

Sławomir KŁOS, Zbigniew BANASZAK
Uniwersytet Zielonogórski

PROTOTYPOWANIE WARIANTÓW PRODUKCJI W PRZEDSIĘBIORSTWIE WIRTUALNYM*

Streszczenie. W artykule przedstawiono formalny model przedsiębiorstwa wirtualnego oraz metodę wariantowania produkcji w przedsiębiorstwie wirtualnym, która sprowadza się do terminowo-kosztowej oceny możliwości realizacji danego zlecenia-projektu. Rozważany problem należy do trudnych problemów decyzyjnych. Załączony przykład ilustruje możliwość wykorzystania metod opartych na koncepcji ścieżki krytycznej.

THE PROTOTYPING OF VARIANTS OF PRODUCTION IN A VIRTUAL ENTERPRISE

Summary. In the paper a formal model of a virtual enterprise and a method of production variants prototyping is presented. The method is based on a cost and production period valuation of an enterprise capability to complete a production order. A CPM framework is issued to cope with considered decision problem belongs to hard decisions problems. An illustrative example is presented.

1. Wprowadzenie

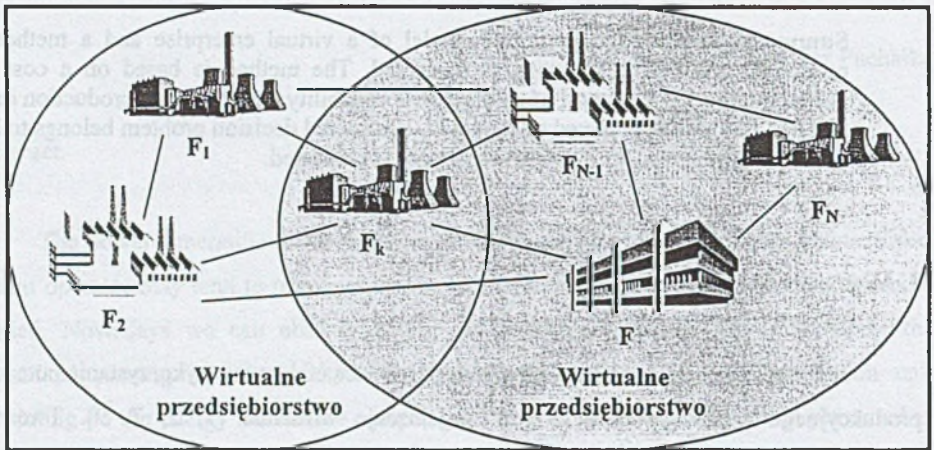
Jedną z form organizacji produkcji umożliwiającą efektywne wykorzystanie potencjału produkcyjnego przedsiębiorstw są tzw. organizacje wirtualne [1, 2, 7, 9]. Tworzenie korporacji wirtualnych podyktowane jest zwykle koniecznością przystosowania się do nieoczekiwanych zmian koniunktury na rynku, skracania cykli produkcyjnych i redukcji kosztów stałych. Wirtualność organizacji została zdefiniowana [9] jako „*zdolność organizacji do permanentnego utrzymywania i koordynowania kluczowych kompetencji w zakresie projektowania procesów biznesowych zwiększających wartość dodaną i zarządzania*”

* Praca sponsorowana przez Komitet Badań Naukowych, grant 8 T11A 02018

mechanizmami, obejmującymi zewnętrzne i wewnętrzne składowe, które umożliwiają dostarczenie zróżnicowanych wartości dających przewagę w określonym segmencie rynku.

Przyszłość takich rozwiązań jest uzależniona od dostępu do odpowiednich systemów wspomagających, tzn. systemów wspierających decydentów na etapie formowania przedsiębiorstwa wirtualnego (np. bilansowania potrzeb związanych z realizacją wspólnego zlecenia), na etapie planowania przepływu produkcji (tj. koordynacji przepływów pomiędzy firmami składowymi), a także oceny potencjalnych zleceń–projektów (np. oceny możliwości wykorzystania czasowo dostępnych mocy produkcyjnych). Oznacza to, że systemy te powinny umożliwiać ocenę realizacji przedsięwzięć w systemach geograficznie rozproszonych jednostek produkcyjnych, w sytuacji, gdy korzyści wynikające z możliwości dociążenia niewykorzystanych mocy produkcyjnych mogą być niższe od kosztów obsługi logistycznej (transportu i składowania), powinny zatem umożliwiać techniczną ocenę wariantów globalizacji wytwarzania.

Rozważmy zbiór N przedsiębiorstw $\Psi = (F_1, F_2, \dots, F_N)$, powiązanych ze sobą i tworzących sieć powiązań biznesowych [2, 7]. W ramach sieci powiązań biznesowych może funkcjonować wiele przedsiębiorstw wirtualnych V_j (rys. 1).



Rys. 1. N -firm włączonych do sieci powiązań biznesowych Ψ

Fig. 1. Business network Ψ of N -firms

Główną cechą związków zachodzących w sieci powiązań biznesowych jest wymiana informacji o zasobach, których cena i dostępność zmieniają się w czasie. Sieć powiązań biznesowych ma charakter dynamiczny i zmienia się wraz z przyłączaniem nowych firm,

potencjalnych składowych wirtualnych przedsiębiorstw. Praktyczna realizacja sieci powiązań biznesowych opiera się na interfejsach łączących systemy ERP poszczególnych firm w sposób umożliwiający dostęp do informacji, np. o poziomie wykorzystania ich zasobów. Celem prowadzonych badań jest opracowanie systemu wspomagania decyzji dotyczących budowy przedsiębiorstw wirtualnych zorientowanych na realizację zlecenia-projektu.

Główny problem rozważany w tym artykule można sformułować następująco:

Dana jest sieć powiązań biznesowych Ψ obejmująca N firm, które udostępniają swoje zasoby oraz zlecenie-projekt przeznaczone do realizacji. Jakie warunki muszą spełniać firmy wchodzące w skład przedsiębiorstwa wirtualnego, aby zagwarantować terminową realizację zlecenia-projektu przy zadanych kosztach?

Poszukiwane są zatem warunki, których spełnienie zapewni, że zasoby udostępnione przez zbiór firm wchodzących w skład przedsiębiorstwa wirtualnego wystarczą na to, aby realizacja zlecenia znalazła się w obszarze rozwiązań dopuszczalnych. Badanie tych warunków pozwala rozstrzygnąć problem decyzyjny: czy zlecenie O_i można zrealizować w czasie nie dłuższym niż T i po kosztach nie większych niż K w przedsiębiorstwie wirtualnym obejmującym N firm i M , zasobów których dostępność i cena zmienia się w czasie?

2. Model przedsiębiorstwa wirtualnego

Rozważmy przykład koncernu samochodowego ogłaszającego przetarg na wykonanie specjalizowanego urządzenia do obróbki cieplnej metali, które wejdzie w skład zautomatyzowanej linii produkcyjnej do wytwarzania silników nowej generacji.

Aby dokonać oceny opłacalności realizacji powyższego zlecenia pod względem czasowo-kosztowym oraz wybrać firmy, które wejdą w skład przedsiębiorstwa wirtualnego, należy zbudować model formalny umożliwiający ilościowy opis wirtualnej korporacji i zlecenia przeznaczonego do wykonania. Na potrzeby opisu przedsiębiorstwa wirtualnego i zlecenia-projektu zdefiniowano następujące składowe modelu [5, 6]:

- Macierzą ograniczeń kolejnościowych M_{G_j} nazywamy macierz o wymiarach $G_j \times G_j$ (gdzie G_j jest liczbą wierzchołków grafu ograniczeń kolejnościowych, opisującego kolejność wykonywania operacji realizujących zlecenie O_j), której elementy przyjmują wartości:

$$g_k = \begin{cases} i - \text{numer operacji} \\ 0 - \text{brak operacji} \end{cases} \quad (1)$$

przy czym $k, l \in \{1, 2, \dots, G_j\}$

- Klasą zasobów produkcyjnych nazywany jest zbiór zasobów produkcyjnych C_p $p \in \{1, 2, \dots, L\}$, które mogą być stosowane zamiennie w trakcie realizacji pewnego zlecenia-projektu.
- Macierzą klas zasobów produkcyjnych M_Ψ sieci Ψ nazywamy macierz o wymiarach $N \times L$ (gdzie N jest liczbą firm należących do sieci powiązań biznesowych Ψ , zaś L liczbą klas zasobów produkcyjnych), której elementy r_{ij} określają liczbę zasobów klasy C_j w przedsiębiorstwie F_i .
- Zasobem produkcyjnym $R_{ij}(C_p)$ nazywamy maszyny i urządzenia wraz z obsługą, konstruktorów, technologów i inne służby w firmach konieczne do realizacji pewnego zlecenia-projektu, gdzie $i \in \{1, 2, \dots, N\}$, a N - liczba firm włączonych do sieci powiązań biznesowych, zaś $j \in \{1, 2, \dots, r_{ip}\}$, gdzie r_{ip} - liczba zasobów klasy C_p dostępnych w firmie F_i (odpowiedni element macierzy M_Ψ).

W celu określenia, ile zasobów należących do danej klasy jest dostępnych w przedsiębiorstwie, stworzono macierz klas zasobów produkcyjnych M_Ψ . Model ten można rozszerzyć na zasoby obejmujące np. kapitał, powierzchnię produkcyjną, powierzchnię magazynową itd. Zasoby produkcyjne, które mogą być stosowane zamiennie (np. takie, które spełniają podobne funkcje technologiczne), należą do tzw. klas zasobów produkcyjnych C_p . Dane dotyczące obciążenia i kosztów wykorzystania zasobów pochodzą z systemu planowania zdolności produkcyjnych lub gospodarki materiałowej w zależności od typu zasobów. W celu oceny opłacalności realizacji zlecenia pod względem terminu realizacji i kosztów niezbędne jest udostępnienie kosztów wykorzystania zasobów w sieci powiązań biznesowych w postaci dyskretnej funkcji kosztów wykorzystania zasobów.

- Dyskretną funkcją kosztów wykorzystania zasobów produkcyjnych nazywamy funkcję postaci $F(R_{ij}(C_p), t)$, gdzie t określa dyskretną chwilę czasu, a $R_{ij}(C_p)$ określa zasoby produkcyjne firmy F_i . Dyskretna funkcja kosztów wykorzystania zasobów firmy F_i może przyjmować następujące wartości:

$$F_i(R_{ij}(C_p), t) = \begin{cases} k - \text{koszt wykorzystania jednostki zasobu w chwili } t \\ 0 - \text{zasób jest niedostępny w chwili } t \end{cases} \quad (2)$$

Dyskretne funkcje kosztów wykorzystania zasobów umożliwiają oszacowanie podstawowych kosztów (materiałowych i robocizny). Aby oszacować koszty realizacji zlecenia, należy określić, jakie zasoby i materiały i w jakim czasie będą konieczne do jego wykonania. W celu przygotowania oferty należy odpowiedzieć na pytania, w jakim terminie i za jaką ceną jesteśmy w stanie zrealizować dane zlecenie-projekt. Klient najczęściej narzuca warunki związane z terminem realizacji przedsięwzięcia. Parametry zlecenia-projektu są częściowo determinowane przez klienta (czas realizacji zlecenia, wielkość serii produkcyjnej, parametry techniczne), częściowo zaś przez technologię i konfigurację przedsiębiorstwa wirtualnego, w ramach którego zlecenie będzie realizowane. Liczba potencjalnych konfiguracji przedsiębiorstw wirtualnych determinuje ilość wariantów realizacji zlecenia.

Kluczowymi parametrami opisującymi wyroby realizowane w ramach zleceń jest kolejność operacji prowadzących do realizacji zlecenia i materiały zużyte podczas ich realizacji. W celu algebraicznego opisu struktury przedsięwzięć i potrzebnych materiałów zastosowano macierze ograniczeń kolejnościowych, obciążeń zasobów produkcyjnych i wykorzystania materiałów.

- Macierzą obciążeń zasobów produkcyjnych M_{Cj} nazywamy macierz o wymiarach $L \times H_j$ (gdzie L jest liczbą klas zasobów produkcyjnych, zaś H_j jest liczbą operacji na zasobach produkcyjnych konieczną do wykonania zlecenia O_j), której elementy c_{ik} ($i \in \{1, 2, \dots, L\}$; $k \in \{1, 2, \dots, H_j\}$) przyjmują wartości:

$$c_{ik} = \begin{cases} c - \text{czas obciążenia zasobu klasy } C_i \text{ podczas wyk. } k - \text{tej operacji} \\ 0 - \text{operacja nie występuje lub zasób nie używany} \end{cases} \quad (3)$$

Do opisu zlecenia-projektu dedykowanego do realizacji w przedsiębiorstwie wirtualnym zastosowano pięć parametrów opisanych w definicji.

- Zleceniem O_j nazywamy piątkę $O_j = [T_{Ej}, K_j, H_j, M_{Gj}, M_{Cj}]$, gdzie:

T_{Ej} - okres realizacji zlecenia-projektu O_j ,

K_j - całkowity koszt realizacji zlecenia O_j ,

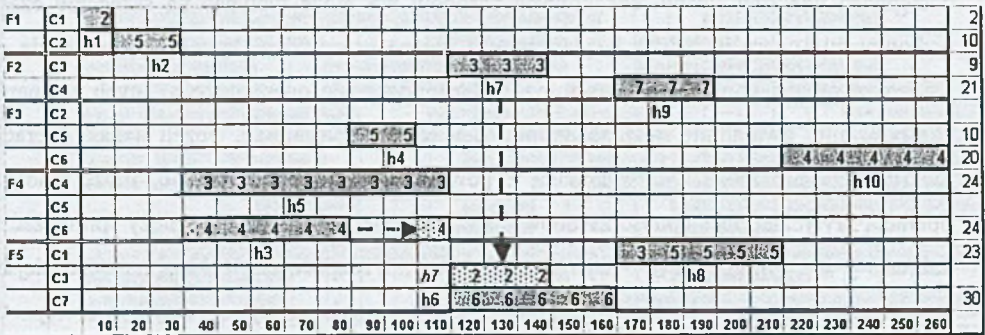
H_j - liczba operacji na zasobach produkcyjnych konieczna do wykonania zlecenia O_j ,

M_{Gj} - macierz ograniczeń kolejnościowych,

M_{Cj} - macierz obciążeń zasobów produkcyjnych,

Opierając się na przedstawionym modelu formalnym opisującym parametry przedsiębiorstwa wirtualnego i zlecenie-projekt należy sformułować warunki, których spełnienie zagwarantuje realizację zlecenia w zadanym terminie i po określonych kosztach.

Jeżeli warunek (4) i (5) spełniony jest dla wszystkich operacji przy uwzględnieniu różnych zakresów dla operacji krytycznych i niekrytycznych, to zlecenie O_j można wykonać w terminie $T_j = T_{niz}$ (gdzie T_{niz} jest terminem zakończenia zlecenia wynikającego z metody ścieżki krytycznej dla nieograniczonej liczby zasobów) po kosztach K_j . Po sprawdzeniu powyższych warunków dla różnych przedziałów rozpoczęcia i zakończenia operacji niekrytycznych i dynamicznie zmieniających się wartości kosztów wykorzystania zasobów (zmiany poziome – w osi czasu), możliwe jest szybkie wariantowanie produkcji ze względu na koszty realizacji zlecenia-projektu. Zmiany dotyczące zasobów, na których mogą być wykonywane, pozwalają na wariantowanie terminów rozpoczęcia lub zakończenia realizacji, zlecenia (zmiany ścieżki krytycznej), kosztów jego realizacji jak również konfiguracji firm biorących udział w realizacji zlecenia-projektu w ramach przedsiębiorstwa wirtualnego. Wariantowanie poziome i pionowe zostało przedstawione na rys. 4.



Rys. 4. Pionowe i poziome wariantowanie produkcji

Fig. 4. Vertical and horizontal variants of production

4. Podsumowanie

W artykule przedstawiono koncepcję wariantowania zleceń-projektów w przedsiębiorstwie wirtualnym. Opracowano model algebraiczny opisujący przedsiębiorstwo wirtualne, a także realizowane zlecenie oraz zaproponowano warunki gwarantujące realizację zlecenia pod względem terminowo-kosztowym. Metoda wymaga wygenerowania mapy dostępności zasobów oraz wyznaczenia harmonogramu realizacji zlecenia w oparciu o metodę ścieżki krytycznej. Zaproponowane warunki oceny możliwości realizacji zlecenia-projektu w przedsiębiorstwie wirtualnym uwzględniają dynamiczne zmiany kosztów

wykorzystania zasobów w czasie. Przedmiotem dalszych badań jest uwzględnienie czasów i kosztów logistycznej obsługi zlecenia-projektu w przedsiębiorstwie wirtualnym oraz kosztów i terminów dostaw materiałów.

LITERATURA

1. Byrne J. A.: The Virtual Corporation, Business Week Feb. 8, 1993, s. 35-40.
2. Franke U. J.: The concept of Virtual Web Organizations and its implications on changing Market Conditions, Electronic Journal of Organisational Virtualness, Vol 3, No. 4, 2001, s. 43-63.
3. Jansen W., Steenbakkers G. C. A., & Jagers H.: Coordination and use of ICT in Virtual Organizations, Prima Vera working paper Series, Universiteit Amsterdam, May 1998.
4. Kluber R. A.: Framework for Virtual Organizing, Proceeding of the Virtual OrganisationNet-Workshop, April 27-28, s.93-106.
5. Kłos S., Banaszak Z.: Ein logistikmodell eines virtuellen unternehmen, Computer integrated manufacturing. Vol. 1: Proceedings of the International Conference CIM 2001, Wydaw. Naukowo-Techniczne, Warszawa 2001, s. 26-35.
6. Kłos S.: Obsługa zleceń w przedsiębiorstwie wirtualnym, Komputerowo zintegrowane zarządzanie. T. 1: IV Konferencja, Wydaw. Naukowo-Techniczne, Warszawa 2001, s. 343-348.
7. Sieber P.: Organisational Virtualness-The Case of Small IT Companies, Proceeding of the Virtual OrganisationNet-Workshop, April 27-28, s.107-122.
8. Venkatraman N., Handerson C.: The architecture of virtual organizing: leveraging three independent vectors. Discussion Paper, System Research Center, Boston University, School of Management, 1996.

Recenzent: Dr hab. inż. Mirosław Zaborowski, Prof. Pol. Śl.

Abstract

The concept of a Virtual Corporation enables to utilize effectively capabilities offered by the component firms. In this context a virtualness is treated as *the ability of the organization to consistently obtain and coordinate critical competencies through its design of value-adding business processes and governance mechanisms involving external and internal constituencies to deliver differential, superior value in the market place* [9]. Therefore, the workflows planning play a pivotal role in such a kind of organization. So, a main problem the

decision maker has to face with is how to exam whether a given production order can be completed due a date and not exceeding the assumed production cost constraints. The formal model of a consumer-producer system is discussed. The Critical Path Method based framework is applied as to approach to the above mentioned decision problem. On a base of a map of resources-cost accessibility and a project-order schedule the conditions sufficient for balancing of a system capability with the requirements imposed by the production order completion are derived. An illustrative example of they implementation is presented.