

Małgorzata Baran*

**DYNAMIKA ZWIĄZKÓW POMIĘDZY PODSYSTEMAMI
PRODUKCJI I ZATRUDNIENIEM.
PRZYPADEK PRZEDSIĘBIORSTWA „ALFA”**

**THE DYNAMICS OF THE PRODUCTION AND LABOR
SECTOR IN AN INDUSTRIAL ENTERPRISE.
A CASE OF THE CORPORATION “ALPHA”**

Summary

The aim of this article is to extend simulation model of the ALPHA Enterprise production. The model attempts to develop employment adjustment servicing changing production plan and contains two fundamental parts: first – responsible for labor requirement planning, and second – showing relationships between production outcome and personnel staffing.

1. Uwagi wstępne

Wykorzystywanie symulacji komputerowej jako narzędzia analizy zachowania się złożonych systemów ekonomicznych staje się dla ekonomistów, kadry kierowniczej czy naukowców coraz bardziej powszechne. Symulacja daje możliwości badania i przeprowadzania eksperymentów w zakresie często bardzo złożonych, wewnętrznych interakcji występujących w tych systemach [Naylor 1975, s. 31]. Praca z modelami symulacyjnymi odwzorowującymi rzeczywiste systemy nie tylko pozwala na testowanie różnych hipotez związanych z zarządzaniem tymi systemami, ale również na odkrywanie skutków przyjętych polityk czy strategii działania. Praktyczne wykorzystywanie modeli to także możliwość zbadania bezpośredniego wpływu struktur systemów na wzorce ich zachowań, odkrywanie punktów najbardziej efektywnego oddziaływania na system, które mogłyby zostać pominięte, jak również rozwija-

* mgr inż., Zakład Ekonomii i Podstaw Zarządzania, Wydział Prawa i Administracji Uniwersytetu Rzeszowskiego.

nie dyscypliny myślenia systemowego, dzięki możliwościom eksperymentowania [Goodman 2008, s. 208].

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie propozycji rozbudowy symulacyjnego modelu wtórnego, dotyczącego dostosowania zatrudnienia do potrzeb produkcyjnych przedsiębiorstwa ALFA, w szczególności tej jego części, która jest odpowiedzialna bezpośrednio za produkcję. Dzięki niej powstanie możliwość ilościowego ujęcia wykonywanej produkcji oraz śledzenia stopnia wykorzystania istniejącego zatrudnienia w procesach produkcyjnych, czyli otrzymywania informacji o nadwyżce bądź niedoborze pracowników. Kolejny krok to zbadanie poprawności przedstawionego modelu poprzez porównanie danych symulowanych z zebranymi danymi historycznymi. Artykuł stanowi kontynuację modelowania procesów zachodzących w przedsiębiorstwie ALFA, związanych z naborem lub redukcją zatrudnienia bezpośrednio produkcyjnego, w zależności od przyjętych zleceń produkcyjnych (zamówień).

Model budowany jest w konwencji metody Dynamiki Systemów, opierającej się na takich dyscyplinach naukowych, jak: tradycyjne zarządzanie, podstawy cybernetyki i symulacja komputerowa. Modele symulacyjne budowane za pomocą tej metody należą do szerokiej klasy modeli abstrakcyjnych, zawierających wyobrażenia pamięciowe, opisy słowne oraz zasady zachowania się w grze ekonomicznej [Forrester 1981, s. 31]. Dzięki jej wykorzystaniu istnieje możliwość strukturyzacji przepływów w systemach oraz ich badanie zarówno w obszarze ilościowym, jak pod kątem występującej w nich dynamiki zachowania.

2. Charakterystyka przedsiębiorstwa i dotychczasowe próby modelowania występujących w nim procesów

Przedsiębiorstwo ALFA to jedno z podkarpackich przedsiębiorstw odzieżowych, zajmujących się szyciem wizytowych spodni męskich zarówno na rynek krajowy, jak i rynki zagraniczne. Firma zatrudnia przeciętnie 85 osób, w tym 70 – 80 osób to pracownicy bezpośrednio produkcyjni. ALFA produkuje trzy wzory spodni, które charakteryzują się różnymi pracochłonnościami. Produkcja wykonywana jest bezpośrednio pod zamówienia odbiorców, bez konieczności jej magazynowania. Odbiorcami są inne firmy odzieżowe, hurtownie, sklepy detaliczne oraz klienci indywidualni. Firma nie posiada sieci własnej dystrybucji.

Podczas przeprowadzanych badań ALFA udostępniła dane, które zawarto w Tabeli 1. Przedstawiają one wielkość zatrudnienia bezpośrednio produkcyjnego, ilości uszytych spodni w poszczególnych wzorach oraz ich sprzedaż ogółem dla poszczególnych miesięcy w przedziale czasu: styczeń 2008 – sierpień 2009.

Tabela 1. Zestaw danych udostępnionych przez ALFA

Rok/miesiąc	Produkcja ogółem = Sprzedaż [szt./mies.]	Ilość uszytych spodni w poszczególnych wzorach [szt./mies.]			Zatrudnienie [osoba]
		Wzór 1	Wzór 2	Wzór 3	
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

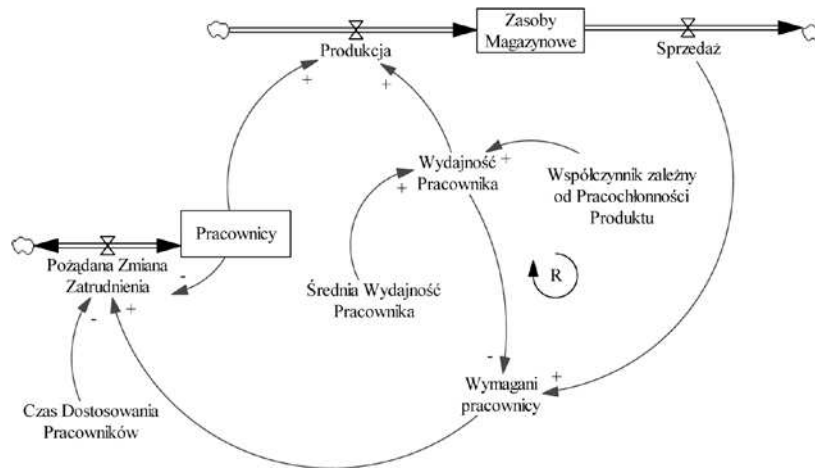
Źródło: Opracowanie własne.

Pierwszym krokiem modelowania procesów odnoszących się do relacji pomiędzy zapotrzebowaniem na pracowników a planowaną produkcją w firmie ALFA było wykorzystanie gotowego modelu WFINV2, dostępnego w bibliotece modeli symulacyjnych pakietu Vensim® PLE^[1]. Dokonując jego korekty w oparciu o dokonane badania zaproponowano symulacyjny model wtórny^[2], przedstawiony na Rysunku 1.

1 Vensim® wersja PLE to jeden z programów wspomagających symulacje systemów, dostępny na stronie <http://www.vensim.com>.

2 Więcej o tym w: [Baran 2010].

Rysunek 1. Symulacyjny model wtórny



Źródło: Opracowanie własne.

Interpretacja powyższego modelu jest następująca: planowana *Sprzedaż* (równa zmiennej *Produkcja* w rozliczeniu miesięcznym) wraz ze zmienną *Wydajność Pracownika* wpływają na liczbę *Wymaganych pracowników*. *Wymagani pracownicy* wpływają bezpośrednio razem z *Czasem Dostosowania Pracowników* oraz zmienną *Pracownicy* (dotychczas zatrudnieni) na *Pożądaną Zmianę Zatrudnienia*. Zmienna *Czas Dostosowania Pracowników* określa czas, jaki musi minąć, aby nowy pracownik był w „pełni wydajny”, czyli wypracował określoną normę przyjętą w firmie. Zmienna *Pożądana Zmiana Zatrudnienia* koryguje zmienną *Pracownicy*, wskazując wartościowo jej wielkość niezbędną do planowanej *Produkcji*. *Produkcję* stanowi iloczyn dwóch zmiennych: *Pracownicy* oraz *Wydajność Pracownika*. *Wydajność Pracownika* przybiera różne wartości ze względu na rodzaj wzoru szytych spodni. Wartościowo więc równa się *Średniej Wydajności Pracownika*, skorygowanej przez *Współczynnik zależny od Pracochłonności Produktu*.

Przedstawiony model zawiera trzy rodzaje zmiennych:

- zmienne akumulacyjne, graficznie przedstawione za pomocą prostokątów, które dostarczają informacji o stanie modelowanego systemu,
- zmienne przepływowe, oznaczone graficznie dwuliniowymi strzałkami, których zadaniem jest zmiana wartości zmiennych akumulacyjnych,
- zmienne pomocnicze, które za pomocą powiązań informacyjnych dopełniają wizualizację zamodelowanego systemu^[3].

3 Dokładną charakterystykę wyróżnionych zmiennych można znaleźć np. w: [Sterman 2000, s. 191 i n.], [Śliwa 2001, s. 260 i n.].

Aparat matematyczny dla powyższego modelu przedstawia się następująco:

- (1) $Produkcja = Pracownicy * Wydajność Pracownika$
Jednostka: sztuk/miesiąc.
- (2) $Zasoby Magazynowe = Produkcja - Sprzedaż(Time)$
Wartość początkowa: 2000.
Jednostka: sztuki.
- (3) $Sprzedaż = [(0,0)-(20,20000)],(0,12670),(1,11812),(2,10796),(3,10723),$
 $(4,10701),(5,11387),(6,9892),(7,8490),(8,11695),(9,11511),(10,8287),$
 $(11,8313),(12,9778),(13,9606),(14,10189),(15,9708),(16,10576),(17,11099),$
 $(18,10469),(19,10812),(20,10812)^{[4]}$.
Jednostka: sztuk/miesiąc.
- (4) $Wymagani pracownicy = IF THEN ELSE(MODULO(Sprzedaż(Time)/Wydajność Pracownika, INTEGER(Sprzedaż(Time)/Wydajność Pracownika))>0.49,$
 $INTEGER(Sprzedaż(Time)/Wydajność Pracownika) +1, INTEGER$
 $(Sprzedaż(Time)/Wydajność Pracownika)^{[5]}$.
Jednostka: osoby.
- (5) $Pożądana Zmiana Zatrudnienia = (Wymagani pracownicy - Pracownicy)/Czas Dostosowania Pracowników$
Jednostka: osoba/miesiąc.
- (6) $Czas Dostosowania Pracowników = 1.$
Jednostka: miesiąc.
- (7) $Pracownicy = Pożądana Zmiana Zatrudnienia$
Wartość początkowa: *Wymagani pracownicy*.
Jednostka: osoby.
- (8) $Wydajność Pracownika = Współczynnik zależny od Pracochłonności$
 $Produktu(Time)*Średnia Wydajność Pracownika$
Jednostka: sztuk/miesiąc/osobę.
- (9) $Średnia Wydajność Pracownika = 138.5.$
Jednostka: sztuk/miesiąc/osobę.
- (10) $Współczynnik zależny od Pracochłonności Produktu = [(0,0.6)-(20,2)],$
 $(0,1.2),(1,1.15),(2,1.05),(3,1.03),(4,1.05),(5,1.07),(6,0.92),(7,0.81),(8,1.08),$
 $(9,1.08),(10,0.78),(11,0.77),(12,0.93),(13,0.91),(14,1),(15,0.98),(16,1.03),$
 $(17,1.08),(18,1.02),(19,1.04),(20,1)^{[6]}$.
Jednostka: brak.

4 Zmienna *Sprzedaż* została zdefiniowana poprzez zmienną typu Lookup. Więcej o zasadach jej budowania w: [Krupa 2008, s. 58].

5 Wyjaśnienie użytych funkcji w: Ibidem, s. 148.

6 Poszczególne wartości zmiennej zostały wyliczone według zaproponowanego przez autorkę wzoru przedstawionego w: [Baran 2010].

Kolejnym krokiem modelowania było rozbudowanie dolnej części modelu wtórnego, a dokładniej zmiennej *Wymagani Pracownicy* oraz zmiana *Współczynnika zależnego od Pracochłonności Produktu* na odpowiednie *Współczynniki korygujące średnią wydajność* dla poszczególnych wzorów uszytych spodni ^[7]. Graficzne przedstawienie tej rozbudowy będzie miało miejsce w dalszej części publikacji, przy końcowej prezentacji rozbudowanego modelu wtórnego.

3. Rozwinięcie części symulacyjnego modelu wtórnego, odpowiadającej za produkcję

W pierwszym etapie rozbudowy modelu utworzono nową jego część, odpowiedzialną za kumulację pracowników gotowych do produkcji. I tak ilość pracowników, którą wskazuje zmienna *Pracownicy* (wynikająca z przyjętych zamówień), kieruje się do nowej zmiennej przepływowej *Przejście pracowników do produkcji*. Pracownicy skumulowani w zmiennej *Pracownicy gotowi do produkcji* są wyznaczani do konkretnych procesów produkcyjnych: P1 – szycia pierwszego wzoru spodni, P2 – szycia drugiego wzoru i P3 – szycia wzoru trzeciego.

Wartościowo poszczególne zmienne *Pracownicy dla produkcji P1*, *Pracownicy dla produkcji P2* oraz *Pracownicy dla produkcji P3* stanowią wielkości pobrane bezpośrednio z *Zapotrzebowania na pracowników dla P1*, *Zapotrzebowania na pracowników dla P2* oraz *Zapotrzebowania na pracowników dla P3*. Zmienne *Pracownicy P1*, *Pracownicy P2* i *Pracownicy P3* łączą poszczególne zapotrzebowania na pracowników z pracownikami pobieranymi do kolejnych procesów produkcyjnych. Ich włączenie było konieczne ze względu na potrzebę zamodelowania wynikłego opóźnienia pomiędzy planowaniem zatrudnienia a jego rzeczywistym wykorzystaniem. Pracownicy, którzy z różnych względów nie zostali przydzieleni do konkretnej produkcji, przechodzą dzięki zmiennej *Niewykorzystani pracownicy* do zmiennej *Wolni pracownicy*.

W kolejnym etapie pojedynczą zmienną odpowiadającą *Produkcji*, występującą poprzednio w modelu wtórnym, zamieniono na trzy zmienne odpowiadające sytuacji w przedsiębiorstwie ALFA: *Produkcję W1* (wzoru pierwszego), *Produkcję W2* (wzoru drugiego) oraz *Produkcję W3* (wzoru trzeciego). Za pomocą modułu „Przerwane potoki” [Śliwa, manuskrypt] istnieje możliwość połączenia dwóch zmiennych przepływowych: i tak pracownicy wyznaczeni dla poszczególnych procesów P1, P2 i P3 trafiają bezpośrednio do swoich produkcji (*Produkcji W1*, *Produkcji W2* i *Produk-*

7 Więcej o tym w: Baran M., Rozwinięcie symulacyjnego modelu dostosowania zatrudnienia do potrzeb produkcyjnych przedsiębiorstwa ALFA w konwencji Dynamiki Systemów, materiały złożone do druku.

cji W3). Wartościowo każda z tych produkcji stanowi iloczyn *Pracowników*, *Średniej wydajności pracownika* oraz odpowiedniego *Współczynnika korygującego średnią wydajność* dla konkretnego wzoru spodni.

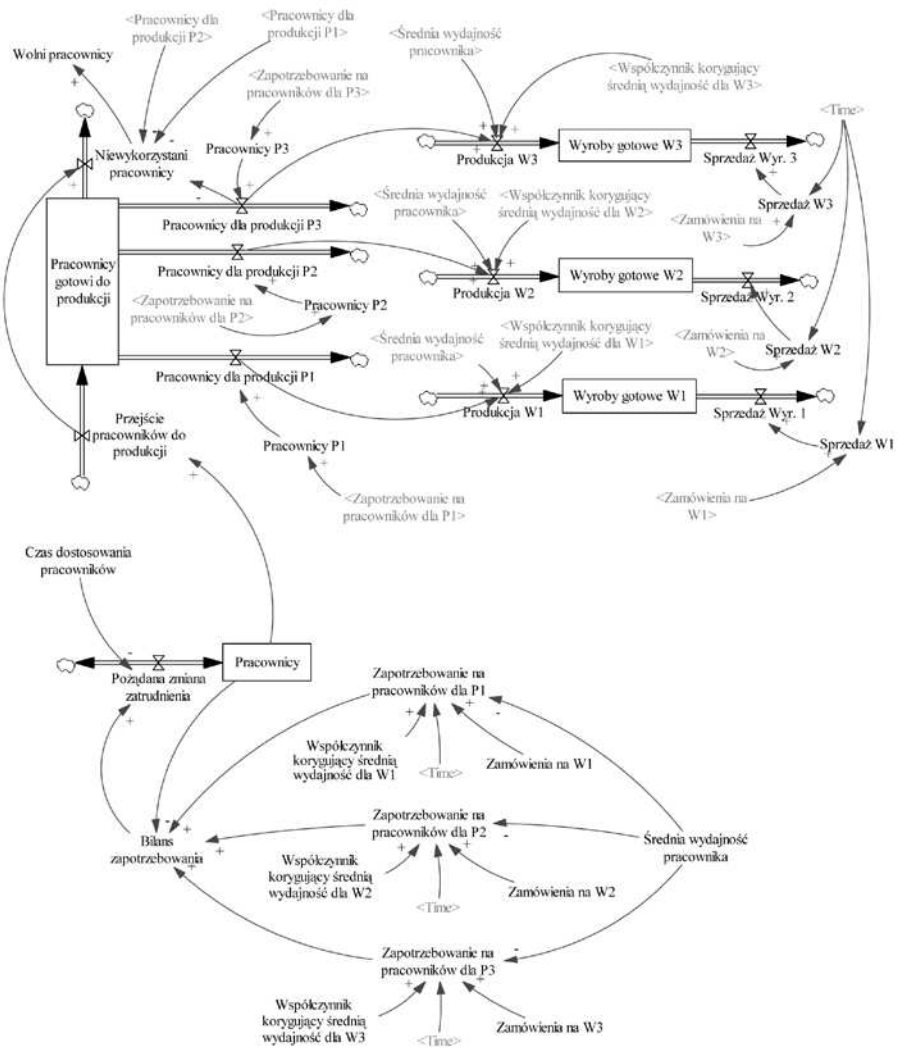
Pierwotną zmienną akumulacyjną *Zasoby Magazynowe* zamieniono na 3 zmienne: *Wyroby gotowe W1*, *Wyroby gotowe W2* i *Wyroby gotowe W3*. Kumulowane są w nich wartości poszczególnych produkcji. Z *Wyróbów gotowych* uszyte spodnie kierowane są bezpośrednio do zmiennych *Sprzedaż Wyr. 1*, *Sprzedaż Wyr. 2* i *Sprzedaż Wyr. 3*, a wartościowo zmienne te stanowią poszczególne zamówienia (czyli *Zamówienia na W1*, *Zamówienia na W2* oraz *zamówienia na W3*). W tym przypadku również zaistniała konieczność połączenia zmiennych odpowiedzialnych za zamówienia ze zmiennymi odpowiedzialnymi za sprzedaż za pomocą zmiennych *Sprzedaż W1*, *Sprzedaż W2* oraz *Sprzedaż W3*, wynikająca z potrzeby zamodelowania istniejącego opóźnienia pomiędzy przyjęciem określonych zamówień, a ich realizacją.

W celu utrzymania przejrzystości modelu, który zostałby zaciemniony poprzez rysowanie zbyt wielu połączeń, wychodzących z jednej zmiennej, użyto tzw. *Shadow variable* (zmiennych cieniowych) oznaczonych szarym kolorem, które umożliwiają graficzne powtórzenie zmiennych w tych miejscach modelu, w których są one niezbędne dla utworzenia aparatu matematycznego.

W modelu pojawia się także zmienna *Time*, która definiując takie zmienne, jak: *Sprzedaż W1*, *Sprzedaż W2* i *Sprzedaż W3*, oznacza ich zmianę w funkcji czasu.

Po wprowadzeniu wyżej wymienionych zmian, rozwinięty model wtórny przyjął postać przedstawioną na Rysunku 2.

Rysunek 2. Rozbudowany model wtórny



Źródło: Opracowanie własne.

Poniżej przedstawiono równania matematyczne opisujące rozbudowany model wtórny.

- (1) $Pracownicy = Pożądana\ zmiana\ zatrudnienia$
Wartość początkowa = 0.
Jednostka: osoby.
- (2) $Przejście\ pracowników\ do\ produkcji = Pracownicy$
Jednostka: osoba/miesiąc.

- (3) *Pracownicy gotowi do produkcji = Przejście pracowników do produkcji - Niewykorzystani pracownicy - Pracownicy dla produkcji P1 - Pracownicy dla produkcji P2 - Pracownicy dla produkcji P3*
Wartość początkowa = 0.
Jednostka: osoby.
- (4) *Pracownicy dla produkcji P1 = Pracownicy P1*
Jednostka: osoby.
- (5) *Pracownicy dla produkcji P2 = Pracownicy P2*
Jednostka: osoby.
- (6) *Pracownicy dla produkcji P3 = Pracownicy P3*
Jednostka: osoby.
- (7) *Pracownicy P1 = DELAY FIXED (Zapotrzebowanie na pracowników dla P1,1,0)*
Jednostka: osoby.
- (8) *Pracownicy P2 = DELAY FIXED (Zapotrzebowanie na pracowników dla P2,1,0)*
Jednostka: osoby.
- (9) *Pracownicy P3 = DELAY FIXED (Zapotrzebowanie na pracowników dla P3,1,0)*
Jednostka: osoby.
- (10) *Niewykorzystani pracownicy = Przejście pracowników do produkcji - (Pracownicy dla produkcji P1 + Pracownicy dla produkcji P2 + Pracownicy dla produkcji P3)*
Jednostka: osoby.
- (11) *Wolni pracownicy = Niewykorzystani pracownicy*
Jednostka: osoby.
- (12) *Produkcja W1 = Pracownicy dla produkcji P1* Średnia wydajność pracownika * Współczynnik korygujący średnią wydajność dla W1*
Jednostka: sztuk/miesiąc.
- (13) *Produkcja W2 = Pracownicy dla produkcji P2* Średnia wydajność pracownika * Współczynnik korygujący średnią wydajność dla W2*
Jednostka: sztuk/miesiąc.
- (14) *Produkcja W3 = Pracownicy dla produkcji P3* Średnia wydajność pracownika * Współczynnik korygujący średnią wydajność dla W3*
Jednostka: sztuk/miesiąc.
- (15) *Wyroby gotowe W1 = Produkcja W1 - Sprzedaż Wyr. 1*
Wartość początkowa = 0.
Jednostka: sztuki.
- (16) *Wyroby gotowe W2 = Produkcja W2 - Sprzedaż Wyr. 2*
Wartość początkowa = 0.
Jednostka: sztuki.

- (17) *Wyroby gotowe W3 = Produkcja W3 - Sprzedaż Wyr. 3*
Wartość początkowa = 0.
Jednostka: sztuki.
- (18) *Sprzedaż Wyr.1 = Sprzedaż W1*
Jednostka: sztuk/miesiąc.
- (19) *Sprzedaż Wyr.2 = Sprzedaż W2*
Jednostka: sztuk/miesiąc.
- (20) *Sprzedaż Wyr.3 = Sprzedaż W3*
Jednostka: sztuk/miesiąc.
- (21) *Sprzedaż W1 = DELAY FIXED (Zamówienia na W1(Time), 1,0)*
Jednostka: sztuk/miesiąc.
- (22) *Sprzedaż W2 = DELAY FIXED (Zamówienia na W2(Time), 1,0)*
Jednostka: sztuk/miesiąc.
- (23) *Sprzedaż W3 = DELAY FIXED (Zamówienia na W3(Time), 1,0)*
Jednostka: sztuk/miesiąc.
- (24) *Czas dostosowania pracowników = 1.*
Jednostka: miesiąc.
- (25) *Pożądana zmiana zatrudnienia = Bilans zapotrzebowania/Czas dostosowania pracowników*
Jednostka: osoba/miesiąc.
- (26) *Bilans zapotrzebowania = Zapotrzebowanie na pracowników dla P1+Zapotrzebowanie na pracowników dla P2+Zapotrzebowanie na pracowników dla P3-Pracownicy*
Jednostka: osoby.
- (27) *Zapotrzebowanie na pracowników dla P1 = Zamówienia na W1(Time) / (Średnia wydajność pracownika * Współczynnik korygujący średnią wydajność dla W1)*
Jednostka: osoby.
- (28) *Zapotrzebowanie na pracowników dla P2 = Zamówienia na W2(Time) / (Średnia wydajność pracownika * Współczynnik korygujący średnią wydajność dla W2)*
Jednostka: osoby.
- (29) *Zapotrzebowanie na pracowników dla P3 = Zamówienia na W3(Time) / (Średnia wydajność pracownika * Współczynnik korygujący średnią wydajność dla W3)*
Jednostka: osoby.
- (30) *Zamówienia na W1 = [(0,0)- (22,10000)],(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),(20,0),(21,0)*
Jednostka: sztuki.

(31) *Zamówienia na W2* = [(0,0)-(22,20000)],(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),(20,0),(21,0)

Jednostka: sztuki.

(32) *Zamówienia na W3* = [(0,0)(22,10000)],(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),(20,0),(21,0)

Jednostka: sztuki.

(33) *Średnia wydajność pracownika* = 138.5.

Jednostka: sztuk/miesiąc/osobę.

(34) *Współczynnik korygujący średnią wydajność dla W1* = 0.74.

Jednostka: brak.

(35) *Współczynnik korygujący średnią wydajność dla W2* = 1.

Jednostka: brak.

(36) *Współczynnik korygujący średnią wydajność dla W3* = 1.4.

4. Symulacja rozbudowanego modelu wtórnego

W celu zbadania poprawności rozwiniętego modelu wtórnego przeprowadzono symulację w programie Vensim® PLE. Przyjęty krok symulacji – 1. Poniżej zaprezentowano wyniki symulacji dla wybranych zmiennych modelu:

a) *Produkcja W1, Produkcja W2 i Produkcja W3* (zob. Tabela 2),

Tabela 2. Dane historyczne i wyniki symulacji

Lp.	Produkcja W1		Produkcja W2		Produkcja W3	
	Wyniki symulacji	Dane historyczne	Wyniki symulacji	Dane historyczne	Wyniki symulacji	Dane historyczne
1	0	0	4054	4054	8616	8616
2	0	0	5906	5906	5906	5906
3	0	0	8853	8853	1943	1943
4	0	0	9651	9651	1072	1072
5	4387	4387	0	0	6314	6314
6	4441	4441	0	0	6946	6946
7	2770	2770	7122	7122	0	0
8	5434	5434	3056	3056	0	0
9	2924	2924	2573	2573	6198	6198
10	2763	2763	3108	3108	5640	5640
11	6132	6132	2155	2155	0	0

Lp.	Produkcja W1		Produkcja W2		Produkcja W3	
	Wyniki symulacji	Dane historyczne	Wyniki symulacji	Dane historyczne	Wyniki symulacji	Dane historyczne
12	6318	6318	1995	1995	0	0
13	2347	2347	7431	7431	0	0
14	2882	2882	6724	6724	0	0
15	0	0	10189	10189	0	0
16	777	777	8931	8931	0	0
17	0	0	9413	9413	1163	1163
18	0	0	8102	8102	2997	2997
19	0	0	9736	9736	733	733
20	0	0	9406	9406	1406	1406

Źródło: Opracowanie własne.

Analizując otrzymane wyniki można zauważyć, że zarówno w przypadku zmiennej *Produkcja W1*, jak i pozostałych dwóch zmiennych *Produkcja W2* oraz *Produkcja W3*, wyniki symulacji są identyczne z danymi historycznymi.

b) *Pracownicy gotowi do produkcji, Wyroby gotowe W1, Wyroby gotowe W2* oraz *Wyroby gotowe W3* (Tabela 3),

Tabela 3. Wyniki symulacji^[8]

Lp.	Pracownicy gotowi do produkcji	Wyroby gotowe W1	Wyroby gotowe W2	Wyroby gotowe W3
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	-0,00049
4	0	0	0	-0,00049
5	0	0	0	-0,00049
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0,00049	0	0
10	0	0,00073	0	0
11	0	0,00098	0	0,00049
12	0	0,00098	0	0,00049
13	0	0,00098	0	0,00049

8 Przedstawione wartości zostały zaokrąglone do piątego miejsca po przecinku.

Lp.	Pracownicy gotowi do produkcji	Wyroby gotowe W1	Wyroby gotowe W2	Wyroby gotowe W3
14	0,00001	0,00098	0	0,00049
15	0,00001	0,00122	0	0,00049
16	0,00001	0,00122	0	0,00049
17	0,00001	0,00122	0	0,00049
18	0	0,00122	0	0,00049
19	0	0,00122	0	0,00049
20	0	0,00122	0	0,00043

Źródło: Opracowanie własne.

Wartość zmiennej *Pracownicy gotowi do produkcji*, jak również wartości zmiennych *Wyroby gotowe W1*, *Wyroby gotowe W2* oraz *Wyroby gotowe W3* przyjmują wartość zero lub bliską zero. Świadczy to o tym, że przyjęci pracownicy bezpośrednio produkcyjni (kumulowani w zmiennej *Pracownicy*) przechodząc do produkcji są od razu przydzielani do konkretnych procesów produkcyjnych (*Produkcji P1*, *Produkcji P2* oraz *Produkcji P3*), a wyprodukowane przez nich ilości poszczególnych wzorów spodni w danym miesiącu trafiają bezpośrednio do odbiorców (za co odpowiedzialna jest zmienna *Sprzedaż*) bez konieczności ich magazynowania.

c) *Pracownicy dla produkcji P1*, *Pracownicy dla produkcji P2* oraz *Pracownicy dla produkcji P3* (Tabela 4).

Tabela 4. Wyniki symulacji i dane historyczne

Lp.	Pracownicy dla produkcji P1	Pracownicy dla produkcji P2	Pracownicy dla produkcji P3	Pracownicy ogółem	
				Wyniki symulacji	Dane historyczne
1	0	29,2708	44,4353	73,7061	76
2	0	42,6426	30,4590	73,1016	74
3	0	63,9206	10,0206	73,9412	74
4	0	69,2823	5,5286	74,8109	75
5	42,8042	0	32,5632	75,3674	75
6	43,3311	0	35,8226	79,1537	77
7	27,0270	51,4224	0	78,4494	78
8	53,0198	22,0650	0	75,0848	76
9	28,5296	18,5776	31,9649	79,0721	77
10	26,9587	22,4404	29,0872	78,4863	77
11	59,8302	15,5596	0	75,3898	77

Lp.	Pracownicy dla produkcji P1	Pracownicy dla produkcji P2	Pracownicy dla produkcji P3	Pracownicy ogółem	
				Wyniki symulacji	Dane historyczne
12	61,6450	14,4043	0	76,0493	76
13	22,8998	53,6534	0	76,5532	76
14	28,1198	48,5487	0	76,6685	76
15	0	73,5668	0	73,5668	72
16	7,5812	64,4838	0	72,065	73
17	0	67,9639	5,9979	73,9618	74
18	0	58,4982	15,4564	73,9546	74
19	0	70,2960	3,7803	74,0763	74
20	0	67,9134	7,2512	75,1646	75

Źródło: Opracowanie własne.

Analizując otrzymane wyniki (po zaokrągleniu ich wartości do całości) można zauważyć, że w pięciu przypadkach wyniki symulowane różnią się od danych historycznych dwoma pracownikami (co stanowi 3% zatrudnienia bezpośrednio produkcyjnego w firmie), w sześciu przypadkach – jednym pracownikiem, a w pozostałych przypadkach są identyczne. Otrzymane różnice mogą wynikać z przyjęcia średnich wartości dla takich zmiennych, jak *Średnia wydajność pracownika* lub *Współczynniki korygujące średnią wydajność* dla uszycia poszczególnych wzorów spodni, jak również z faktu włączenia do modelu czynnika ludzkiego, który podlega różnym wahaniom (zwolnienia, choroby, złe samopoczucie itp.).

5. Uwagi końcowe

Obecnie w rozwiniętym symulacyjnym modelu wtórnym, zbudowanym dla przedsiębiorstwa ALFA, można wskazać dwa charakterystyczne bloki. Pierwszy blok, zbudowany z takich zmiennych, jak: *Bilans zapotrzebowania*, *Pożądana zmiana zatrudnienia*, *Zapotrzebowanie na pracowników dla P1*, *Zapotrzebowanie na pracowników dla P2*, *Zapotrzebowanie na pracowników dla P3* wraz z charakteryzującymi je zmiennymi pomocniczymi – odpowiedzialny jest za zaplanowanie zatrudnienia w odpowiedzi na przyjęte zamówienia. Blok drugi, rozbudowany i przedstawiony w niniejszej publikacji, przedstawia rzeczywiste wykorzystanie zatrudnionych pracowników dla poszczególnych procesów produkcji.

Warto zwrócić uwagę w drugim bloku na zmienną *Wolni pracownicy*. W chwili obecnej zmienna ta przyjmuje wartość zerową. Dzieje się tak, ponieważ zaplanowana ilość zatrudnienia jest w pełni wykorzystywana przy pro-

cesach produkcyjnych. Sytuacja ta jednak może ulec zmianie, gdy zmieni się między innymi *Czas dostosowania pracowników*.

Gdy czas ten przyjmie niższą wartość niż jeden miesiąc, zmienna *Wolni pracownicy* wskaże nadwyżkę zatrudnienia, a w odwrotnej sytuacji pozwoli określić wartościowo, jaki jest niedobór pracowników.

Podsumowując, rozbudowany model może stanowić skuteczne narzędzie wykorzystywane przez przedsiębiorstwo ALFA w zarządzaniu personelem. Może on być również wykorzystany przez inne przedsiębiorstwa, mające podobny profil produkcyjny, poprzez odpowiednią jego modyfikację.

Literatura

1. Baran M., *Zastosowanie metody Dynamiki Systemów w przedsiębiorstwie odzieżowym* [w:] *Wybrane koncepcje i metody zarządzania początku XXI wieku*, red. nauk. Gonciarski W. i Zaskórski P., Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2010.
2. Baran M., *Rozwinięcie symulacyjnego modelu dostosowania zatrudnienia do potrzeb produkcyjnych przedsiębiorstwa ALFA w konwencji Dynamiki Systemów*, materiały złożone do druku.
3. Forrester J. W., *Principles of Systems*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts 1981.
4. Goodman M., *Przejsie do modelowania komputerowego* [w:] Senge P. M., Kleiner A., Roberts C., Ross R. B., Smith B. J., *Piąta dyscyplina. Materiały dla praktyka*, Oficyna Wolters Kluwer Business, Warszawa 2008.
5. Krupa K., *Modelowanie, symulacje i prognozowanie. Systemy ciągłe*, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 2008.
6. Naylor T. H., *Modelowanie cyfrowe systemów ekonomicznych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1975.
7. Sterman J., *Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, Irwin McGraw-Hill, Boston 2000.
8. Śliwa K. R., *Dynamika Systemów w 15 wykładach*, manuskrypt.
9. Śliwa K. R., *O organizacjach inteligentnych i rozwiązywaniu złożonych problemów zarządzania nimi*, Oficyna Wydawnicza WSM SIG, Warszawa 2001.
10. www.vensim.com