

Małgorzata BARAN¹

ROZWINIĘCIE SYMULACYJNEGO MODELU DOSTOSOWANIA ZATRUDNIENIA DO POTRZEB PRODUKCYJNYCH PRZEDSIĘBIORSTWA ALFA W KONWENCJI DYNAMIKI SYSTEMÓW

W artykule przedstawiono rozbudowę modelu symulacyjnego dotyczącego dostosowania wielkości zatrudnienia do potrzeb produkcyjnych przedsiębiorstwa Alfa. Artykuł stanowi kontynuację poprzedniej publikacji², prezentującej opracowany model dostosowania wielkości zatrudnienia dla Alfa oraz wyniki badania jego poprawności poprzez porównanie danych symulowanych z danymi historycznymi. Modele są budowane w konwencji metody dynamiki systemów, pozwalającej na przedstawianie procesów zachodzących w systemach (jakimi są również przedsiębiorstwa) zarówno w aspekcie ilościowym, jak i pod kątem analizy dynamiki ich zachowania.

1. WPROWADZENIE

Współczesne organizacje w dobie ogromnej konkurencji wykorzystują rozmaite narzędzia wspomagające ich zarządzanie. Jednym z nich, coraz częściej używanym, jest symulacja komputerowa. Umiejętne modelowanie symulacyjne procesów zachodzących w organizacji, pozwala na prognozowanie wyników wprowadzanych strategii oraz wspomaga rozwiązywanie złożonych problemów wynikających z przyjętej taktyki zarządzania³. Jedną z metod wykorzystujących symulację jest metoda dynamiki systemów, opracowana pod koniec lat 50. XX w. przez J. Forrester⁴. Metoda opiera się na trzech filarach: na tradycyjnym zarządzaniu, na prawach cybernetyki i na symulacji komputerowej. Tradycyjne zarządzanie identyfikuje problem bądź zagadnienie, które wyznacza kierunek modelowania danego systemu. Pomaga w odpowiednim doborze zmiennych wpływających na zachowanie systemu oraz wskazuje ścieżki przepływu informacji pomiędzy tymi zmiennymi. Formułuje reguły decyzyjne odpowiedzialne za sterowanie modelem, nie jest jednak w stanie uchwycić zachowania się systemu jako całości. Cybernetyka odpowiada za powiązanie wybranych zmiennych budujących model w dodatnie lub ujemne pętle sprzężenia zwrotnego oraz pomaga w strukturalizacji modelu matematycznego dla budowanego systemu. Rozwiązanie takiego modelu, obejmującego często zależności nieliniowe, wymaga odpowiedniej metody numerycznej, którą w przypadku dynamiki systemów jest właśnie symulacja komputerowa.

¹ Mgr inż. Małgorzata Baran, Zakład Ekonomii i Podstaw Zarządzania, Wydział Prawa i Administracji, Uniwersytet Rzeszowski

² M. Baran, *Zastosowanie metody Dynamiki Systemów w przedsiębiorstwie odzieżowym*, [w:] *Wybrane koncepcje i metody zarządzania początku XXI wieku*, pod red. nauk. W. Gonciarskiego i P. Zaskórskiego, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2009, s. 239 – 249.

³ Por. K.R. Śliwa, *O organizacjach inteligentnych i rozwiązywaniu złożonych problemów zarządzania nimi*, WSM SIG, Warszawa 2001.

⁴ J.W. Forrester, *Industrial Dynamics*, MIT Press, Cambridge, MA 1961.

2. SYMULACYJNY MODEL DOSTOSOWANIA WIELKOŚCI ZATRUDNIENIA DLA PRODUKCYJNYCH POTRZEB PRZEDSIĘBIORSTWA ALFA

Alfa to średniej wielkości przedsiębiorstwo odzieżowe z siedzibą na terenie województwa podkarpackiego. Zatrudnia przeciętnie 85 pracowników, w tym 70–80 osób stanowią pracownicy bezpośrednio produkcyjni (ich liczba waha się ze względu na wielkość produkcji w danym okresie). Zakres działalności obejmuje szycie wizytowych spodni męskich zarówno na rynek polski, jak i na rynki zagraniczne. Alfa produkuje trzy wzory spodni charakteryzujące się różną pracochłonnością. Klientami są przede wszystkim inne firmy odzieżowe, sklepy oraz hurtownie odzieżowe, a także klienci indywidualni. Firma skupia się na produkcji pod konkretne zamówienia, nie posiada własnej sieci dystrybucji oraz nie produkuje towarów do swojego magazynu.

Podczas badań przedsiębiorstwo udostępniło dane, które przedstawia tabela 1. Pokazują one ilość spodni uszytych w poszczególnych wzorach (W1, W2, W3) oraz wielkość zatrudnienia bezpośrednio produkcyjnego dla kolejnych miesięcy od stycznia 2008 r. do sierpnia 2009 r..

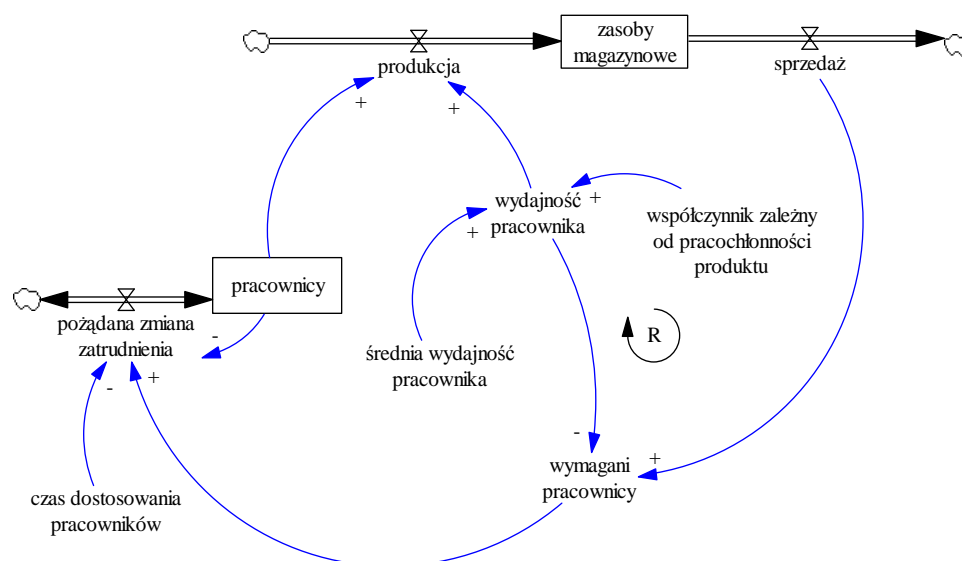
Tabela 1. Zestaw danych udostępnionych przez przedsiębiorstwo Alfa

Rok/miesiąc	Produkcja ogółem = sprzedaż [szt./mies.]	Ilość uszytych spodni w poszczególnych wzorach			Zatrudnienie [osoba]
		W1	W2	W3	
2008/01	12670	0	4054	8616	76
2008/02	11812	0	5906	5906	74
2008/03	10796	0	8853	1943	74
2008/04	10723	0	9651	1072	75
2008/05	10701	4387	0	6314	75
2008/06	11387	4441	0	6946	77
2008/07	9892	2770	7122	0	78
2008/08	8490	5434	3056	0	76
2008/09	11695	2924	2573	6198	77
2008/10	11511	2763	3108	5640	77
2008/11	8287	6132	2155	0	77
2008/12	8313	6318	1995	0	76
2009/01	9778	2347	7431	0	76
2009/02	9606	2882	6724	0	76
2009/03	10189	0	10189	0	72
2009/04	9708	777	8931	0	73
2009/05	10576	0	9413	1163	74
2009/06	11099	0	8102	2997	74
2009/07	10469	0	9736	733	74
2009/08	10812	0	9406	1406	75

Źródło: Opracowanie własne.

Korzystając z udostępnionych danych oraz z modelu symulacyjnego WFINV2, przedstawiającego wielkości zatrudnienia dla istniejących potrzeb firmy, dostępnego w bibliotece modeli symulacyjnych pakietu Vensim⁵, zaproponowano model wtórny, który ukazuje powiązania pomiędzy procesami występującymi w badanym przedsiębiorstwie Alfa (rys. 1)⁶.

Rys. 1. Model wtórny



Źródło: Opracowanie własne.

W powyższym modelu występują trzy rodzaje zmiennych:

- zmienne akumulacyjne (graficznie oznaczone prostokątami), które charakteryzują stan danego systemu oraz generują informacje, na których oparte są wszystkie decyzje i działania kierownictwa;
- zmienne przepływowe (graficznie oznaczone dwuliniowymi strzałkami), modyfikujące bezpośrednio wartości zmiennych akumulacyjnych;
- zmienne pomocnicze, dopełniające obrazu systemu, połączone ze sobą oraz z innymi zmiennymi za pomocą ogniw informacyjnych pozwalających wskazać jednoznacznie kierunek przyczynowo – skutkowy w systemie⁷.

Interpretacja powyższego modelu powinna być następująca. Kluczowe znaczenie mają tu „pracownicy” – jako zmienna akumulacyjna – oraz „produkcja” i „sprzedaż” – jako zmienne przepływowe. W przypadku przedsiębiorstwa Alfa zmienne „produkcja” i „sprzedaż” są sobie równe (w rozliczeniu miesięcznym). Zmienna „sprzedaż” (wynikająca z zamówień) oraz zmienna „wypajność pracownika” wpływają bezpośrednio

⁵ Vensim to jeden z programów wspomagających symulacje systemów, w wersji edukacyjnej dostępny jest na stronie <http://www.vensim.com/>.

⁶ Należy podkreślić, że model ma charakter ogólny.

⁷ Por. R. Łukaszewicz, *Dynamika systemów zarządzania*, PWN, Warszawa 1975, s.75-76.

na ilość „wymaganych pracowników”. Zmienna „wydajność pracownika ” nie jest wartością stałą. Zależy od wzoru szytych spodni, a więc od ich pracochłonności. Jej wartość wyznacza zatem zmienna „średnia wydajność pracownika” skorygowana „współczynnikiem zależnym od pracochłonności produktu”. Zmienna „wymagani pracownicy” wpływa bezpośrednio na kolejną zmienną przepływową („pożądana zmiana zatrudnienia”), która uwzględnia także czas potrzebny do adaptacji nowych pracowników (za pomocą zmiennej „czas dostosowania pracowników”). Zmienna „pożądana zmiana zatrudnienia” określa jednoznacznie wielkość zmiennej „pracownicy”. Zmienne „pracownicy” i „wydajność pracownika” wyznaczają wielkość „produkcji”, która przechodząc przez „zasoby magazynowe” ostatecznie trafia do „sprzedaży”⁸.

3. ROZWINIĘCIE SYMULACYJNEGO MODELU WTÓRNEGO

Rozwinięcie modelu wtórnego stanowi rozbudowanie dolnej jego części tak, aby możliwe było jednoznaczne wskazanie potrzebnej ilości pracowników bezpośrednio produkcyjnych niezbędnych do realizacji przyjętych zamówień (w rozliczeniu miesięcznym). Zmienną „wymagani pracownicy” zastępują więc trzy nowe zmienne: „zapotrzebowanie na pracowników dla P1”, „zapotrzebowanie na pracowników dla P2” oraz „zapotrzebowanie na pracowników dla P3” (P1, P2 i P3 odpowiadają produkcji poszczególnych wzorów spodni: W1, W2 i W3). Na zmienną „zapotrzebowanie na pracowników dla P1” mają wpływ następujące zmienne: „średnia wydajność pracownika”, „zamówienia na W1” oraz „współczynnik korygujący średnią wydajność dla W1”. Średnia wydajność pracownika wynosi w przedsiębiorstwie Alfa 138,5 szt./miesiąc i dotyczy szycia drugiego wzoru spodni (określonego przez kierownictwo jako wzór podstawowy). Z różnic między wzorami spodni wynika różna wydajność pracowników przy ich produkcji. W przypadku wzoru 1 wynosi ona średnio 102,5 szt./miesiąc, a więc „średnia wydajność pracownika” musi być skorygowana o współczynnik równy 0,74. Wszystkie trzy „współczynniki korygujące średnią wydajność” pełnią teraz kolejno funkcję zmiennej „współczynnik zależny od pracochłonności produktu”, która znika z modelu.

Na zmienną „zapotrzebowanie na pracowników dla P2” wpływają takie zmienne, jak „średnia wydajność pracownika”, „zamówienia na W2” oraz „współczynnik korygujący wydajność dla W2”, który w tym przypadku wynosi 1. Zmienną „zapotrzebowanie na pracowników dla P3” kształtują: „średnia wydajność pracownika”, „zamówienia na W3” oraz „współczynnik korygujący wydajność dla W3”, wynoszący dla wzoru trzeciego 1,4.

Zmienne „zapotrzebowanie pracowników dla P1”, „zapotrzebowanie na pracowników dla P2” oraz „zapotrzebowanie na pracowników dla P3” wyznaczają „bilans zapotrzebowania”, który poprzez porównanie z wielkością zmiennej „pracownicy” bezpośrednio wpływa na „pożądaną zmianę zatrudnienia”. Gdy bilans jest ujemny, następuje zwalnianie pracowników; gdy jest dodatni, konieczne jest przyjęcie do pracy dodatkowych osób.

Poniżej przedstawiono wartości zmiennych oraz zależności matematyczne opisujące rozbudowaną część modelu wtórnego:

⁸ Wartości dla poszczególnych zmiennych oraz powiązania matematyczne pomiędzy nimi można znaleźć w M. Baran, *Zastosowanie metody...*, op. cit., s. 248.

„pracownicy” = IF THEN ELSE („pożądana zmiana zatrudnienia”-INTEGER
(„pożądana zmiana zatrudnienia”) > 0,49, INTEGER(„pożądana zmiana
zatrudnienia”) + 1, INTEGER(„pożądana zmiana zatrudnienia”))

(1)

wartość początkowa = 76

jednostka: osoby

„pożądana zmiana zatrudnienia” = „bilans zapotrzebowania” / „czas
dostosowania pracowników”

(2)

jednostka: osoby/miesiąc

„średnia wydajność pracownika” = 138,5

(3)

jednostka: sztuki/osoby/miesiąc

„zapotrzebowanie na pracowników dla P1” = „zamówienia na W1”(Time) /
(„średnia wydajność pracownika” * „współczynnik korygujący średnią
wydajność dla W1”)

(4)

jednostka: osoby

„zapotrzebowanie na pracowników dla P2” = „zamówienia na W2”(Time) /
(„średnia wydajność pracownika” * „współczynnik korygujący średnią
wydajność dla W2”)|

(5)

jednostka: osoby

„zapotrzebowanie na pracowników dla P3” = „zamówienia na W3”(Time) /
(„średnia wydajność pracownika” * „współczynnik korygujący średnią
wydajność dla W3”)

(6)

jednostka: osoby

„zamówienia na W1” = [(0,0)-(20,1)],(0,0),(1,0),(2,0),(3,0),(4,4387),(5,4441),
(6,2770),(7,5434),(8,2924),(9,2763),(10,6132),(11,6318),(12,2347),(13,2882),
(14,0),(15,777), (16,0),(17,0),(18,0),(19,0)

(7)

jednostka: sztuki

„zamówienia na W2” = [(0,0)-(20,20000)],(0,4054),(1,5906),(2,8853),(3,9651),
(4,0),(5,0),(6,7122),(7,3056),(8,2573),(9,3108),(10,2155),(11,1995),(12,7431),
(13,6724),(14,10189),(15,8931),(16,9413), (17,8102),(18,9736),(19,9406)

(8)

jednostka: sztuki

„zamówienia na W3” = [(0,0)-(20,10000)],(0,8616),(1,5906),(2,1943),(3,1072),
(4,6314),(5,6946),(6,0),(7,0),(8,6198),(9,5640),(10,0),(11,0),(12,0),(13,0),
(14,0),(15,0),(16,1163),(17,2997),(18,733),(19,1406)

(9)

jednostka: sztuki

„współczynnik korygujący średnią wydajność dla W1” = 0.74

(10)

jednostka: brak

„współczynnik korygujący średnią wydajność dla W2” = 1

(11)

jednostka: brak

„współczynnik korygujący średnią wydajność dla W3” = 1.4

(12)

jednostka: brak

$$\begin{aligned} \text{„bilans zapotrzebowania”} &= (\text{„zapotrzebowanie na pracowników dla P1”} + \\ &\text{„zapotrzebowanie na pracowników dla P2”} + \text{„zapotrzebowanie na} \\ &\text{pracowników dla P3”}) - \text{„pracownicy”} \end{aligned} \quad (13)$$

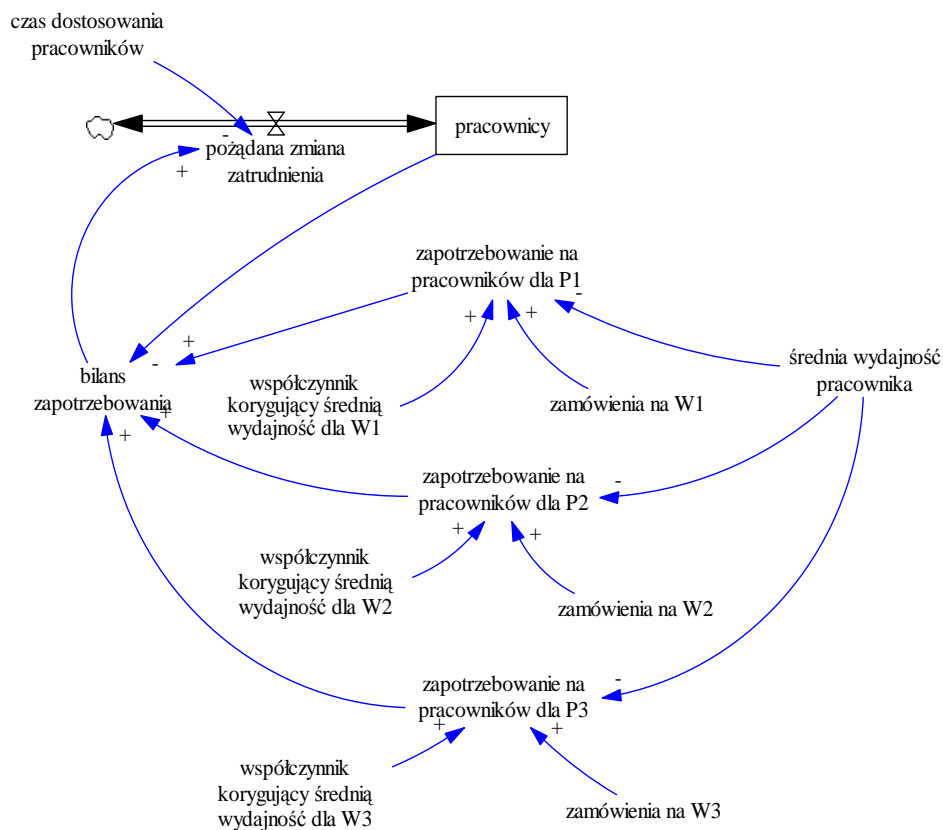
jednostka: osoby

$$\begin{aligned} \text{„czas dostosowania pracowników”} &= 1. \end{aligned} \quad (14)$$

jednostka: miesiąc

Po wprowadzeniu wymienionych powyżej zmian dolna część modelu wtórnego przybrała postać przedstawioną na rysunku 2.

Rys. 2. Rozwinięta dolna część modelu wtórnego



Źródło: Opracowanie własne.

4. SYMULACJA NOWEGO MODELU

Po uzupełnieniu modelu przyjętymi parametrami przeprowadzono symulację w programie Vensim PLE. Poprzez porównanie wyników symulacji z danymi historycznymi sprawdzono poprawność modelu. Dla kroku symulacji przyjęto wartość 0,5. Wyniki symulacji przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Wielkość zatrudnienia: dane historyczne i wyniki symulacji

Miesiąc	Dane historyczne	Wyniki symulacji
1	76	76
2	74	74,5
3	74	74
4	75	74,5
5	75	75
6	77	76
7	78	78
8	76	77,5
9	77	77
10	77	78,5
11	77	78
12	76	76,5
13	76	76,5
14	76	76,5
15	72	76
16	73	74
17	74	73,5
18	74	73,5
19	74	74
20	75	74,5

Źródło: Opracowanie własne.

Analizując powyższe wyniki można zauważyć, że w sześciu przypadkach są identyczne z danymi historycznymi, w ośmiu przypadkach różnią się od danych historycznych o 0,5 pracownika, w trzech przypadkach o 1 pracownika, w dwóch przypadkach o 1,5 pracownika i w jednym przypadku o 4 pracowników. Maksymalna wielkość błędu stanowi więc 5,55%. Powstałe różnice pomiędzy danymi można wytłumaczyć przyjęciem średnich wartości dla takich zmiennych, jak „średnia wydajność pracownika” oraz dla „współczynników korygujących średnią wydajność” dla poszczególnych wzorów spodni. Innym wytłumaczeniem jest fakt, że zamodelowany został czynnik ludzki, który podlega różnym wahaniom (choroby, złe samopoczucie, zwolnienia, urlopy itp.).

5. PODSUMOWANIE

W powyższym artykule zaproponowano rozwinięcie modelu wtórnego dotyczącego dostosowania wielkości zatrudnienia do potrzeb produkcyjnych przedsiębiorstwa Alfa. Symulacja potwierdziła poprawność modelu. Niewielkie różnice występujące pomiędzy wynikami symulacji a danymi historycznymi wynikły z konieczności przyjęcia dla niektórych zmiennych wartości średnich.

Przedstawiony model może stanowić w firmie Alfa skuteczne i pomocne narzędzie w procesie zatrudniania i zwalniania pracowników. Jeśli wziąć pod uwagę fakt, że Alfa nie wykorzystuje w pełni swoich możliwości produkcyjnych, w przypadku większych

zamówień firma jest w stanie w szybkim czasie określić liczbę nowych pracowników (bezpośrednio produkcyjnych) niezbędnych do realizacji zleceń. Model może również posłużyć innym przedsiębiorstwom o podobnym profilu produkcyjnym, które mogą zaadaptować go do własnego otoczenia i wymagań.

LITERATURA

- [1] Baran M., *Zastosowanie metody Dynamiki Systemów w przedsiębiorstwie odzieżowym*, [w:] *Wybrane koncepcje i metody zarządzania początku XXI wieku*, red. W. Gonciarski, i P. Zaskórski, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2009
- [2] Forrester J.W., *Industrial Dynamics*, MIT Press, Cambridge, MA 1961
- [3] <http://www.vensim.com>
- [4] Łukaszewicz R., *Dynamika systemów zarządzania*, PWN, Warszawa 1975
- [5] Śliwa K.R., *O organizacjach inteligentnych i rozwiązywaniu złożonych problemów zarządzania nimi*, WSM SIG, Warszawa 2001

THE DEVELOPMENT OF THE SYSTEM DYNAMICS SIMULATION MODEL OF THE PRODUCTION PROCESS STAFFING. A CASE OF THE CORPORATION "ALPHA"

The article develops the simulation model of the adjustment between production process staffing and changing production plan. Based on empiric research (acronym Corporation Alpha), the model uses System Dynamics convention for showing the problem structure and for simulating basic relationships existing between these variables. The validation of the problem structure is contextualized with historic data. Methodological aim of the text is to show how the System Dynamics modelling and simulation can be used for real system processes analysis.