

Anna Saniuk, Sebastian Saniuk

Zastosowanie teorii ograniczeń w zarządzaniu zasobami mikro i małych przedsiębiorstw

Ekonomiczne Problemy Usług nr 50, 355-363

2010

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, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

SANIUK ANNA

SANIUK SEBASTIAN

Uniwersytet Zielonogórski

ZASTOSOWANIE TEORII OGRANICZEŃ W ZARZĄDZANIU ZASOBAMI MIKRO I MAŁYCH PRZEDSIĘBIORSTW

Wprowadzenie

Współczesne tendencje w zarządzaniu przedsiębiorstwem związane z ukierunkowaniem na potrzeby klienta wymuszają poszukiwanie sposobów lepszego wykorzystania dysponowanych zdolności produkcyjnych, szczególnie w mikro i małych przedsiębiorstwach, dla osiągnięcia wysokiej produktywności systemu oraz poprawy wyniku finansowego. Oznacza to potrzebę sprawnego podejmowania decyzji, między innymi w zakresie wyboru i oceny zgłaszanego zlecenia pod kątem możliwości terminowej, nieprzekraczającej ustalonych kosztów oraz ekonomicznie uzasadnionej realizacji. Weryfikacja zleceń produkcyjnych powinna uwzględniać z jednej strony ograniczenia systemu, takie jak: wydajność maszyn i urządzeń (stanowisk pracy), dostępność środków finansowych, zasobów ludzkich, surowców, technologii wytwarzania, dostępność usług outsourcingowych, z drugiej zaś spełniać wymagania klienta, co do jakości, terminu realizacji zlecenia oraz ceny zamówienia. Terminowej realizacji zlecenia musi towarzyszyć optymalny stopień wykorzystania zasobów systemu. Stąd potrzeba wprowadzania metod i technik planowania w zarządzaniu realizacją zleceń produkcyjnych, dających możliwość efektywnego wykorzystania systemu.

Przedstawiona w pracy metodyka postępowania szczególnie uwagę zwraca na identyfikację i zarządzanie ograniczeniami występującymi w procesie produkcji planowanych zleceń¹. Proponowana koncepcja stanowi syntezę ekono-

¹ S. Saniuk, A. Saniuk, *Theory of constraints in production planning*, w: *Production engineering: computer science driven production engineering*, red. J. Jakubowski, B. Franczyk, Oficyna Wydaw. Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra 2006, s. 111–119.

micznych warunków realizacji zlecenia (koszt realizacji) z warunkami fizycznego przepływu materiału w systemie.

Rozważany problem sprowadza się do wyboru spośród zbioru zgłoszonych do realizacji zleceń produkcyjnych w zadanym horyzoncie czasu tych, które gwarantują ekonomicznie efektywną realizację przy jednoczesnym uwzględnieniu kluczowej roli zasobu krytycznego – „wąskiego gardła” systemu. Sposób podejmowania decyzji o eksploatacji zasobów mikro lub małego przedsiębiorstwa przy uwzględnieniu kluczowej roli wąskiego gardła ilustruje zawarty w pracy przykład.

Model systemu

W rozpatrywanym przypadku mamy do czynienia z systemem produkcyjnym małego przedsiębiorstwa składającym się ze stanowisk pracy (maszyny obróbkowe: frezarskie, tokarskie, stanowiska montażu i kontroli) $\{M_i | i = 1, \dots, m\}$. Z założenia przedsiębiorstwo pracuje w systemie jednozmianowym, pięć dni w tygodniu po osiem godzin. Zatem dysponowany tygodniowy fundusz efektywny stanowi 2400 min.

W systemie planowana jest realizacja zleceń produkcyjnych $\{Z_j | j = 1, \dots, n\}$. Zlecenia, będące przedmiotem weryfikacji, charakteryzują się określonymi parametrami, takimi jak: wielkość produkcji determinowanej popytem, termin realizacji, proces produkcyjny, cena za jednostkę. Zlecenia specyfikowane są procesami produkcyjnymi $\{P_j | j = 1, \dots, n\}$. Procesy produkcyjne opisują odpowiednie marszruty produkcyjne, czasy operacji technologicznych oraz czasy przygotowawczo-zakończeniowe.

W systemie realizowana jest produkcja seriami determinowanymi tygodniowym popytem. Zakłada się wystarczające pojemności buforów przystanowiskowych. Materiał pomiędzy stanowiskami jest transportowany przenośnikami automatycznymi zgodnie z marszrutami produkcyjnymi.

Rozważany w pracy problem sprowadza się do poszukiwania odpowiedzi na pytanie: jaka organizacja obciążenia systemu planowanymi zleceniami gwarantuje ekonomicznie efektywną i terminową realizację zleceń, przy uwzględnieniu istniejących ograniczeń systemu?

Wymaga to odpowiedzi między innymi na następujące pytania:

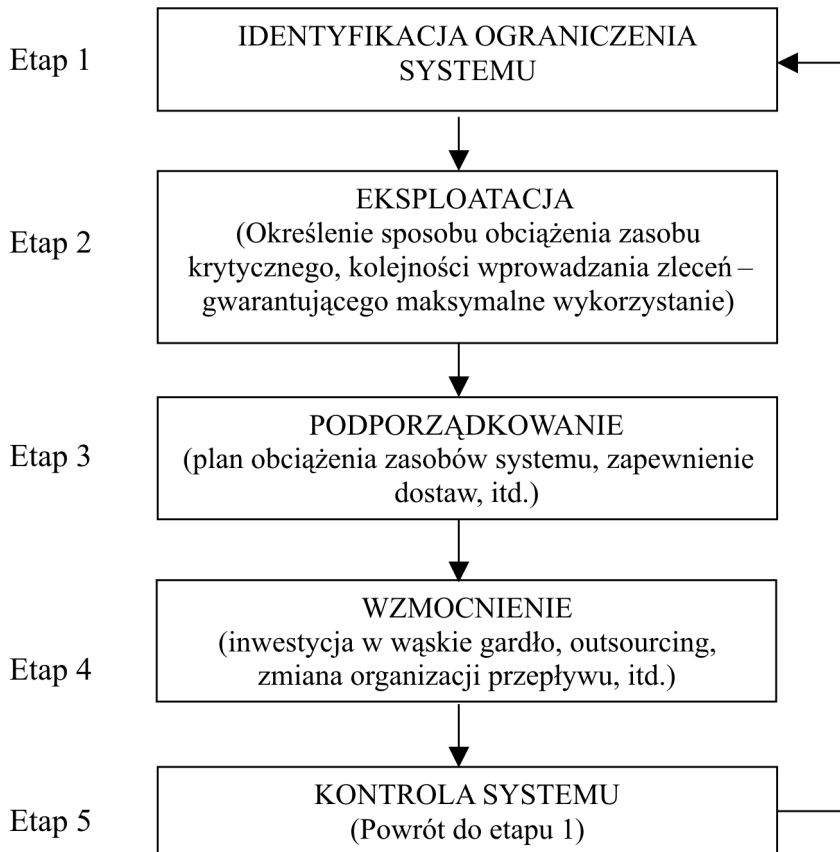
- Czy zdolności produkcyjne przedsiębiorstwa pozwalają na realizację wszystkich planowanych zleceń w zadanym horyzoncie czasu?

- Które z planowanych zleceń gwarantują maksymalną przepustowość w warunkach ograniczeń finansowych (cena realizacji zlecenia, koszty wytworzenia) i zasobowych systemu (wąskie gardło)?

Planowanie obciążenia systemu w warunkach ograniczeń

Rozwiązanie tak zdefiniowanego problemu wymaga podjęcia decyzji o kolejności i sposobie realizacji planowanych zleceń produkcyjnych w systemie o znanych ograniczeniach zasobowych i finansowych. Ponieważ sprawne zarządzanie przedsiębiorstwem wymaga podejmowania decyzji zmierzających do osiągnięcia podstawowego celu organizacji – maksymalizacji zysku, szczególną uwagę zwrócono na ekonomiczne aspekty planowanej realizacji zleceń. Sposób postępowania winien polegać na identyfikowaniu ograniczeń systemu i zarządzaniu tymi ograniczeniami zgodnie z głównym celem organizacji. Wymagania stawiane sposobowi planowania dają podstawę wykorzystania elementów teorii ograniczeń (ang. *Theory of Constraints*), która skupia uwagę na kilku krytycznych elementach systemu. Proponuje zerwanie z fragmentaryczną oceną systemu (poszczególnych działów) na rzecz oceny efektywności systemu jako całości. Zgodnie z TOC szczególny nacisk kładziony jest na „najsłabsze ogniwo” w organizacji, które stanowi ograniczenie i które ostatecznie wyznacza efektywność całego przedsiębiorstwa. TOC definiuje systematyczną i skupioną metodę, która jest używana przez organizacje w procesie ciągłego usprawniania². Sposób postępowania zgodnie z TOC można przedstawić jako sekwencję etapów przedstawionych na rys. 1.

² E.M. Goldratt, *Łańcuch krytyczny*, Werbel, Warszawa 2000.



Rys. 1. Sekwencja etapów TOC

Przedstawiona procedura zapewnia poprawę wyników przy orientacji na punkt krytyczny systemu. Ponadto, teoria ograniczeń wprowadza własny specyficzny system miar, bazujący na następujących wielkościach³:

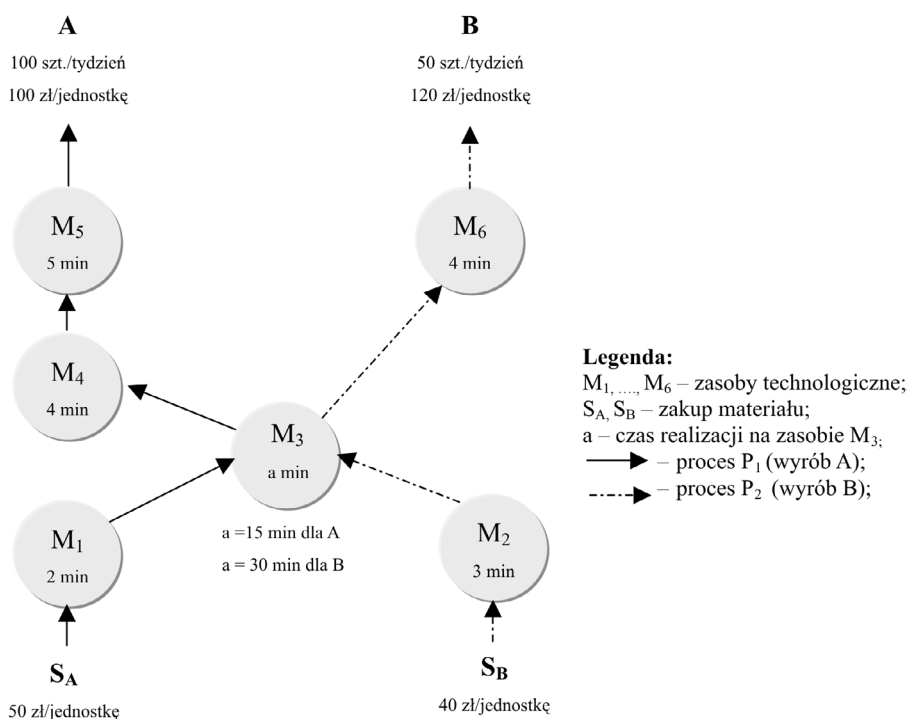
- przerób T (ang. *Throughput*) – rozumiany jako pieniądze generowane przez system, stanowiący różnicę pomiędzy przychodami ze sprzedaży S a kosztami całkowicie zmiennymi Kcz (koszty materiałów);
- kapitał zaangażowany I (ang. *Investment*) – rozumiany jako wartość środków trwałych i obrotowych zaangażowanych w działalność;

³ E.M. Goldratt, *Theory of constraints*, North River Press, Great Barrington 1990; L. Scheinkopf, *Theory of Constraints*, Re Vele J.B. (red.), Manufacturing Handbook of Best Practices, St. Lucie Press, New York 2002.

E. M. Goldratt, *Cel*, Werbel, Warszawa 2000.

- wydatki na działalność operacyjną OE (ang. *Operating expenses*) określające wszystkie koszty, jakie przedsiębiorstwo ponosi, aby przetworzyć materiały i surowce w produkty gotowe;
- produktywność systemu P (ang. *Productivity*) – stanowi stosunek przerobu T do wydatków na działalność operacyjną OE;
- stopa rentowności netto R (ang. *Rate of return*) – wyznaczana jako stosunek różnicy przerobu i wydatków na działalność operacyjną do kapitału zaangażowanego ($T-OE/I$).

W rozwiązaniu prezentowanego w pracy problemu wykorzystano pierwsze trzy etapy teorii ograniczeń. W rozważanym przypadku system składa się z sześciu zasobów technologicznych. Do systemu planowane jest wprowadzenie dwóch zleceń produkcyjnych Z_1 i Z_2 . Schemat realizacji zleceń przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Schemat realizacji zleceń Z_1 i Z_2 w systemie wytwórczym

Zlecenia specyfikowane są odpowiednio procesami produkcyjnymi P_1 i P_2 , które opisują kolejność realizacji operacji, czasy operacji technologicznych (tabela 1).

Tabela 1. Charakterystyka procesu P_1 i P_2

Proces P_1				Proces P_2		
M_1	M_3	M_4	M_5	M_2	M_3	M_6
2 min	15 min	4 min	5 min	2 min	15 min	4 min

Zlecenie Z_1 dotyczy realizacji produktu A w ilości 100 sztuk/tydzień, natomiast zlecenie Z_2 dotyczy produkcji wyrobu B w ilości 50 sztuk/tydzień. Ze względu na rozmiary przedsiębiorstwa łatwo zastosować proponowany w TOC system rozliczania kosztów. W rozważanym przypadku wyróżnia się grupę kosztów na działalność operacyjną OE, która na tydzień została określona na poziomie 5000 zł. Jedynymi kosztami zmiennymi, jakie ponosi przedsiębiorstwo, jest koszt zakupu surowca (w TOC określany jako koszt całkowicie zmienny Kcz). Dane dotyczące przychodu ze sprzedaży poszczególnych produktów i kosztów całkowicie zmiennych zaprezentowano w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie przychodów i kosztów planowanej produkcji

	Produkt A	Produkt B
Przychód na jednostkę produktu	100 zł	120 zł
Koszt całkowicie zmienny Kcz na jednostkę produktu	50 zł	40 zł
Planowana wielkość produkcji	100 szt.	50 szt.

Podstawą planowania obciążenia systemu jest identyfikacja zasobu krytycznego systemu (wąskiego gardła). Na podstawie planowanego obciążenia (stanowiskochłonność zadań produkcyjnych) oraz dysponowanych zdolności produkcyjnych łatwo zauważyć, że zasobem krytycznym systemu jest zasób M_3 (etap 1). Wydajność maszyny M_3 uniemożliwia całkowitą realizację planowanej produkcji w dysponowanym czasie 2400 minut. Stąd potrzeba określenia najbardziej opłacalnego wariantu realizacji produkcji w badanym okresie. Rozwiązaniem w takiej sytuacji jest podjęcie decyzji o sposobie eksploatacji zasobu krytycznego dającego maksymalny zysk, rezygnując z realizacji produkcji wyrobów mniej opłacalnych (etap 2).

Zwykle sposobem wyboru opłacalnego zlecenia jest przeprowadzenie kalkulacji kosztów produktu oraz wyznaczenia marży stanowiącej różnicę między

wartością sprzedaży a kosztem przypadającym na zlecenie. Dla zlecenia Z_1 stanowi to wartość 50 zł/jednostkę, zaś w przypadku zlecenia Z_2 wartość 80 zł/jednostkę. Według tego sposobu przedsiębiorstwo ustaliłoby produkcję na poziomie 50 jednostek produktu B, wykorzystując 1500 min pracy zasobu krytycznego M_3 . Mogłoby wytworzyć dodatkowo 60 jednostek produktu A. Oznacza to zysk na poziomie 1600 zł (tabela 3).

Istotnym mankamentem tej praktyki jest jej niedokładność ze względu na brak połączenia aspektu zaangażowania dysponowanych zasobów w wytwarzaniu z aspektem rachunku wyników. Teoria ograniczeń w tym względzie proponuje zastosowanie własnego systemu miar finansowych, pozwalających uwzględnić w systemie podejmowania decyzji stanowiskochłonność realizacji poszczególnych zleceń. Zatem w sytuacji, gdy realizacja zamówienia przekracza możliwości wąskiego gardła, a wąskie gardło bierze udział w wytwarzaniu kilku produktów od menedżera wymaga się podjęcia decyzji o sposobie eksploatacji wąskiego gardła. Należy odpowiedzieć na pytanie: który z produktów obciążających zasób krytyczny jest bardziej zyskowy? Wybór dokonywany jest w oparciu o wartość generowanych jednostek celu (np. zł), przypadających na minutę pracy wąskiego gardła.

Podjęcie decyzji o eksploatacji wąskiego gardła w sytuacji występowania ograniczenia zasobowego systemu, wymaga oceny wpływu realizowanego zadania produkcyjnego na zasób krytyczny. W praktyce, oznacza to wyznaczenie wartości jednostek celu generowanych w systemie przez realizację poszczególnych zleceń. W rozważanym przypadku wyznaczono przerób T dla zlecenia Z_1 i Z_2 odpowiednio $T_1 = 50$ i $T_2 = 80$. Następnie wyznaczono wartość przerobu przypadającą na minutę pracy systemu (wąskiego gardła), która oznacza szybkość, z jaką system generuje jednostki celu (zysk) w przypadku planowanych zleceń. Wartość ta dla zlecenia Z_1 wynosi 4 zł/min natomiast dla zlecenia Z_2 wynosi 2,67 zł/min. Oznacza to, że plan produkcji winien opierać się na maksymalnej produkcji wyrobu A. Czas potrzebny do zrealizowania produkcji A na zasobie krytycznym stanowi 1500 min, pozostałe 900 min dysponowanego funduszu czasu pozwala na zrealizowanie 30 szt. produktu B. Proponowany wariant przyniesie zysk w wysokości 2400 zł (tabela 3).

Jak łatwo zauważyć, podejście systemowe uwzględniające kluczową rolę wąskiego gardła w podejmowaniu decyzji pozwala uniknąć błędu w wyborze wariantu produkcji. Jak pokazuje analiza przypadku, wariant uwzględniający miary TOC pozwala określić sekwencje wprowadzania zleceń produkcyjnych do

systemu w ujęciu wyniku finansowego działalności przedsiębiorstwa. Znając kolejność wprowadzania zleceń do planowania realizacji zleceń w systemie o znanych ograniczeniach, można wykorzystać metodykę opartą na sekwencji sprawdzeń warunków wystarczających, prezentowaną m.in. w pracy⁴. Odpowiada to trzeciemu etapowi teorii ograniczeń – podporządkowaniu pozostałych zasobów realizacji operacji na zasobie krytycznym.

Tabela 3. Porównanie oceny zyskowności dwóch wariantów

warianty	klasyczny	TOC
Sprzedaż S	60 szt. A * 100 zł = 6000 zł 50 szt. B * 120 zł = 6000 zł	100 szt. A * 100 zł = 10000 zł 30 szt. B * 120 zł = 3600 zł
Koszty całkowite zmienne Kcz	60 szt. A * 50 zł = 3000 zł 50 szt. B * 40 zł = 2400 zł	100 szt. A * 50 zł = 5000 zł 30 szt. B * 40 zł = 1200 zł
Koszty operacyjne OE/tydzień	5000 zł	5000 zł
Wynik finansowy (zysk)	1600 zł	2400 zł

Zakończenie

Prezentowane w artykule rozwiązanie stanowi przykład ilustrujący możliwość wykorzystania teorii ograniczeń w systemie podejmowania decyzji o realizacji planowanych zleceń produkcyjnych. Teoria ograniczeń polega na specyficznym podejściu do problemów występujących w zarządzaniu operacyjnym. Szczególny nacisk kładzie na identyfikację i zarządzanie ograniczeniami systemu produkcyjnego, zwanymi wąskimi gardłami (ang. *bottlenecks*). W pracy szczególną uwagę zwrócono na znaczenie ekonomicznych aspektów szeregowania zadań produkcyjnych w zarządzaniu przepływem produkcji, przy uwzględnieniu zasobu krytycznego w systemie.

Proponowana w pracy koncepcja planowania obciążenia systemu łączy procedurę weryfikacji zleceń produkcyjnych opartą na sekwencji TOC z procedurą priorytetowania zadań w sytuacji występowania zasobu krytycznego. Oznacza

⁴ S. Saniuk, A. Saniuk, *Production orders planning in a network of small and medium-sized enterprises*, w: Contemporary problems in managing production and services supporting manufacturing processes, J. Lewandowski, I. Jałmużna (red.), Wydaw. Politechniki Łódzkiej, Łódź 2009 (Monograph), s. 31–38; S. Saniuk, *Planowanie przepływu produkcji w warunkach ograniczeń logistycznych*, w: *Systemy wspomaganie podejmowania decyzji w małych i średnich przedsiębiorstwach*, Oficyna Wydaw. Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra 2006, s. 129–162.

to ustalenie takiej kolejności realizowanych zleceń, która gwarantuje najefektywniejszą ekonomicznie realizację produkcji jednocześnie w pełni wykorzystując możliwości zasobu krytycznego.

Zastosowanie tej koncepcji nabiera szczególnego znaczenia w sytuacji napływu zbyt dużej liczby zleceń w zadanym horyzoncie planowania, co wymusza nadanie priorytetu tym zleceniom, które przy uwzględnieniu dysponowanej technologii produkcji gwarantują maksymalny efekt. Realizacja odrzuconych zleceń wymaga negocjacji dotyczącej terminu realizacji, ceny zlecenia lub ograniczenia serii. Zastosowanie teorii ograniczeń w zarządzaniu mikro i małym przedsiębiorstwem daje doskonałe możliwości podniesienia produktywności systemu.

THEORY OF CONSTRAINTS APPLIED TO RESOURCES MANAGEMENT IN MICRO AND SMALL-SIZED ENTERPRICES

Summary

In this paper a problem of production orders planning under assumed limits of enterprise is presented. This concept is connected with Theory of constraints (TOC). The basic idea lies behind the TOC principles is the need to manage the organisation constraints. This means concentrating on controlling the bottleneck resources. This paper provides a planning method of production orders sequence in the system where work-flows have to pass through bottleneck. The model specification of system and planning procedure, as well as illustrative example is presented. This solution is recommended to micro and small production enterprises.

Translated by Anna Saniuk