

Paweł Żukowski

Zakład Organizacji i Zarządzania

Wyższa Szkoła Zarządzania i Administracji w Opolu

Model i symulacja dynamiki systemu zarządzania organizacją gospodarczą (ujęcie modelowe)

Sprawne i efektywne zarządzanie organizacją gospodarczą w warunkach rynkowych wymaga analizy dynamiki systemu zarządzania. Stanowi ona podstawę integracji takich obszarów działalności, jak: rynek, zaopatrzenie, produkcja, dystrybucja, inwestycje, prace badawcze i rozwojowe. W miarę kompleksowe podejście do rozpatrywanego problemu wymaga skupienia uwagi na tych składnikach i współzależnościach, które są istotne dla pożądanej właściwości systemu. Podstawowymi elementami takiej analizy są: poszukiwanie analogii, budowa modeli oraz symulacja. Rozważając bowiem jakikolwiek konkretny system, człowiek dąży w istocie do stworzenia w swym umyśle modelu wyjaśniającego zachowanie się obserwowanego systemu (Ansoff 1995, Forrester 1961, Grudzewski, Hejduk 2004, Thompson, Strickland 1993, Żukowski 1990). Systemy konkretne bywają często bardzo złożone; trudno określić ich rzeczywistą strukturę i właściwości. Staramy się wtedy wyjaśnić ich funkcjonowanie na zasadzie analogii między jakimś systemem, który znamy, a systemem badanym. Istotą analogii są relacje równoważności między dwoma systemami. Jeśli ta równoważność obejmuje pewien zbiór elementów i czynników istotnych dla interesujących badającego właściwości wyjaśnianego systemu, to mówi się o dobrej analogii, w przeciwnym wypadku – o analogii złej lub pozornej. Ocena, czy rozpatrywana analogia jest dobra czy zła, nie jest sprawą ani prostą, ani łatwą, szczególnie w wypadku bardziej złożonych systemów, a akceptacja niewłaściwej jest często kosztowna. Jedną z metod eliminowania niewłaściwych analogii jest zdobywanie wiedzy o nich metodą symulacji. Narzędziem umożliwiającym symulację są modele, które powinny odwzorowywać interesujące zależności i właściwości systemu w stopniu wystarczającym dla założonego zakresu badań. Jednocześnie konstrukcja modelu powinna pozwalać na przeprowadzenie badań z możliwością ich powtórzenia w różnych warunkach pracy organizacji gospodarczej [Grudzewski (red.) 1985, Grudzewski, Hejduk 2004, Penc 2006b, Thompson, Strickland 1993, Żukowski 2006].

Analiza dynamiki systemu zarządzania, według J.W. Forrester (1961), jest metodą badań charakterystyk informacyjnych sprzężeń zwrotnych w działaniu organizacji gospodarczej. Służy ona poznaniu interakcji struktury organizacyjnej na wzmocnienia (w zakresie wytycznych działania) i opóźnienia (w zakresie decyzji i współdziałania), od których wzajemnego oddziaływania zależą sprawność i efektywność pracy całej organizacji. Analizuje się głównie współzależności i oddziaływania między strumieniami: materiałów, zamówień, zleceń, produkcji, wyposażenia, personelu, pieniędzy i innych wielkości – na różnych poziomach i w różnej skali zarządzania (Grudzewski, Hejduk 2002, Penc 2006a, Wagner 1980). Celem podstawowym matematyczno-ekonomicznego opisu dynamiki systemu zarządzania organizacją gospodarczą, w ujęciu modelowym, jest zobrazowanie metodyki i cech budowy tego typu modeli. Model ten reprezentuje w sposób uproszczony dowolną organizację gospodarczą (produkcyjną). Główną

uwagę zwraca się na analizę przyczyn fluktuacji zachodzących procesów (określonych wielkości) obserwowanych przy skokowych zmianach, w warunkach rynkowych, potoku zamówień na produkty finalne. Taka analiza powinna eksperymentalnie ujawniać przybliżone ilościowe współzależności między strukturą organizacyjną i wytycznymi działania a stabilnością pracy organizacji gospodarczej. Wyniki symulacji na modelu wskażą pewne właściwości dynamiki zachowania się organizacji gospodarczej (kształtowania się charakterystycznych i interesujących badacza wielkości) w trakcie jej pracy (Forrester 1961, Penc 2000, Żukowski 1990).

Ogólny opis modelu, wytyczne działania

W opisie symboliczno-analogowym przyjętej do rozważań modelowej organizacji gospodarczej (ryc. 1) wyróżniono pięć kluczowych działów i wydziałów, które są reprezentowane przez następujące wielkości (ich poziomy): DS – portfel zamówień (liczba przyjętych zamówień na produkty finalne), DZ – liczba zleceń zakupu materiałów z działu zaopatrzenia, MM – zawartość surowców, materiałów i półfabrykatów w magazynie materiałów, PR – wielkość produkcji wydziału (zakładu) produkcyjnego i MP – wielkość zapasów produkcji finalnej w magazynie. Sformułowano też niezbędne wytyczne (reguły) działania. Oto wytyczne dla personelu kierowniczego:

1. wielkość produkcji, a ściślej: wielkość zleceń produkcyjnych (ZPR) powinna być taka, aby zapewnić k -krotnie wyższy poziom produkcji finalnej w magazynie produktów (MP) w stosunku do uśrednionej liczby przychodzących z rynku zamówień (ZS) na produkty finalne (np. współczynnik wzmocnienia $k = 3$ tygodnie). Warunek ten jest spełniany przez przesyłanie do wydziału (zakładu) produkcyjnego (PR) zleceń produkcyjnych (ZPR), stanowiących sumę złożoną z uśrednionej liczby przyjmowanych zamówień (ZS) na produkty finalne i różnicy (S_1) między pożądaną zawartością produktów finalnych w magazynie produktów a jego rzeczywistym stanem. Wielkość ZPR wyznaczymy z formuły:

$$ZPR = ZS + S_1 \quad (1)$$

gdzie:

ZS – uśredniona liczba przyjmowanych zamówień,

S_1 – zmienna pomocnicza.

Pożądana zawartość produktów finalnych w magazynie produktów ($k \times ZS$) to iloczyn uśrednionej wielkości zamówień produktów finalnych (ZS) i współczynnika wzmocnienia (k). Współczynnik k określa liczbę tygodni, w ciągu których pożądana zawartość produktów finalnych w magazynie produktów (MP) byłaby wystarczająca do ich wysyłki odbiorcom z prędkością równą średniej prędkości napływania zamówień z rynku. Zmienną pomocniczą S_1 zatem obliczy się ze wzoru:

$$S_1 = k \cdot ZS - MP \quad (2)$$

gdzie:

k – współczynnik wzmocnienia,

MP – faktyczna ilość produktów finalnych w magazynie produktów.

2. w przypadku, gdy poziom materiałów i półfabrykatów w magazynie materiałów (MM), zabezpieczający produkcję, spada poniżej poziomu określonego przez portfel przyjętych zamówień (DS), należy wstrzymać przyjmowanie nowych zamówień na produkty finalne (ZDS); wykorzystuje się tu zmienną pomocniczą S_2 (ryc. 1);
3. podobnie, jak w wytycznej 2, gdy zawartość materiałów (półfabrykatów) w magazynie materiałów (MM) spadnie poniżej pewnej, z góry określonej wartości (Min), należy wstrzymać przesyłanie zleceń produkcyjnych (ZZR) do wydziału (zakładu) produkcyjnego (PR); wykorzystuje się tu z kolei zmienną pomocniczą S_3 (Żukowski 1990, Żukowski, Winnicki, Grabowiecka 2000) (ryc. 1).

Zmienna pomocnicza S_3 wyraża różnicę między aktualną zawartością materiałów i półfabrykatów w magazynie materiałów (MM) a pewnym jego zapasem minimalnym (Min). Zmienną pomocniczą S_3 obliczy się ze wzoru:

$$S_3 = MM - Min \quad (3)$$

4. wielkość strumienia zleceń na zakup materiałów i półfabrykatów (ZDZ) wysyłanych do działu zaopatrzenia (DZ) musi być równa wielkości strumienia zamówień z rynku sprzedaży na produkty finalne (RK), napływających do działu sprzedaży;
5. w przepustowości informacyjnej prac biurowych czasy przejścia zostały odpowiednio oznaczone: TZS – czas przejścia niezbędny do uśredniania zamówień na produkty finalne, TDZ – czas przejścia niezbędny do zakupu materiałów, TPR – czas przejścia niezbędny do produkcji, TDS – czas przejścia niezbędny do dystrybucji, TMP – czas przejścia niezbędny do realizacji wytycznej 1.

Matematyczny opis dynamiki systemu zarządzania

Z rynku sprzedaży produktów finalnych płyną dwa strumienie (ryc. 1); jeden z nich niesie zamówienia na produkty finalne, drugi zaś – informacje o ich wielkości.

Na pierwszym stanowisku decyzyjnym, oznaczonym na ryc. 1 przez poziom RK , opisuje się wielkość napływających z rynku zamówień na produkty finalne. Wielkość RK ma charakter skokowy; można ją wyliczyć ze wzoru:

$$RK = RK_0 + ZF \cdot 1(T) \quad (4)$$

gdzie:

RK_0 – początkowa liczba zamówień na produkty finalne,

ZF – liczba napływających do organizacji z rynku zamówień na produkty finalne.

Drugie stanowisko decyzyjne, poziom ZDS , reguluje dopływ zamówień na produkty finalne, które można przyjąć ze względu na istniejące zabezpieczenie materiałowe (realizacja wytycznej 2 z wykorzystaniem zmiennej S_2), i jednocześnie koryguje informację o wielkości strumienia tych zamówień przez skierowanie informacji do „uśredniania” zamówień (ZS). Działanie drugiego stanowiska decyzyjnego określa funkcja F^* w postaci:

$$F^* = \begin{cases} 1, & \text{gdy } MM \geq DS \\ 0, & \text{gdy } MM < DS \end{cases} \quad (5)$$

Wielkość ZDS wyliczany z zależności:

$$ZDS = F^* \cdot RK \quad (6)$$

Stanowisko decyzyjne 3, poziom DS (portfel zamówień), określa liczbę przyjętych zamówień na produkty finalne. Wielkość DS obliczamy ze wzoru:

$$DS = DS_0 + T(ZDS - ZMP) \quad (7)$$

gdzie:

DS_0 – poprzednia liczba zamówień na produkty finalne,

T – przedział czasu,

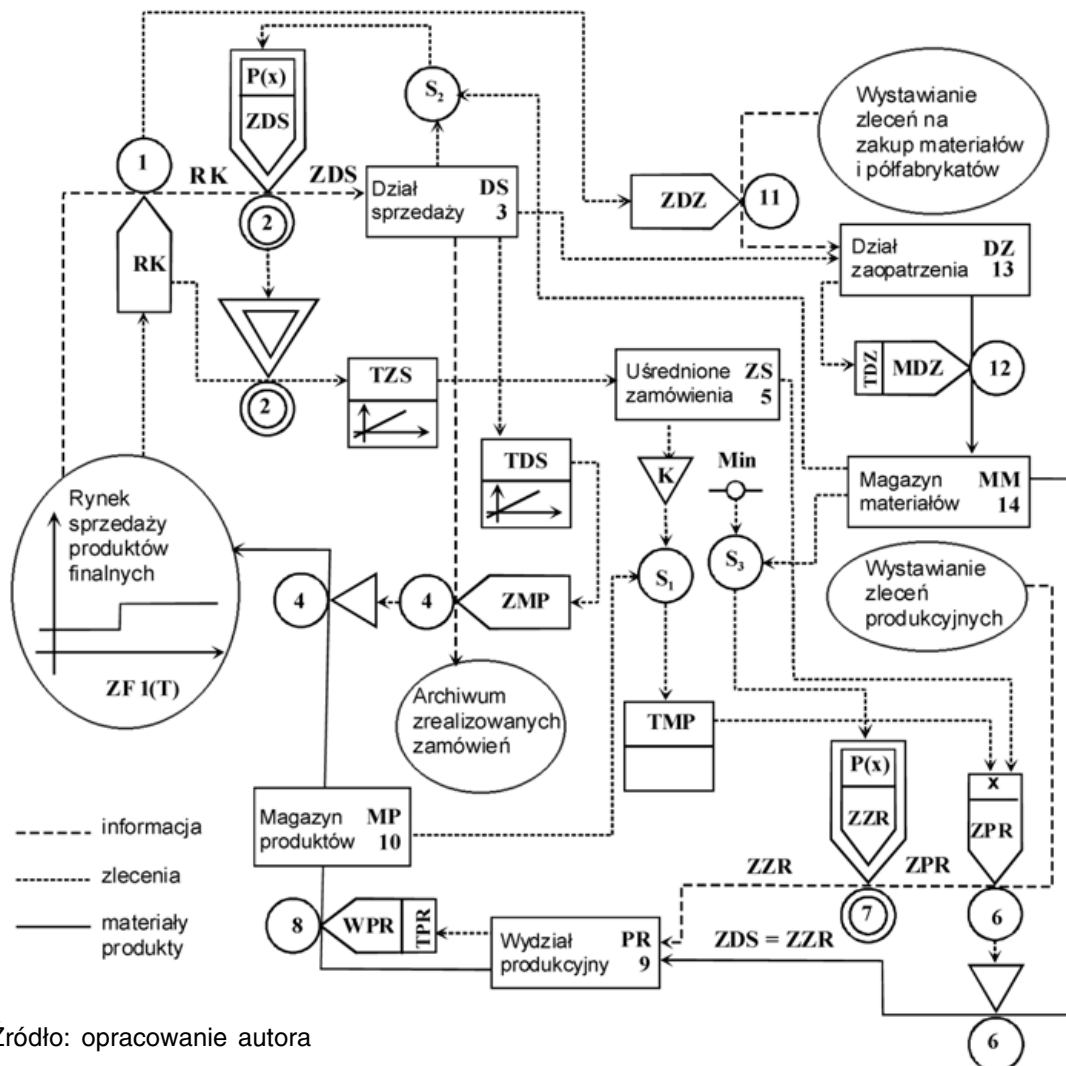
ZDS – wielkość strumienia przyjętych zamówień na produkty finalne,

ZMP – wielkość strumienia zrealizowanych zamówień na produkty finalne.

Stanowisko decyzyjne 4, poziom ZMP , reguluje:

- wielkość wysyłki zamówionych produktów finalnych z magazynu (MP),
- wielkość odpowiadającego tej wysyłce odpływu załatwionych zamówień z portfela zamówień na produkty finalne do archiwum.

Ryc. 1. Symboliczno-analogowy model zarządzania organizacją gospodarczą



Źródło: opracowanie autora

Wielkość ZMP obliczymy z zależności:

$$ZMP = DS/TDS \tag{8}$$

DS – portfel przyjętych zamówień na produkty finalne,

TDS – czas realizacji zamówienia na produkt finalny (jest wartością stałą, np. 1 tydzień).

Stanowisko decyzyjne 5, poziom ZS (uśrednianie napływających zamówień na produkty finalne), reprezentuje średnią wielkość strumienia napływających z rynku zamówień na produkty finalne RK (z uwzględnieniem korekcyjnego działania 2 stanowiska decyzyjnego – ZDS). Wielkość ZS wyliczymy z formuły:

$$ZS = ZS_0 + T(ZDS - ZS_0) \tag{9}$$

gdzie:

ZS_0 – poprzednia liczba uśrednienia zamówień na produkty finalne,

T – przedział czasu,

ZDS – wielkość strumienia przyjętych zamówień na produkty finalne.

Stanowisko decyzyjne 6, poziom ZPR , reguluje (wykorzystując zmienną pomocniczą S_1 , zgodnie z wytyczną 1):

- wielkość przepływu zleceń produkcyjnych przesyłanych do wydziału (zakładu) produkcyjnego,
- wielkość strumienia materiałów i półfabrykatów przesyłanych do produkcji (PR), a pobieranych z magazynu materiałów (MM).

Wielkość strumienia zleceń produkcyjnych (ZPR) jest równa sumie średniej wielkości napływających zamówień na produkty finalne (ZS) oraz poprawce wyrażonej ilorazem wielkości pomocniczej S_1 i czasu przejścia TPR . Wielkość ZPR wyliczymy ze wzoru:

$$ZPR = ZS + S_1/TPR \quad (10)$$

Stanowisko decyzyjne 7, poziom ZZR , zapewnia realizację 3 wytycznej działania, odcinając dopływ zleceń produkcyjnych przesyłanych do wydziału produkcyjnego, gdy stan materiałów lub półfabrykatów w magazynie materiałów (MM) spadnie do zapasu minimalnego (Min). Działanie stanowiska 7 określa funkcja P^* w postaci:

$$P^* = \begin{cases} 1, & \text{gdy } S_3 \geq DS \\ 0, & \text{gdy } S_3 < DS \end{cases} \quad (11)$$

Wielkość ZZR zaś określi się z zależności:

$$ZZR = P^* \cdot ZSR \quad (12)$$

Stanowisko decyzyjne 8, poziom WPR , stanowi element przepustowości wykładniczej pierwszego rzędu i określa czas przejścia potrzebny na produkcję. Przyjmuje się, że ten czas (TPR) jest wartością stałą (np. 2 tygodnie), a elementem akumulującym przepustowość jest zawartość portfela zleceń produkcyjnych (PR). Wielkość WPR obliczymy z zależności:

$$WPR = PR/TPR \quad (13)$$

Stanowisko decyzyjne 9, poziom PR , określa aktualną wielkość portfela zleceń produkcyjnych. Ta wielkość jest równa sumie poprzedniej wielkości zleceń produkcyjnych (PR_0) i akumulowanej różnicy między napływem nowych zleceń produkcyjnych do wydziału (ZZR) a ich odpływem, równoważnym wielkości produkcji (WPR).

$$PR = PR_0 + T(ZZR - WPR) \quad (14)$$

Stanowisko decyzyjne 10, poziom MP , reguluje zawartość magazynu produktów finalnych; stan magazynu tych produktów jest zasilany strumieniem produkcji (WPR) z wydziału (zakładu) produkcyjnego, a wyjściem jest strumień produktów finalnych (ZMP) wysyłanych przez dział sprzedaży zgodnie z zamówieniami klientów. Różnica między tymi strumieniami jest akumulowana w magazynie produktów finalnych (MP). Wielkość MP określa się ze wzoru:

$$MP = MP_0 + T(WPR - ZMP) \quad (15)$$

gdzie:

MP_0 – poprzednia zawartość magazynu produktów finalnych.

Stanowisko decyzyjne 11, poziom ZDZ , określa wielkość strumienia zamówień (zleceń zakupu) materiałów i półfabrykatów przez dział zaopatrzenia i – zgodnie z wytyczną działania 4 – równa się strumieniowi zamówień na produkty finalne (RK).

Wielkość ZDZ równa jest więc RK :

$$ZDZ = RK \quad (16)$$

Stanowisko decyzyjne 12, poziom MDZ , reprezentuje strumień materiałów i półfabrykatów zakupionych i dostarczonych do magazynu materiałów (MM) przez dział zaopatrzenia. Wielkość tego strumienia jest regulowana na podstawie liczby zleceń na zakup materiałów i półfabrykatów zakumulowanej w zaopatrzeniu (DZ). Wielkość MDZ określamy z zależności:

$$MDZ = DZ/TDZ \quad (17)$$

gdzie:

TDZ – czas przejścia potrzebny na zakup materiałów i półfabrykatów; przyjmuje się go jako wielkość stałą (np. 2 tygodnie).

Stanowisko decyzyjne 13, poziom DZ , akumuluje różnicę między napływającym strumieniem zleceń zakupu materiałów i półfabrykatów (ZDZ) a strumieniem ich odpływu, czyli realizacji. Ta ostatnia wielkość jest równoważna strumieniowi materiałów i półfabrykatów zakupionych przez zaopatrzenie (MDZ) i przekazanych do magazynu materiałów (MM). Wielkość DZ wyliczamy ze wzoru:

$$DZ = DZ_0 + T(ZDZ - MDZ) \quad (18)$$

gdzie:

DZ_0 – poprzednia liczba zleceń zakupu materiałów i półfabrykatów.

Stanowisko decyzyjne 14, poziom MM , akumuluje różnicę między strumieniem zakupionych materiałów i półfabrykatów (MDZ) a strumieniem ich odpływu do produkcji (ZPR). Wielkość MM określamy ze wzoru:

$$MM = MM_0 + T(MDZ - ZPR) \quad (19)$$

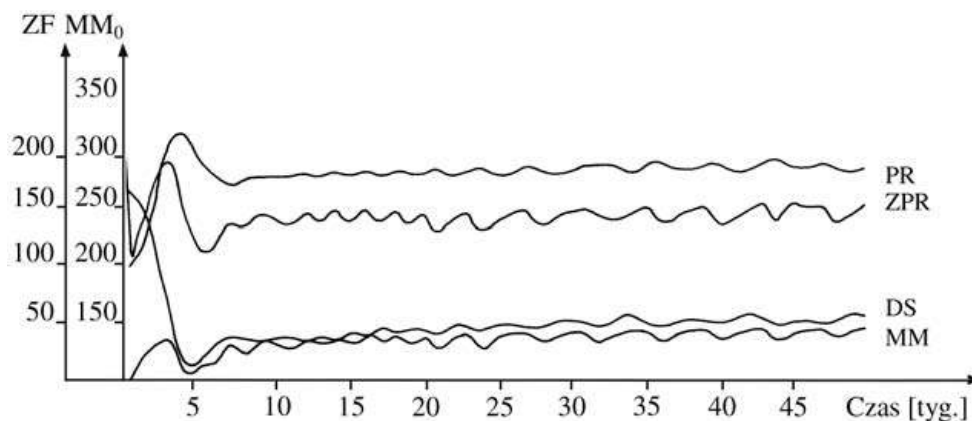
gdzie:

MM_0 – początkowy poziom materiałów i półfabrykatów w magazynie.

Interpretacja wyników symulacji

W symulacji, wykorzystując zbudowany model, zbadano zachowanie się organizacji gospodarczej wówczas, gdy zamówienie na produkty finalne wzrasta o $ZF = 40$ jednostek/tydzień przy początkowym poziomie materiałów w magazynie $MM_0 = 270$ jednostek (ryc. 2).

Ryc. 2. Wyniki symulacji w przypadku wzrostu zamówienia o 40 jednostek/tydzień przy początkowym poziomie materiałów w magazynie 270 jednostek



Z wyniku symulacji przedstawionego na wykresie (ryc. 2) płynnie wniosek, że przy skokowym wzroście zamówienia na produkty finalne o $ZF = 40$ jedn./tydzień zaburzenia przejściowe w pracy opisanej organizacji gospodarczej, wyrażające się wahaniami poziomu produkcji (PR), oraz przepływu zleceń i materiałów na produkcję (ZPR), są obserwowane jeszcze w 35. tygodniu pracy, przy czym rozpiętość wahań sięga około 10% średniej ich wartości. Wykres ten wykazuje ponadto przyczynę nadmiernego wydłużania się okresu zaburzeń przejściowych w pracy badanej organizacji gospodarczej. Na wykresie (ryc. 2) widać przenikanie się krzywych wielkości MM i DS , co – zgodnie z wytycznymi działania 2 i 3 – powoduje okresowe wstrzymanie przyjmowania

zamówień na produkty finalne. Efekt ten jest równoważny rynkowym zmianom (wahaniom) wielkości zamówień na produkty finalne; wprowadza on dodatkowe zaburzenia w pracy organizacji gospodarczej. Te zaburzenia – wbrew pozorom – nie są wywołane, jak pokazują wyniki obliczeń (symulacji), przyczynami zewnętrznymi, pochodzącymi z rynku, lecz okolicznościami wewnętrznymi zależnymi głównie od wielkości zamówienia na produkty finalne (ZF) i zapasu początkowego materiałów i półfabrykatów w magazynie (MM_0) (Żukowski, Prusak 1999, Żukowski, Winnicki, Grabowiecka 2000).

Podsumowanie

Opisany wyżej model dynamiki systemu zarządzania organizacją gospodarczą został zweryfikowany przez porównanie uzyskanych wielkości modelowych z danymi rzeczywistymi pewnego zakładu meblarskiego. Wyniki symulacji na modelu pokazują, że przy skokowym wzroście zamówień na produkty finalne obserwuje się przejściowe zaburzenia w pracy zakładu, wyrażające się przede wszystkim zmianami wielkości produkcji i poziomu przepływu materiałów do produkcji. Te zaburzenia zanikają w różnym okresie, którego długość zależy od wielkości zamówienia na produkty finalne (ZF) i zapasu początkowego materiałów i półfabrykatów w magazynie (MM_0).

Model dynamiki systemu zarządzania organizacją ma znaczenie praktyczne, pozwala bowiem przewidzieć ewentualny okres (w tygodniach) zaburzenia w organizacji gospodarczej w przypadku przyjęcia nadesłanej wielkości zamówienia (oferty) na produkty finalne, przy znanej wielkości początkowej zapasów materiałów i półfabrykatów w magazynie.

Literatura

1. Ansoff H.I., 1995, *Zarządzanie strategiczne*, PWE, Warszawa
2. *Badania operacyjne w organizacji i zarządzaniu*, 1985, W. Grudzewski (red.), PWE, Warszawa
3. Forrester J.W., 1961, *Industrial dynamics*, Massachusetts Institute of Technology Press, Cambridge
4. Grudzewski W.M., Hejduk I.K., 2002, *Przedsiębiorstwo przyszłości – wizja strategiczna*, Difin, Warszawa
5. Grudzewski W.M., Hejduk I.K., 2004, *Metody projektowania systemów zarządzania*, Difin, Warszawa
6. Penc J., 2006a, *Encyklopedia zarządzania*, Akademica, Łódź
7. Penc J., 2000, *Kreatywne kierowanie*, AW Placet, Warszawa
8. Penc J., 2006b, *Podstawy nowoczesnego zarządzania*, Akademica, Łódź
9. Rue L.W., Holland Ph.G., 1986, *Strategic Management: Concepts and Experiences*, McGraw-Hill Book Co., New York
10. Thompson A.A., Strickland A.J., 1992, *Strategy Formulation and Implementation*, Richard D. Irwin, Cambridge
11. Thompson A.A. jun., Strickland A.J., 1993, *Strategic Management: Concepts and Cases*, Richard D. Irwin, Boston
12. Wagner H.M., 1980, *Badanie operacyjne*, PWE, Warszawa
13. Żukowski P., *Postrojenije i issledowanije dinamiczeskoj modeli upravlenija miebielnym priedpriatijem (sistiemnyj podchod)*, „Lesnoj Żurnał” 2/1990
14. Żukowski P., Prusak Z., 1999, *Design and Analysis of the Dynamic Management Model of a Manufacturing Company* [In:] *The 15th International Conference on Production Research: Manufacturing for a Global Market* (Ed. M.T. Hillery & H.J. Lewis), University of Limerick, Limerick (Ireland)
15. Żukowski P., Winnicki K., Grabowiecka R., 2000, *The Management Model of an Agriculture Company*. [In:] *Проблемы управления агропромышленным комплексом России (Problemy zarządzania agroprzemysłowym kompleksem Rosji)*, t. III – *Teoria i praktyka управления предприятиями АПК*, Российская академия сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Санкт-Петербург
16. Żukowski P., 2006, *Podstawy nauk o zarządzaniu*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów

Model of Dynamic and Simulation of the Management System in Business Organization

This work describes dynamic model and simulation of a manufacturing company that manage operations, and analysis the reasons for changing processes inside the company in accordance with a change in the stream of incoming orders for finished products. Results of computer simulation of the designed model, show some dynamic characteristics within different divisions of the entire manufacturing company throughout duration of the production process. In the model of a production facility, different departments were taken into account. The departments are involved in activities related to flow of information, materials and prefabricated elements, production, products storage, and shipment.