

## WSPOMAGANIE PODEJMOWANIA DECYZJI W DYNAMICZNYCH SIECIACH WYTWARZANIA

### Słowa kluczowe:

wirtualna organizacja, wirtualna sieć wytwarzania, teoria gier, planowanie procesów produkcyjnych, strategię

### 1. Wstęp

W dzisiejszych czasach postęp nowych technologii sprawia, że producenci muszą być na tyle elastyczni, aby nadążyć za zmianami na rynku. Coraz krótsze czasy cykli produkcyjnych powodują, że producenci poszukują skuteczniejszych metod planowania procesów produkcyjnych. Wysokie wymagania rynku, np. terminowość wykonania, zleceń sprawiają, że przedsiębiorstwa z sektora małych i średnich przedsiębiorstw nie są w stanie poradzić sobie z nimi same. Szansą dla nich może być wykorzystanie koncepcji wirtualnej sieci wytwarzania, w której uczestnicy dzielą się swoimi wolnymi mocami produkcyjnymi w celu zaspokojenia potrzeb płynących z rynku. Przydział mocy produkcyjnych wymaga odpowiedniego planowania, zarówno pod kątem przydziału zasobów do odpowiednich uczestników, kolejności przepływu produkcji, jak i sposobu transportu. Powiązanie wszystkich elementów dotyczących produkcji, tym bardziej producentów należących do sieci, rozproszonych geograficznie wymaga coraz to lepszych narzędzi, które wspomagałyby podejmowanie decyzji przez decydentów. Jedną z możliwości może być wykorzystanie formalizmów zaczerpniętych z teorii gier do podejmowania decyzji związanych z wyborem marszrut z marszrut alternatywnych przy zadanych kryteriach.

### 2. Wirtualna sieć wytwarzania

Poszukując możliwości utrzymania się na rynku przedsiębiorstw z sektora Małe i Średnie Przedsiębiorstwa (MŚP), coraz częściej zwraca się uwagę na możliwości wykorzystania wirtualnej sieci wytwarzania. Takową sieć tworzą pojedyncze przedsiębiorstwa, które posiadają wolne moce produkcyjne, umiejętności oraz odpowiednie przygotowanie do wykonania zlecenia pojawiającego się na rynku w danej chwili. Są to organizacje rozproszone geograficznie, zrzeszające się w jednym celu, jakim jest wykonanie zlecenia i tylko na ten określony czas. Stąd pojawiające się również w literaturze pojęcie dynamicznych sieci wytwarzania, gdzie wraz z zakończeniem zlecenia, sieć jest rozwiązywana, a w chwili pojawienia się nowego następuje nowy „przydział” przedsiębiorstw. Utworzona sieć nie jest stała, a zmienia się dynamicznie w zależności od potrzeb. Organizacje będące w sieci muszą spełnić wiele wymagań, nie tylko związanych z produkcją, ale również pod kątem struktury, budowania zaufania swojej marki jako pojedynczego przedsiębiorstwa, ale również jako całości, szkieletu jednego tymczasowego przedsiębiorstwa. Kolejnym ważnym aspektem

jest porozumiewanie się. W chwili przystąpienia do sieci, przedsiębiorstwa powinny dysponować technikami informacyjnymi na odpowiednim poziomie, a także być wsparte odpowiednimi narzędziami, np. MRP, ERP, tak aby każdy z uczestników miał dostęp do potrzebnych informacji [9, 10]. W literaturze akcentowanych jest wiele aspektów związanych z wirtualnymi organizacjami. W [2] autorzy opisują koncept wykorzystania w dzisiejszych czasach wirtualnych organizacji. Należy pamiętać, że funkcjonują one na rynku w konkretnym celu, jakim jest zaspokojenie potrzeb klientów, poprzez pojawiające się szanse – potrzeby rynku. Autorzy przedstawiają zalety wykorzystania wirtualnych organizacji poprzez szansę współpracy z innymi, pokonując bariery geograficzne, jak i organizacyjne. Umożliwiają zwinność przy produkcji oraz elastyczność przy funkcjonowaniu na rynku, a z drugiej strony zwracają uwagę, że istnieją także wady, takie jak np. konieczność kontrolowania pracy przez pracowników oraz współpraca zbudowana przede wszystkim na zaufaniu, będące barierą nie do pokonania dla kooperantów. Z kolei w [1] wirtualna organizacja rozumiana jest jako współpraca mniejszych, pojedynczych organizacji, łączonych w celu wyprodukowania dobra, związanego z zapotrzebowaniem rynkowym, w których to porozumiewanie się następuje za pomocą odpowiednich technologii komunikacyjnych, np. telekonferencje, wspólna baza informacyjna, e-maile czy telefony będące dostępne i kompatybilne dla wszystkich uczestników. Ścisłej mówiąc – funkcjonują jako jedno „ciało”, na potrzeby zamówienia. Ciekawe podejście do zagadnienia zaprezentował W. Knoke [2], porównując strukturę takiej organizacji do ameby, u której widoczna pod mikroskopem struktura jąderka zmienia się w zależności od jego aktywności. Tak samo jest z wirtualnymi organizacjami, które zmieniają swoją strukturę, układ producentów w zależności od otrzymanego zlecenia.

Kolejne opracowanie [3] skupia się nie tyle na koncepcji wirtualnych organizacji, ale na tendencjach i wymaganiach stawianych wirtualnym przedsiębiorstwom. Organizacje muszą pokonać wiele technicznych oraz socjalnych barier, aby mogły efektywnie wykorzystywać swoje zasoby oraz umiejętności w systemach wytwarzania.

Istotnym punktem tematyki związanej z wirtualnymi organizacjami jest problem odpowiedniego przydziału zadań, dla których poszukuje się efektywniejszych rozwiązań, pozwalających na wykorzystanie ich potencjału przy planowaniu przepływu produkcji. Przydział producentów do wirtualnych sieci, wymaga ogromnego zaangażowania wszystkich uczestników. Ich wspólnymi interesami są: łączenie wolnych zasobów, alokacja materiałów u odpowiedniego kooperanta oraz planowanie produkcji w zależności od dysponowanych wolnych mocy produkcyjnych poszczególnych uczestników. Przyświecają im założenia, które

mają na celu wykorzystanie szans pojawiających się na rynku i zaspokojenie potrzeb klientów w wyznaczonym terminie. Problem poruszany w artykule dotyczy nie tylko koncepcji wirtualnej organizacji i tworzenia wirtualnej sieci wytwarzania, ale również poszukiwania efektywniejszych metod związanych z planowaniem przepływu produkcji. Dysponując informacjami, co do modelu kooperacji, skupiono się na możliwościach planowania przepływu produkcji, wyboru marszrut z marszrut alternatywnych, rozpatrywanych jako zbiory strategii dostępnych w zbiorach możliwych decyzji uczestników sieci. Ponadto, w związku z tym, że są to organizacje rozproszone geograficznie, rozpatruje się problem planowania transportu między producentami, nierozdzielnie związany z zagadnieniem wirtualnej sieci wytwarzania. Jako podstawy do analizy problemu wykorzystano formalizm zaczerpnięty z teorii gier, za pomocą którego zostaną zapisani gracze oraz możliwe ich strategie (warianty) decyzyjne do rozwiązania problemu decyzyjnego planowania przepływu produkcji w sieciach.

### 3. Teoria gier

Teorię gier można rozpatrywać jako model matematyczny wszystkich możliwych ruchów graczy, wspomagających podejmowanie decyzji w sytuacji, w której uczestnicy gry rozstrzygają problem, rozpisując decyzje swoje i przeciwnika za pomocą zbioru możliwych strategii, analizując zachowanie w sytuacjach konfliktu bądź kooperacji, przy czym reprezentantem gry nie musi być tylko człowiek, ale też np. maszyna bądź przedsiębiorstwo.

Powszechnie za datę narodzin teorii gier uznaje się rok 1944, kiedy to ukazała się monografia Johna von Neumana oraz Oskara Morgensterna pt. *Theory of Games and Economics Behavior (Teoria gier i postępowanie ekonomiczne)*. Teoria gier ma zastosowanie nie tylko w ekonomii, ale i w wojskowości, socjologii, informatyce, biologii, a w szczególności w matematyce. Dział ten zajmuje się opisem różnych możliwych zdarzeń, w których są podejmowane racjonalne i świadome decyzje uczestników gry, pozwalające rozstrzygnąć problematyczne sytuacje [15].

Ogólnie gry można podzielić według kilku kategorii, m.in.:

1. Ze względu na liczbę graczy:

- gry dwuosobowe,
- gry wieloosobowe.

Omawianą koncepcję planowania przepływu produkcji między producentami w wirtualnej sieci wytwarzania i wyboru marszrut z marszrut alternatywnych, przedstawiono jako grę, w której uczestnicy dysponują strategiami (możliwymi ruchami) podczas podejmowania decyzji związanych z odpowiednim przydziałem zasobów dzielonych oraz wolnych zasobów produkcyjnych w różnych konfiguracjach. Uczestnikami gry będzie dwóch graczy. Będą to dwie funkcje celu: F1 – minimalizacja kosztów wytwarzania oraz F2 – minimalizacja kosztów transportowych, które odgrywają znaczącą rolę w kosztach, spowodowanych rozproszeniem geograficznym producentów.

2. Ze względu na posiadaną wiedzę:

- gry z kompletną informacją.

Są to gry, w których gracze mają pełną informację o możliwych wynikach gry (znają funkcje wypłat: swoją i innych

graczy) i o zbiorach możliwych strategii graczy. W przypadku gier ekstensywnych, gracze w każdej chwili mają również pełną informację o poprzednich decyzjach innych graczy i o ewentualnych ich posunięciach losowych.

- gry z niekompletną informacją.

W omawianym modelu gry rolę uczestników przypisano obiektom związanym z kosztami wytwarzania oraz transportu. Uczestnicy w zależności od modelu produkcyjnego i konfiguracji różnych możliwości marszrut przedstawianych jako strategii, podejmują decyzje na podstawie dysponowanych informacji. Znają oni możliwe konfiguracje marszrut oraz ich kosztów, wiedzą kto jest uczestnikiem gry, mają wiedzę na temat możliwości wyboru strategii drugiego gracza. Obydwaj podejmują swoje decyzje, znając wartości wypłat zależnych od strategii i tylko znając informację na temat wszystkich kosztów mogą podjąć racjonalne decyzje, które byłyby zadowalającym rozwiązaniem gry przy znanych kryteriach ograniczających.

3. Ze względu na możliwość tworzenia koalicji:

- gry kooperacyjne (koalicyjne) – w przypadku, gdy akcje są przypisywane grupom (koalicjom) graczy,
- gry nie-kooperacyjne – gdy akcje są przypisywane pojedynczym graczom.

W opisanej rozgrywce gracze nie tworzą grupy, tylko są pojedynczymi uczestnikami poszukującymi rozwiązania minimalizacji kosztów wytwarzania oraz transportu, aby racjonalnie podjąć decyzję na podstawie znanych dostępnych zbiorów strategii wszystkich uczestników gry.

Rozpatrując problem wyboru marszrut z marszrut alternatywnych, wykorzystując formalizm zaczerpnięty z teorii gier i porównując go z innymi dostępnymi narzędziami decyzyjnymi można stwierdzić, że wyróżnia się on podejściem do analizowanego problemu. W teorii gier brane są pod uwagę nie tylko możliwości i decyzje wszystkich uczestników gry, ale również [6, 11]:

- uwzględnia się oczekiwane zachowanie innych,
- uczestnicy korzystają ze swojej wiedzy (informacji),
- uczestnicy definiują cel do osiągnięcia (postępują racjonalnie).

Dzięki możliwości określenia celów nie tylko jednej strony, ale wszystkich graczy i ich możliwych ruchów, które mogą wykonać, teoria gier może stanowić alternatywę do analizy metod podejmowania decyzji w pojawiającym się problemie wyboru marszrut z marszrut alternatywnych. Opis staje się tym bardziej przejrzysty i klarowny, gdyż całą rozgrywkę można zapisać za pomocą kilku składowych [13, 15]:

- uczestników gry (minimum dwóch),
- możliwych ruchów każdego z uczestników,
- dysponowanych informacji (zależnych od rodzaju gry),
- wyników gry (zależnych od strategii),
- wypłat (zależnych od wyników gry).

W literaturze tematyki związanej z teorią gier w obszarze planowania produkcji podejmowali się liczni badacze. W [14] autorzy poruszają problem harmonogramowania w systemie zautomatyzowanym i do podejmowania decyzji wykorzystują formalizmy zaczerpnięte z teorii gier. W pojawiającym się problemie decyzyjnym rolę graczy również pełnią funkcje celu, ale gra nie jest już dwuosobowa, gdyż występują trzy funkcje celu: minimalizacja długości czasu

procesów, minimalizacja kosztów powstająca podczas produkcji, a także minimalizacja czasów rozpoczęcia produkcji. Wykorzystanie zapisu formalizmów z teorii gier ma na celu znalezienie rozwiązania, które dałoby równowagę między dostępnymi strategiami przy istniejących ograniczeniach. W artykule zaproponowano wykorzystanie równowagi Nasha.

Kolejna praca [5] wykorzystuje możliwość implementacji algorytmów zaczerpniętych z teorii gier do planowania i harmonogramowania w czasie rzeczywistym z tym, że podano różne priorytety wykonania oraz odpowiednie zużycie zasobów.

W [8] skupiono się również na planowaniu oraz harmonogramowaniu produkcji, z tym że wykorzystano algorytmy genetyczne do rozwiązania wyżej wymienionych klas problemów. Autorzy wykorzystali zapis z teorii gier do próby zapisania funkcji graczy w modelu ze współbieżnymi procesami produkcyjnymi. Również tutaj występuje trzech graczy i ich rolę pełnią funkcje celu. Do podjęcia decyzji na podstawie zebranych informacji posłużono się modelem Stackelberga oraz równowagą Nasha.

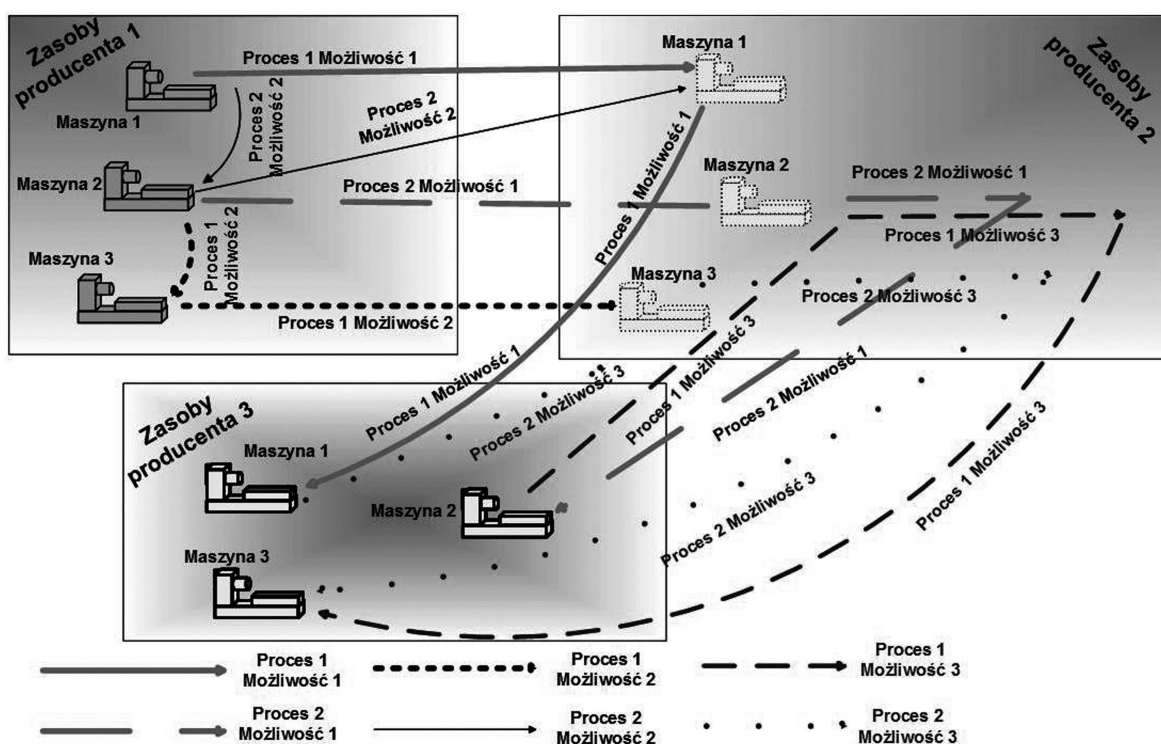
W [7] autor rozpatruje podejmowanie decyzji, nie przez pryzmat funkcji celów jako graczy, ale przez przedsiębiorstwa telekomunikacyjne jako grę, w której każdy dąży do zrealizowania określonych celów. W grze bierze udział dwóch graczy i każdy z nich zna macierze wypłat przeciwnika. Autor przedstawia sekwencje możliwych ruchów graczy na rynku telekomunikacyjnym przedsiębiorstw, w którym to analizuje dwa podejścia do problemu. Pierwsze to gracz A, który zna kierunek optymalizacji kryterium gracza B oraz drugie podejście, w którym gracz A nie zna tego kierunku.

Prace te są w pewien sposób powiązane, ponieważ dotyczą tematyki formalizmów zaczerpniętych z teorii gier, ale różnią się np. ilością graczy, reprezentantami graczy bądź sposobem poszukiwania najlepszego rozwiązania.

Proponowane w tym artykule podejście dotyczy wyboru marszruty z marszrut alternatywnych w wirtualnych sieciach wytwórczych, w których w zależności od zlecenia zmieniają się uczestnicy sieci, jak i ich liczba, generując różne kombinacje marszrut alternatywnych do rozpatrzenia i sposobu wyboru odpowiedniej. Na podstawie możliwych scenariuszy rozpisano możliwe strategie uczestników gry, reprezentowanych przez funkcje celu i dążące do minimalizacji poniesionych kosztów podczas całego procesu produkcyjnego.

#### 4. Scenariusze gry

Teoria gier bada, jakie ruchy może wykonać uczestnik i jak powinien wybierać. Oprócz dążenia do najlepszego wyniku dla siebie, uczestnik gry powinien zwrócić uwagę no to, jakie decyzje podejmuje inny uczestnik gry, ponieważ każde zachowanie przeciwnika może wpłynąć na wynik końcowy rozgrywki. Jednym z problemów występujących w teorii gier jest racjonalizm zachowania uczestników. Rozgrywając grę, jako racjonalni gracze, uczestnicy dążą do maksymalizacji swoich wypłat. Oprócz tego racjonalni gracze przestrzegają zasad gry i wynikających z niej ograniczeń, ale również w chwili podejmowania decyzji uwzględniają prawdopodobne decyzje pozostałych uczestników [6, 7, 13]. Rozpatrzmy sytuację, w której istnieje system produkcyjny, w którym wykonywane są dwa procesy produkcyjne, wykorzystujące wolne zasoby produkcyjne trzech kooperantów współpracujących w związanej wirtualnej sieci wytwarzania. Ogólny schemat możliwych przepływów procesów pokazano na rysunku 1. Zapisując sytuację decyzyjną za pomocą formalizmów zaczerpniętych z teorii gier, należy określić uczestników gry. Założono, że uczestnikami gry będą dwie funkcje celu: F1 – minimalizacja kosztów wy-



Rys. 1. Model przepływu produkcji

twarzania oraz F2 – minimalizacja kosztów transportowych. Każdy z uczestników ma zbiór określonych strategii, z pośród których wybiera tę najlepszą dla siebie.

W omawianym przykładzie zakładamy, że gracze biorą udział w racjonalnej rozgrywce, w której uczestnik ma pewną pulę strategii do dyspozycji, a wynik odpowiada kombinacji wybranej strategii. Wyплаты przypisane są odpowiednim wynikom. Jako że w przykładzie role uczestników odgrywają funkcje celu – minimalny koszt wytwarzania oraz minimalny koszt transportu – muszą być znane wszystkie wartości oraz strategie dla wszystkich uczestników. Stąd zakłada się, że gra będzie 2-osobowa, nie-kooperacyjna o sumie niezerowej z pełną informacją. Jest ona nie-kooperacyjna ze względu na to, że wszyscy gracze swoimi decyzjami wpływają na przebieg gry i kształtują jej wynik. Każdy z graczy dąży do innego wyniku gry.

Niezerowa gra wymaga opisu wypłat dla obu graczy, a wartości ich wypłat nie sumują się do zera [13]. Rozpatrzmy możliwe scenariusze gry.

**Pierwszy scenariusz**

Pierwszy scenariusz gry będzie przeanalizowany z punktu widzenia gracza 1. Gracz ten dysponuje trzema strategiami –  $a_1$ ,  $a_2$  oraz  $a_3$ , które są wariantami (W 1, 2, 3) dla wykonania obu procesów.

Symbol  $x$  oznacza wykonanie części produkcji u konkretnego producenta w zależności od przyjętej konfiguracji, która jest strategią dla gracza. Koszt wytworzenia np. dla strategii  $a_1$  jest sumą kosztów poniesionych dla wariantów 1 w procesie  $P_1$  oraz  $P_2$ .

W rozpatrywanym scenariuszu założono, że pierwszy ruch wykonywać będzie gracz 1, a dopiero później gracz 2. Problemem w tej sytuacji jest konflikt decyzyjny, ponieważ gracz 1 wykonując ruch nie zostawia pola manewru graczowi drugiemu, gdyż wartości przy wybraniu strategii są nierozzerwalne i analizując możliwe strategie gracza 1, gracz 2 musi przyjąć tę samą strategię, nawet jeżeli nie jest to

najlepsza strategia z jego punktu widzenia albo porozumieć się z przeciwnikiem i wybrać taką strategię, która w części zadowalałaby obu.

**Drugi scenariusz**

W drugim scenariuszu graczem wykonującym pierwszy ruch, będzie gracz 2 analizujący koszty transportowe, dysponujący również trzema strategiami –  $b_1$ ,  $b_2$  oraz  $b_3$  (warianty W 1, 2, 3). Wartość wyników strategii uwarunkowana jest kombinacją przepływów produkcji między uczestnikami sieci wytwarzania.

W momencie, kiedy produkcja wykonywana jest u tego samego producenta, wartość kosztów transportu jest zerowa. Analogicznie do scenariusza pierwszego, gdy gracz 2 wybiera najlepszą strategię dla siebie dotyczącą kosztów transportu, to gracz 1 nie ma pola manewru w swoich strategiach i może jedynie przyjąć odgórnie wybór strategii lub porozumieć się z przeciwnikiem i wybrać strategię zadowalającą obu uczestników gry.

**Wyплаты dla graczy**

W zależności od wybranej strategii gracza 1 oraz 2, inaczej kształtuje się macierz wypłat, której ogólny zapis przedstawiono w tabeli 3, przy czym przyjęto, że dla analizowanego modelu wartościami wypłat będą wartości kosztów uzyskane z obliczeń wartości poszczególnych strategii.

Profil strategii graczy związany z wypłatami w tabeli 3 można zapisać jako wynik iloczynu kartezyjańskiego:

$$S = SG_1 \times SG_2 = [(a_1, b_1), (a_1, b_2), (a_1, b_3), (a_2, b_1), (a_2, b_2), (a_2, b_3), (a_3, b_1), (a_3, b_2), (a_3, b_3)] \quad (1)$$

Oprócz tego, że graczami są funkcje celu będące minimalizacjami kosztów wytwarzania i transportu, zapisano jeszcze jedno ograniczenie związane z planowaniem przepływu produkcji i wyborem marszruty z marszrut alternatywnych. Dotyczy ono terminowości wykonania całego zlecenia.

	Wariant	Producent Nr 1			Producent Nr 2				Producent Nr 3		
		M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>
Proces P <sub>1</sub>	W1	x			x				X		
	W2		x	x							x
	W3					x	x	x			
Proces P <sub>2</sub>	W1					x			X	x	
	W2		x							x	x
	W3	x			x			x			

Tab. 1. Tabela przepływu procesów produkcyjnych P<sub>1</sub> oraz P<sub>2</sub> (strategie)

Proces 1	Przepływ między producentami	Proces 2	Przepływ między producentami
W1	1,2,3	W1	3,3,2
W2	1,1,3	W2	3,1,3
W3	2,2,2	W3	2,2,1

Tab. 2. Strategie dla gracza nr 2

Gracz 1/Gracz 2	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>
a <sub>1</sub>	a <sub>1,1</sub> ,b <sub>1,1</sub>	a <sub>1,2</sub> ,b <sub>2,1</sub>	a <sub>1,3</sub> ,b <sub>3,1</sub>
a <sub>2</sub>	a <sub>2,1</sub> ,b <sub>1,2</sub>	a <sub>2,2</sub> ,b <sub>2,2</sub>	a <sub>2,3</sub> ,b <sub>3,2</sub>
a <sub>3</sub>	a <sub>3,1</sub> ,b <sub>1,3</sub>	a <sub>3,2</sub> ,b <sub>2,3</sub>	a <sub>3,3</sub> ,b <sub>3,3</sub>

Tab. 3. Macierz wypłat graczy

Same scenariusze gry rozpatrują tylko możliwości wyboru strategii, spośród pewnej grupy kombinacji strategii, natomiast nie przewidują terminu realizacji zlecenia, dlatego wprowadzono jeszcze zapis ograniczający:

$$\begin{cases} SG_1(a_1, a_2, a_3) \text{ dla } F_1 \\ SG_2(b_1, b_2, b_3) \text{ dla } F_2 \end{cases} \leq t_{\max} \text{ wytwarzania} \quad (2)$$

Wybór najlepszej strategii, bez wzięcia pod uwagę ograniczeń, może doprowadzić do błędnego obrania ruchów uczestników gry, co może spowodować niedotrzymanie terminowości realizacji zlecenia. W momencie podejmowania decyzji, strategia spełniająca kryteria pod kątem kosztów może zostać odrzucona, z powodu przekroczenia terminów.

## 5. Wnioski

Dynamika rynku sprawia, że poszukuje się coraz to efektywniejszych rozwiązań dotyczących planowania przepływu produkcji. Możliwości, jakie otwiera rynek przed przedsiębiorstwami, co do nowej płaszczyzny współpracy, muszą iść w parze z elastycznością i umiejętnością przystosowania się ich do wymogów otoczenia. Problem dotyczący planowania przepływu produkcji komplikuje się bardziej, ponieważ wirtualną sieć wytwarzania tworzą pojedyncze organizacje, rozproszone geograficznie, funkcjonujące tymczasowo jako jeden organizm, aby zrealizować przyjęte zlecenie. W całym schemacie planowania produkcji i wyborze marszruty z marszrut alternatywnych należy uwzględnić jeszcze problem transportowy między uczestnikami sieci. Do wspomaganie planowania przepływu produkcji i wyboru marszruty proponuje się formalizmy zaczerpnięte z teorii gier, które wyróżniają się na tle innych narzędzi decyzyjnych, poprzez jasno określony cel, wykorzystywanie dostępnych informacji oraz uwzględnienie oczekiwanych zachowań wszystkich uczestników gry.

W artykule przedstawiono koncepcję zapisu problemu decyzyjnego dla modelu produkcyjnego, w którym rolę graczy pełniły funkcje celu, dysponujące konkretnymi strategiami i dążące do wygranej. Wybór najlepszej strategii z możliwych, przy istniejących wyplatach, nie musi być najlepszym rozwiązaniem istniejącego problemu, ponieważ należy uwzględnić przede wszystkim terminowość realizacji zlecenia. Należy również zwrócić uwagę, że wybór strategii zależy od tego, który gracz zaczyna pierwszy rozgrywkę. Dalsze prace będą związane z analizą wpływu różnych kombinacji strategii na wyniki gry, przy określonych ograniczeniach, a także próby zaimplementowania formalizmów do wyboru strategii w strategiach mieszanych.

## Literatura:

- [1] Bedük A., *Modern Management Technics*. Gazi Publishing, Ankara 2005.
- [2] Burma Z. A., *New organization structures: virtual organizations*. "International Journal of Engineering and Applied Sciences" 2/2014, pp. 18-27.
- [3] Camarinha-Matos L. M., Afsarmanesh H., *Tendencies and General Requirements for Virtual Enterprises*, [in:] *Infrastructures for Virtual Enterprises*, ed. L. M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh. Springer-Science+Business Media, B.V., Porto 1999, pp. 15-30.
- [4] Dixit A. K., Nalebuff B. J., *Sztuka strategii. Teoria gier w biznesie i życiu prywatnym*. MT Biznes, Warszawa 2009.
- [5] Docherty J., Bystrov A., Yakovlev A., *The use of game theory within automotive job scheduling*. 2013.
- [6] Krzak M., *Konkurencja i kooperacja na lokalnym rynku surowcowym w dwuosobowych modelach teorii gier – zarys zagadnienia*. „Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk” 79/2010, s. 383-402.
- [7] Laskowski S., *Sekwencyjna dwuosobowa gra konkurencyjna o sumie niezerowej*. „Telekomunikacja i Techniki Informacyjne” 3-4/2006, s. 44-60.
- [8] Li X. Y., Gao L., Li L. P., Sun Q. F., Li W. D., *A genetic algorithm for multi-objective collaborative process planning and scheduling problem*. "Systems Man and Cybernetics (SMC)", IEEE International Conference 2010, pp. 3354-3357.
- [9] Olender M., Krenczyk D., *Wirtualne sieci wytwarzania*, [w:] *Inżynier XXI wieku. V Międzynarodowa konferencja studentów oraz doktorantów*. Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej, Bielsko-Biała 2015, s. 47-56.
- [10] Olender M., Krenczyk D., *Planowanie zleceń w wirtualnych sieciach produkcyjnych*, [w:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, t. 1, red. R. Knosala. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2016, s. 644-656.
- [11] Osborne M. J., Rubinstein A., *A Course in Game Theory*. The MIT Press, Londyn 1998.
- [12] Özgeldi M., Kalkan S., *Virtual organizations in the balanced scorecard ("balanced score card"): a case study*. "Journal of Economics, Business and Finance" 22/2007.
- [13] Straffin P. D., *Teoria gier*. Wydawnictwo Scholar, Warszawa 2001.
- [14] Tranamil-Vidal R., *Application of game theory in inventory management*, [in:] *Pareto Optimality, Game Theory And Equilibria*, ed. Chinchuluun A., Karakitsiou A., Mavrommati A. Springer, New York 2008, pp. 833-865.
- [15] Watson J., *Strategia. Wprowadzenie do teorii gier*. Wolters Kluwer, Warszawa 2011.

## SUPPORT FOR DECISION-MAKING IN VIRTUAL MANUFACTURING NETWORKS

### Key words:

virtual organization, virtual manufacturing network, theory game, production process planning, strategies

### Abstract:

Dynamics on the market makes, that search for more effective solutions in planning the production flow. Opportunities, which open the market for companies, as new basis of

cooperation, have to go hand in hand with the flexibility and ability to adapt to the requirements of the environment. The problem of scheduling production flow is more complicated, because the virtual manufacturing network create a single organizations, geographically dispersed, functioning temporarily, as a one body, to realize the effect an order. In the whole production planning and choosing the route from alternative routes should be considered still a problem of transport between the participants in the virtual network. To planning the flow production and choice of route used formalisms derived from game theory. The article presents the record of the decision problem for the production model in which the role players perform the goal functions. This functions have specific strategies and endeavour to win. The choice of strategy depends on which player starts the first game. Further work will be associated with the analysis of the impact of different combinations of strategies on the results of the game, with certain restrictions, as well as attempts to implement formalism to choose strategies in mixed strategies.

**Mgr inż. Małgorzata OLENDER**

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych  
i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania  
Politechnika Śląska  
malgorzata.olender@polsl.pl