informacji o wolnych mocach produkcyjnych wszystkim uczestnikom sieci związane jest z poważnym oporem potencjalnych partnerów. Potwierdzają to liczne przypadki braku zainteresowania ze strony przedsiębiorstw, szczególnie sektora małych i średnich przedsiębiorstw, giełdami wymiany zdolności produkcyjnych. Pewien poziom zaufania dla sieciowych form aktywności gospodarczej zapewnia powoływanie osób o określonych kompetencjach i zakresie zadań odgrywających szczególną rolę w powoływaniu i funkcjonowaniu takich sieci, jak: broker czy menadżer sieci. Są one istotnymi elementami

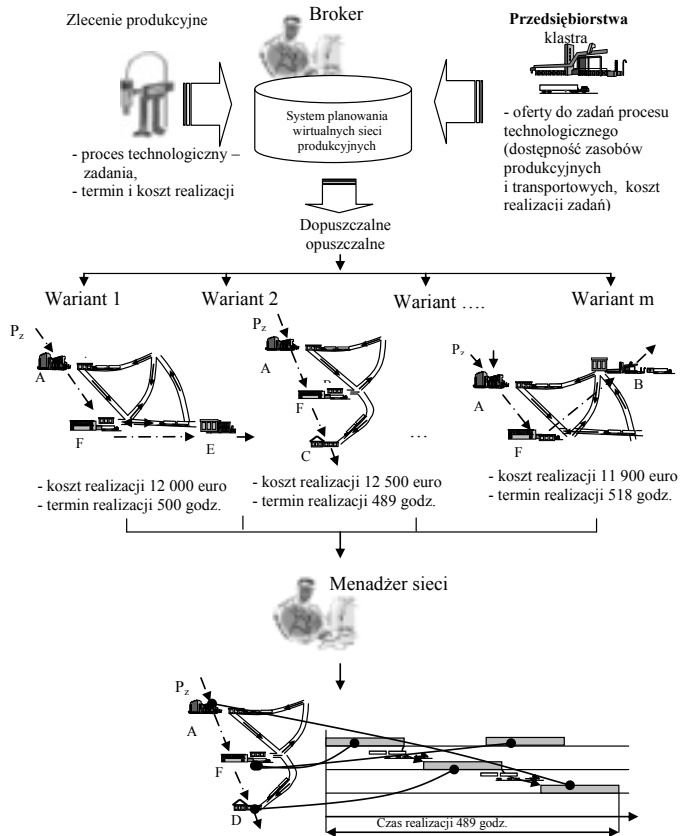
mi, szczególnie w sytuacji polskich przedsiębiorstw, charakteryzujących się ograniczonym zaufaniem do partnerów biznesowych.

Broker musi dysponować doskonałym rozeznanieniem rynku, aby w porę dostrzec nadarzające się okazje biznesowe, sprawiedliwie dbać o interesy wszystkich członków klastra. Głównym zadaniem brokera jest zatem identyfikacja okazji biznesowych i pomoc w formowaniu wirtualnych sieci produkcyjnych, złożonych z wybranych członków klastra, zdolnych do zrealizowania nowego zlecenia produkcyjnego. Broker opracowuje dopuszczalne warianty sieci charakteryzujące się zbiorami wyselekcjonowanych firm na podstawie zgłoszonych zdolności produkcyjnych. Każdy z wariantów określa przydział zadań poszczególnym uczestnikom sieci i gwarantuje realizację zlecenia zgodną z wymaganiami zleceniodawcy. Broker działa na rzecz klastra i jego działalność nie jest konkurencyjna w stosunku do członków klastra. Wprowadzenie jednostki, która nie jest konkurentem dla partnerów, lecz organizatorem inicjującym i motywującym współpracę wszystkich członków klastra, zapewnia zaufanie partnerów oraz umożliwia zachowanie poufności danych przekazywanych przez uczestników sieci.

Broker nie może pełnić funkcji decydenta, na przykład decydować o wyborze wariantu, co w konsekwencji wiąże się z odrzuceniem pozostałych potencjalnych przedsiębiorstw ubiegających się o uczestnictwo w realizacji zlecenia. Powodem jest prawdopodobieństwo powstania konfliktów na styku broker–przedsiębiorstwa, co w konsekwencji mogłoby prowadzić do rozpadu klastra. W tej sytuacji rola brokera musi zakończyć się na opracowaniu propozycji rozwiązań dopuszczalnych na podstawie dostępnych mu informacji zebranych od potencjalnych partnerów, a decyzja o wyborze ostatecznego wariantu sieci musi zostać podjęta przez zleceniodawcę lub powołanego przez klastr menadżera sieci. Na rysunku 1 przedstawiono rolę brokera i menadżera w formowaniu wirtualnej sieci produkcyjnej. Model funkcjonowania sieci wykorzystujący menadżera sieci produkcyjnej jest z powodzeniem praktykowany głównie w niemieckich i austriackich rozwiązaniach modelowych *networkingu*. Do podstawowych zadań menadżera wirtualnej sieci produkcyjnej należy:

- podjęcie decyzji o wyborze wariantu sieci (zbioru partnerów), który determinuje jednocześnie termin i koszt realizacji zlecenia,
- nadzór nad realizacją zlecenia zgodnie z przyjętym harmonogramem i kontrola realizacji,
- rozwiązanie i rozliczenie sieci po realizacji zlecenia.





A, B, C, D, E, F – przedsiębiorstwa produkcyjne należące do klastra przemysłowego,  
 $P_z$  – proces produkcyjny.

Rysunek 1. Formowanie wirtualnej sieci produkcyjnej

Źródło: opracowanie własne.

## 2. Metodyka komputerowo wspomaganego formowania wirtualnej sieci produkcyjnej

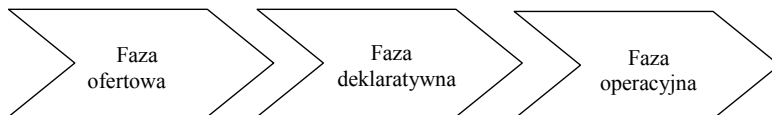
Przedsiębiorstwa należące do klastra przemysłowego dysponują technologią umożliwiającą wytworzenie zlecanego wyrobu. Zlecenie dotyczyć może wyrobów standardowych oferowanych przez przedsiębiorstwa klastra, moder-

nizowanych wyrobów na potrzeby klienta lub nowych wyrobów realizowanych na podstawie dokumentacji dostarczanej przez klienta. Każde zlecenie określa oczekiwania klienta co do wielkości planowanej produkcji, terminu realizacji oraz kosztów jego realizacji. Sposób realizacji zlecenia w systemie opisany jest procesem produkcyjnym  $P_z = \{P_1, P_2, \dots, P_i\}$ , stanowiącym zbiór procesów cząstkowych (zadań) planowanych do realizacji w poszczególnych przedsiębiorstwach produkcyjnej sieci wytwarzania. Dany jest także zbiór przedsiębiorstw dysponujących wolnymi mocami produkcyjnymi funkcjonujących w znanej strukturze komunikacyjnej oraz zbiór przedsiębiorstw transportowych o znanym potencjale przewozowym. Poszukiwana jest odpowiedź na pytanie: czy istnieje wirtualna sieć produkcyjna powoływana spośród przedsiębiorstw klastra przemysłowego zdolnych do zrealizowania nowego zlecenia produkcyjnego w wyznaczonym czasie i nie przekraczając zakładanych kosztów?

Proponowaną metodykę formowania wirtualnych sieci produkcyjnych można przedstawić jako trójfazową procedurę realizowaną przez brokera klastra przemysłowego dysponującego informacjami o zleceniu oraz zdolnościach produkcyjnych potencjalnych wykonawców planowanego zlecenia (rysunek 2). W pierwszej fazie następuje wprowadzenie oferty zlecenia do systemu planowania wirtualnych sieci produkcyjnych klastra z poziomu brokera i udostępnienie danych potencjalnym partnerom sieci. Szczegółowe dane zlecenia wprowadzane do proponowanego systemu komputerowo wspomaganego planowania sieci. Etap ten musi zostać poprzedzony przygotowaniem dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej wyrobu z dokładnym opisem procesu technologicznego wraz z wyodrębnieniem zadań oraz ich technologicznego następstwa w procesie realizacji zlecenia. Ze względu na ograniczone możliwości brokera dokumentacja do zlecenia winna zostać dostarczona przez zleceniodawcę lub opracowana wcześniej w fazie projektowej danego zlecenia. Broker, umieszczając zlecenie w systemie, określa ostateczny termin nadsyłania ofert do zadań i wysyła powiadomienie do wszystkich członków klastra.

W drugiej fazie są zbierane oferty i deklaracje od przedsiębiorstw dysponujących odpowiednim potencjałem (zasobami produkcyjnymi), w których deklarują rodzaj oferowanego zasobu, okresy jego dostępności, czas potrzebny do zrealizowania danego zadania i całkowity koszt wykonania zlecenia stanowiący sumę kosztu wykorzystania zasobu, kosztów wymaganych mate-

riałów oraz innych kosztów obciążających dane zadanie. W tej fazie zbierane są również oferty od przedsiębiorstw transportowych, gwarantujących realizację operacji transportu.



Rysunek 2. Trzy fazy formowania wirtualnych sieci produkcyjnych

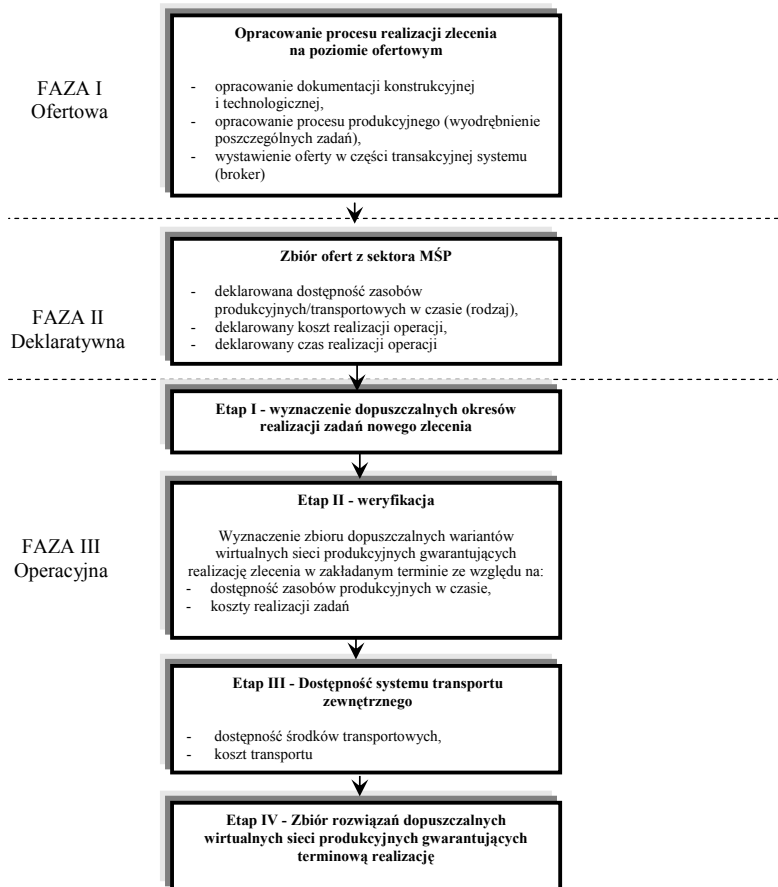
Źródło: opracowanie własne.

W ostatniej fazie następuje weryfikacja zgłoszonych do systemu oferentów i prototypowanie dopuszczalnych wariantów wirtualnych sieci produkcyjnych. Efektem końcowym tej fazy jest wyznaczenie szczegółowego harmonogramu obciążenia wszystkich partnerów tworzących sieć. Ponadto na tym etapie następuje wyznaczenie terminu rozpoczęcia i zakończenia oraz całkowitego kosztu realizacji planowanego zlecenia dla każdego z dopuszczalnych wariantów.

Ze względu na dużą złożoność kombinatoryczną rozwiązywanego problemu prototypowania wirtualnej sieci produkcyjnej proponuje się podejście oparte na sprawdzeniu warunków wystarczających, spełnienie których gwarantuje dopuszczalną realizację zlecenia. Ogólny szkic proponowanej metodyki został przedstawiony na rysunku 3.

W fazie operacyjnej łatwo wyodrębnić cztery etapy postępowania weryfikacji realizacji nowego zlecenia. Na etapie I na podstawie deklarowanych w poszczególnych ofertach przedsiębiorstw czasów realizacji zadań oraz czasów realizacji operacji transportowych następuje wyznaczenie dopuszczalnych okresów realizacji każdego z zadań planowanego zlecenia. Na tym etapie odrzucane są te przedsiębiorstwa, które nie gwarantują następstwa operacji, charakteryzują się zbyt długim terminem realizacji operacji lub w połączeniu z pozostałymi nie gwarantują jakościowo poprawnego przepływu (tzn. pozbawionego blokad i zagłódzeń) lub terminowego ukończenia zlecenia. Na kolejnym, II etapie następuje przyporządkowanie ofert do wyznaczonych czasów realizacji zadań. Liczba wariantów jest redukowana poprzez eliminację tych wariantów, w których oferty przedsiębiorstw nie

gwarantują dostępności zasobów w wyznaczonych okresach realizacji zadań bądź biorąc pod uwagę całkowite koszty realizacji zadania wskazane przez oferenta i koszty transportu, przekraczają maksymalny koszt realizacji zlecenia. Na etapie III dysponowany zbiór wariantów zostaje ograniczony do tych wariantów, które spełnią warunki związane z systemem transportu. Każdy z wariantów oceniany jest pod względem dostępnych środków transportu oraz ich pojemności, które deklarują realizację operacji transportowych.



Rysunek 3. Metodyka formowania wirtualnej sieci produkcyjnej

Źródło: opracowanie własne na podstawie: S. Saniuk, K. Witkowski, Krawczyk S., *Prototyping of manufacturing production networks in conditions of logistical constraints*, „Management” 2011, Vol. 15, No. 2, s. 316–326.

Ostatecznie w rozważanym podejściu wyodrębnione zostają warianty, które gwarantują realizację zlecenia produkcyjnego przy założonym przez zleceniodawcę maksymalnym koszcie i zakładanym czasie realizacji zlecenia. Każde z otrzymanych rozwiązań stanowi zbiór wyselekcjonowanych ofert przedsiębiorstw, które mogą utworzyć wirtualną sieć produkcyjną. Na podstawie wyznaczonych całkowitych kosztów realizacji zlecenia, terminów rozpoczęcia i zakończenia zadań przez wybrane przedsiębiorstwa można dokonać wyboru jednego z wariantów i zorganizować wirtualną sieć produkcyjną przedsiębiorstw klastra.

Na uwagę zasługuje możliwość wyznaczenia harmonogramu obciążenia zasobów produkcyjnych przedsiębiorstw wyselekcjonowanych do sieci. W takiej sytuacji przesłanką do wyboru ostatecznego wariantu może być również równomierne obciążenie przedsiębiorstw klastra, co pozwala na równomierny rozwój przedsiębiorstw skupionych wokół klastra. Ponadto znajomość harmonogramu pozwala na sprawne zorganizowanie i kontrolę procesu produkcyjnego w całej sieci.

Zgodnie z przyjętą metodyką formowania wirtualnych sieci produkcyjnych, decyzje o wyborze ostatecznego wariantu do realizacji podejmuje menadżer sieci, na podstawie wygenerowanych przez brokera proponowanych wariantów. Rola brokera zostaje zatem ograniczona do wyselekcjonowania zbioru wariantów, nadzoru nad przebiegiem zleceń produkcyjnych realizowanych w klastrze i ich koordynacji.

Praktycznym aspektem prezentowanej metodyki jest system komputerowo wspomaganego formowania wirtualnych sieci produkcyjnych<sup>9</sup> klastra stanowiący narzędzie do obsługi zleceń realizowanych w ramach klastra. Proponowane narzędzie informatyczne ma na celu podniesienie poziomu integracji przedsiębiorstw klastra poprzez możliwość zorganizowania wspólnej realizacji nowych zleceń produkcyjnych w powoływanych wirtualnych sieciach produkcyjnych. System stanowi narzędzie wspomagające proces wymiany informacji pomiędzy brokerem, udostępniającym oferty zadań (rysunek 4), a przedsiębiorstwami dysponującymi określonymi zdolnościami produkcyjnymi odpowiednimi do realizacji tych zadań (rysunek 5). Oferta składana jest na konkretne zadanie należące do zlecenia produkcyjnego. W prawej części ekranu (rysunek 6) dostępna jest informacja o zadaniach, ostatecznym terminie złożenia oferty, ostatecz-

---

<sup>9</sup> Komputerowy system opracowany w ramach grantu naukowego *Modelowanie wirtualnych sieci produkcyjnych małych i średnich przedsiębiorstw*, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki przyznanego na podstawie decyzji nr 4039/B/H03/2011/40.

nym terminie, do którego musi być wykonane dane zadanie, aby zagwarantować realizację całego zlecenia w terminie określonym przez klienta. Na podstawie informacji zgromadzonych w systemie generowany jest zbiór wariantów sieci zdolnych do terminowej realizacji zlecenia oraz generowany jest harmonogram przedstawiający obciążenie poszczególnych zasobów przedsiębiorstw w danym wariantcie dla realizacji nowego zlecenia (rysunek 7). Pozwala to ostatecznie wybrać wariant oraz zarezerwować w systemie zgłoszone do realizacji zasoby produkcyjne poszczególnych przedsiębiorstw.



Rysunek 4. Wprowadzanie danych planowanego zlecenia

Źródło: Komputerowy system opracowany w ramach grantu naukowego *Modelowanie...*



Rysunek 5. Wprowadzanie zasobów i czasu dostępności dla klastra

Źródło: Komputerowy system opracowany w ramach grantu naukowego *Modelowanie...*



Rysunek 6. Wprowadzanie oferty do zadania planowanego zlecenia produkcyjnego

Źródło: Komputerowy system opracowany w ramach grantu naukowego *Modelowanie...*



Rysunek 7. Wybór wariantu wirtualnej sieci produkcyjnej

Źródło: Komputerowy system opracowany w ramach grantu naukowego *Modelowanie...*

Dane dotyczące zasobów firm są dostępne jedynie na potrzeby brokera. Oznacza to brak dostępu do poufnych danych innych przedsiębiorstw i zwiększenie bezpieczeństwa systemu przed nieuczciwą konkurencją. Oczywiście każde z przedsiębiorstw należących do klastra przemysłowego ma dostęp do informacji dotyczących zlecenia i planowanych zadań.

## **Wnioski**

Proponowana metodyka formowania wirtualnych sieci produkcyjnych oraz jej komputerowa implementacja pozwalają na sprawne prototypowanie wirtualnych sieci produkcyjnych małych i średnich przedsiębiorstw funkcjonujących w środowisku klastra przemysłowego celem zrealizowania wspólnych zleceń produkcyjnych. Dzięki prostemu interfejsowi i możliwości udostępnienia poprzez usługę Web-service nie wymaga wysokich kosztów wdrożenia i użytkowania. System stanowi rodzaj platformy umożliwiającej udostępnianie wolnych mocy produkcyjnych (niewykorzystanych zasobów) przedsiębiorstw oraz zlecanie zadań, które znacznie przekraczają możliwości produkcyjne danego przedsiębiorstwa. Sprawne funkcjonowanie systemu pozwoli zwiększyć stopień wykorzystania zasobów produkcyjnych przedsiębiorstw klastra, a tym samym zwiększyć poziom produktywności. Możliwość sprawnego generowania wirtualnych sieci produkcyjnych wpływa znacząco na zwiększenie potencjału rozwoju tak klastra, jak i poszczególnych przedsiębiorstw zdolnych do podejmowania z rynku projektów, które ze względu na wymagany poziom zaangażowania zasobów przekraczały możliwości poszczególnych przedsiębiorstw. Zaproponowany sposób wymiany informacji w systemie z brokerem transakcyjnym pozwala uniknąć zagrożeń ze strony nieuczciwej konkurencji (na przykład wykorzystanie informacji o stanie obciążenia zasobów, jednostkowych kosztach wykorzystania zasobów przez nieuczciwego partnera itd.).

Nadzór brokera nad menadżerem sieci oraz rozliczeniem zlecenia pozwala na wzrost poziomu zaufania pomiędzy partnerami i wpływa na zintegrowanie środowiska klastra. Na uwagę zasługuje możliwość tworzenia dynamicznych sieci przedsiębiorstw, które jednocześnie mogą być zaangażowane w wiele różnych projektów realizowanych w ramach klastra, co zapewnia ciągły napływ zleceń produkcyjnych wykorzystujących nadmiar dysponowanych zdolności wytwórczych przedsiębiorstw. Uczestnictwo w wirtualnych sieciach produkcyjnych pozwala zwiększyć obciążenie systemów produkcyjnych przedsiębiorstw skupionych wokół klastra przemysłowego.



**Literatura**

- Byrne J., *The virtual corporation*, Business Week 1993.
- Davidow W., Malone M., *The virtual corporation*, Harper Business 1992.
- Franke U., *The Concept of Virtual Web Organizations and its implications on changing market conditions*, „Electronic Journal of organizational Virtualness” 2001, No. 3, [www.virtual-organization.net](http://www.virtual-organization.net).
- Fukuyama F., *Zaufanie. Kapitał społeczny a droga do dobrobytu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.
- Kramarz M., Kramarz W., *Simulation modelling of complex distribution systems*, *Procedia Social and Behavioral Management* 2011, Vol. 20.
- Porter M.E., *Porter o konkurencji*, PWE, Warszawa 2001.
- Saniuk S., *Virtual production networks of small and medium enterprises in industrial clusters*, Slovak University of Technology in Bratislava, Trnava 2012.
- Saniuk S., Witkowski K., Krawczyk S., *Prototyping of manufacturing production networks in conditions of logistical constraints*, *Management* 2011, Vol. 15, No. 2.
- Scholz Ch., *Virtuelle Organisation: Konzeption und Realisation*, *Zeitschrift Führung + Organisation* 1996, Nr. 2.
- Schwinger D., *Unternehmensnetzwerke und virtuelle Unternehmen als Wettbewerbsstrategie für kleine und mittelgroße Logistikunternehmen der neuen Bundesländer*, Doktorarbeit vorgelegt an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaft der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg 2010.
- Wever S., Martens R., Vandenbempt K., *The impact of trust on strategic resource acquisition through inter-organizational networks: Towards a conceptual model*, „In the International Journal of Human Relations”, SAGE Publications 2005, Vol. 58, No. 2.
- Witowski W., *Wprowadzenie do zagadnienia sieci i clusterów MŚP: Wzrost konkurencyjności regionu w aspekcie zjawisk polaryzacji przestrzenno-gospodarczych i wybranych zagadnień teoretyczno-metodycznych. Terza Italia – rozwój idei tworzenia grup kooperacyjnych małych i średnich przedsiębiorstw*, Warszawa, Poznań 2006.

## **SYSTEM OF PRODUCTION NETWORKS PLANNING IN INDUSTRIAL CLUSTERS**

### **Summary**

The submitted paper concerns the formation of virtual production networks of small and medium enterprises (SMEs) functioning within regional industry clusters for realize new production orders. Surveys conducted as a part of research into one of the Polish clusters underline the need for combining the potential of enterprises in order to manufacture new production orders which significantly exceed the production capacity of any single cluster enterprise. Therefore the main aim of this article is the proposal of the method of forming virtual production networks belonging to the industrial cluster and its computer implementation which can guarantee the formation a network and the realization of a new production order on time and at an acceptable cost, according to logistical constraints (production capacity, transportation, storage capacity, etc).

The proposed method and it's computer system allow the integration of cooperating enterprises, sharing of production capacity of enterprises and the possibility of production order execution. Furthermore, the proper functioning of the proposed system will improve the productivity of the production resources of cluster enterprises and will have a positive effect both on the development of small and medium enterprises belonging to the cluster and the region as a whole.

*Translated by Sebastian Saniuk*