

## UŻYTECZNOŚĆ SYMULACYJNEGO MODELU SIŁY ROBOCZEJ WM W HIPERMARKECIE. METODYKA DYNAMIKI SYSTEMÓW

### Streszczenie

W artykule przedstawiono badania użyteczności symulacyjnego modelu siły roboczej WM w organizacjach innych niż przedsiębiorstwa produkcyjne. Model WM oparty na metodyce Dynamiki Systemów został opracowany przez autorkę w rozprawie doktorskiej i służył przede wszystkim przedsiębiorstwom i firmom produkcyjnym. Obecnie autorka przedstawia badania określające możliwość wykorzystania modelu WM w wielopowierzchniowych organizacjach handlowych, tj. w hipermarketach i stawia następujące pytania badawcze: „Czy zbudowany model symulacyjny może być wykorzystany przez firmy nieprodukcyjne?”; „Czy wszystkie części modelu będą niezbędne dla przeprowadzenia podstawowych symulacji w systemie?”; „Jakie modyfikacje w modelu chciałoby przeprowadzić kierownictwo firmy, w której odbędą się badania? Do badań wybrano typowy dział sprzedaży bez funkcji produkcyjnej w jednym z wiodących hipermarketów w Polsce. Podczas pogłębionych wywiadów z kierownictwem działu zebrano niezbędne dane empiryczne, które następnie skwantyfikowano i użyto w symulacyjnym modelu WM. Wyniki pokazały, że symulacyjny model siły roboczej WM może zostać wykorzystany przez firmy handlowe typu hipermarkety. Choć pierwotny model zakładał dobór pracowników bezpośrednio produkcyjnych, to można go również wykorzystać w działach zajmujących się tylko sprzedażą określonych towarów. Wszystkie części modelu są niezbędne do zobrazowania pełnej dynamiki zachowania w systemie siły roboczej oraz do przeprowadzenia symulacji i testowania różnych scenariuszy działania. Modyfikacji uległy jedynie nazwy dwóch zmiennych: zmiennej „Required production” na „Required work” oraz „Required production workers” na „Required workers”. Reguły decyzyjne obowiązujące w systemie pozostały na niezmiennym poziomie.

### Słowa kluczowe

symulacyjny model siły roboczej, myślenie systemowe, Dynamika Systemów, symulacja systemów, hipermarket

---

## WPROWADZENIE

---

W dzisiejszym, mocno z informatyzowanym świecie korzystanie z narzędzi wspomagających zarządzanie określonymi podsystemami organizacji stało się koniecznością. Turbulencje otoczenia wewnętrznego i zewnętrznego powodują trudności w podejmowaniu decyzji kluczowych dla sprawnego funkcjonowania organizacji ze względu na ich złożoność, nieliniowość i przypadkowość. To powoduje, że firmy i przedsiębiorstwa chętnie wykorzystują programy komputerowe, aplikacje lub modele, których głównym celem jest prognozowanie kluczowych wielkości charakterystycznych dla tych organizacji. Jedną z metod, która wspomaga tworzenie modeli symulacyjnych jest Dynamika Systemów<sup>1</sup>, oparta na modelowaniu matematycznym wykorzystującym tradycyjne teorie zarządzania, prawa cybernetyki i symulację komputerową. Dzięki niej można modelować różnego rodzaju systemy i podsystemy, badać ich dynamikę i zachowanie, eksperymentować zakładając różne scenariusze oraz prognozować wartości określonych zmiennych charakterystycznych dla tych systemów<sup>2</sup>.

---

1 Twórcą metody jest Jay Forrester (pracownik MIT w Cambridge, Massachusetts), który pełną metodykę Dynamiki Systemów wraz z przykładami, gdzie ją wykorzystywać przedstawił w takich książkach, jak: *Industrial Dynamics*, The MIT Press, Cambridge MA 1961; *Urban Dynamics*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts 1969; *World Dynamics*, Cambridge MA: Productivity Press, 1973; *Principles of Systems*, Cambridge: MIT Press 1981.

2 Naukowcami, którzy rozwijali lub nadal rozwijają metodykę Dynamiki Systemów na świecie, są m.in. J. Sterman: *Business Dynamics: Systems*

Celem artykułu jest zbadanie użyteczności symulacyjnego modelu siły roboczej, który został opracowany przez autorkę i przedstawiony we wcześniejszych publikacjach. Przy budowie modelu zastosowano pełną metodykę i wskazówki Dynamiki Systemów. Docelowo model był skonstruowany z myślą o firmach produkcyjnych. Obecne badania przedstawiają możliwość wykorzystania modelu w innych firmach niż firmy produkcyjne. Autorka postawiła sobie następujące pytania badawcze: „Czy zbudowany model symulacyjny może być wykorzystany przez firmy nieprodukcyjne?”; „Czy wszystkie części modelu będą niezbędne dla przeprowadzenia podstawowych symulacji w systemie?”; „Jakie modyfikacje w modelu chciałoby przeprowadzić kierownictwo firmy, w której odbędą się badania?”

Badania miały charakter jakościowy i ilościowy. Przeprowadzono wywiady pogłębione z kierownictwem badanych przedsiębiorstw oraz obserwację zależności występujących w systemie związanym z siłą roboczą w wybranym do badań dziale sprzedaży. Zebrano również dane liczbowe, niezbędne do przeprowadzenia symulacji i prognozowania.

## PRZEGLĄD LITERATURY

Dynamika systemów jest często wykorzystywana do modelowania złożonych systemów gospodarczych takich jak firmy lub innego typu organizacje, w których występuje wiele nieliniowych zależności. System ZZL jest modelowany samodzielnie lub występuje jako jeden z podsystemów większych systemów, obok innych podsystemów, takich jak produkcja, zarządzanie magazynem, zamówienia, rynek, zyski, koszty itp.

Jednym z ciekawszych modeli poświęconych sile roboczej jest model zaproponowany przez Stermana<sup>3</sup>, nazwany „łańcuchem dostaw siły roboczej”. Zmiennymi akumulacyjnymi w tym modelu są „Wolne miejsca pracy” oraz „Siła robocza”. Zmiennymi przepływowymi są: „Tempo tworzenia wolnych miejsc pracy”, „Tempo likwidacji wolnych miejsc pracy”, „Tempo zatrudniania” oraz „Tempo odejść z pracy”. Wśród zmiennych informacyjnych (lub pomocniczych) znajdują się między innymi: „Pożądane tempo tworzenia wolnych miejsc pracy”, „Dostosowanie do wolnych miejsc pracy”, „Pożądane tempo zatrudniania”, „Dostosowanie do siły roboczej” oraz „Oczekiwane tempo odejść”. Zmienną egzogeniczną jest „Pożądana liczba pracowników”, która wynika z innego modelu poświęconego zarządzaniu produkcją. Na przestrzeni czasu można obserwować zachowanie poszczególnych zmiennych modelu w reakcji na różne zmiany zmiennej egzogenicznej.

Innym modelem jest tzw. „model wieloprojektowy” przedstawiony przez Herweg’a i Pilon’a. Autorzy wykorzystując zestaw narzędzi Vensim, przedstawili eksplorację decyzji dotyczących alokacji

Thinking and Modeling for a Complex World, Irwin McGraw-Hill, Boston: 2000.; G. P. Richardson: Modelling for Management, Volume 1, Simulation in Support of Systems Thinking, Dartmouth Publishing Company Limited, Dartmouth 1996; J. W. Morecroft: Strategic Modelling and Business Dynamics. A feedback systems approach. Wiley 2007; P. Senge: Piąta dyscyplina. Teoria i praktyka organizacji uczących się, Oficyna Ekonomiczna Wolters Kluwer, Kraków 2006. W Polsce prekursorem metody był R. Łukaszewicz: Dynamika Systemów Zarządzania, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1975. Rozwijali lub nadal rozwijają ją także, m.in.: E. Kasperska: Dynamika Systemowa. Symulacja i optymalizacja, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005; M. Łatuszyńska: Modelowanie i symulacja w zarządzaniu produkcją, Przegląd Organizacji, Nr 12 (911), 2015, <https://doi.org/10.33141/po.2015.12.07>; E. Radoński: Systemy informatyczne w dynamicznej analizie decyzyjnej, wyd. II, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013; K. R. Śliwa: O organizacjach inteligentnych i rozwiązywaniu złożonych problemów zarządzania nimi, Oficyna Wydawnicza WSM SIG, Warszawa 2001; J. Tarajkowski: Elementy dynamiki systemów, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, 2008; M. Baran: The manufacturing company microworld as a strategic management tool. The efficiency in orders fulfillment, [w:] Humanities and Social Sciences, Publishing House of Rzeszow University of Technology, Vol 30 No 4 – part 2; 2023, <https://doi.org/10.7862/rz.2023.hss.59>.

3 J. Sterman, Business Dynamics...op. cit., s. 757-770.

zasobów ludzkich w oparciu o doświadczenia z praktyk w Sikorsky Aircraft i Xerox Corporations<sup>4</sup>. Model został przetestowany w celu określenia wpływu proaktywnych i reaktywnych decyzji o alokacji zasobów na zdolność organizacji do realizacji projektów i rozbudowy kapitału intelektualnego. W swojej publikacji autorzy przetestowali różne scenariusze związane z decyzjami menadżerskimi dotyczącymi takich aspektów, jak: nadgodziny, priorytetyzacja projektów, alokacja zasobów na różnych etapach projektów oraz zarządzanie kapitałem intelektualnym w krótkim i długim okresie czasu.

Innym interesującym modelem jest model dostosowywania poziomu zatrudnienia do zapotrzebowania przedsiębiorstwa przedstawiony przez Krupę<sup>5</sup>. Zmiennymi akumulacyjnymi w tym modelu są „Magazyn” i „Siła robocza”. Zmiennymi przepływowymi są: „Produkcja”, „Sprzedaż” oraz „Tempo zatrudniania”. Model zawiera takie zmienne informacyjne, jak: „Średnia wydajność pracownika”, „Czas dostosowania pracowników”, „Pokrycie sprzedaży zasobami magazynowymi” oraz „Czas na korektę zasobów”. Głównym celem modelu jest określenie odpowiedniej liczby pracowników produkcyjnych, która ulega ciągłym zmianom wskutek zmian zapotrzebowania. Model umożliwia przeprowadzanie różnych testów, na przykład obserwowanie zmiany zachowania poszczególnych zmiennych w reakcji na zmianę zmiennej „Czas dostosowania pracowników”.

Bardziej współczesne modele to np. model An’a (i innych współautorów), który może znaleźć zastosowanie w zarządzaniu projektami<sup>6</sup>; model Das’a i Bhar’a wspomagający estymację potrzeb kadrowych<sup>7</sup> oraz model Jnitovej (i innych współautorów) związany z planowaniem i zarządzaniem siłą roboczą w wojsku w celu usprawnienia procesu decyzyjnego<sup>8</sup>.

Ciekawego przeglądu modeli dokonał także Peck<sup>9</sup> koncentrując się na analitycznych, symulacyjnych oraz empirycznych modelach siły roboczej opublikowanych w literaturze naukowej w latach 1959–2021. Przeprowadził ich systematyzację, charakterystykę i rekomendacje.

---

## METODYKA BADAWCZA

---

Do badań wykorzystany został symulacyjny model siły roboczej w przedsiębiorstwie produkcyjnym, zbudowany już wcześniej przez autorkę niniejszej publikacji<sup>10</sup>. Model składa się z dwóch powiązanych podmodeli. Zadaniem jednego z nich jest planowanie zatrudnienia w odpowiedzi na przyjęte zamówienia, natomiast zadaniem drugiego jest przedstawienie rzeczywistego wykorzystania zatrudnionej siły roboczej w poszczególnych procesach produkcyjnych. Zmiennymi

4 G. M. Herweg, K. E. Pilon, System Dynamics Modeling for the Exploration of Manpower Project Staffing Decisions in the Context of a Multi-Project Enterprise, 2001. [dostęp: 29.09.2025]. Pobrane z: [System dynamics modeling for the exploration of manpower project staffing decisions in the context of a multi-project enterprise](#).

5 K. Krupa, Modelowanie, symulacja i prognozowanie. Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 2008, s. 92-99.

6 L. An, J. Jeng, Y. M. Lee, Ch. Ren, Effective workforce lifecycle management via system dynamics, 2007. WSC '07: Proceedings of the 39th conference on Winter simulation: 40 years! The best is yet to come. Pages 2187 – 2195. DOI: 10.5555/1351542.1351929.

7 R. Das, Ch. Bhar, System dynamics-based approach to manpower planning, International Journal of Business Information Systems, 28(2) 2018:178. DOI: 10.1504/IJBIS.2018.091863.

8 V. Jnitova, S. Elsayah, M. Ryan, Towards a Modular System Dynamics Approach for Modelling Military Workforce Planning Problems, 2017. INCOSE International Symposium. DOI:10.1002/j.2334-5837.2017.00388.x.

9 W. J. Peck, Workforce planning: a review of methodologies, Annals of Operations Research 2025, 352(1-2):251-294. DOI:10.1007/s10479-025-06734-1.

10 Docelowo model połączony był z innymi modelami: zamówień, produkcji i zarządzania magazynem, zob. M. Baran, J. Stecko, Simulation model of labor force for the manufacturing company based on System Dynamics. MMR, vol. XX, 22 (4/2015), pp. 7-2. DOI: 10.7862/rz.2015.mmr.50.

akumulacyjnymi w modelu są: „Niedoświadczeni pracownicy” oraz „Doświadczeni pracownicy”. Zmiennymi przepływowymi są: „Tempo zatrudniania”, „Tempo nabierania doświadczenia” oraz „Tempo odchodzenia z firmy”. Model nie służy jedynie do określania liczby pracowników, ale także wskazuje nadmiar zatrudnienia oraz niedobór pracowników. Pozwala także na testowanie różnych scenariuszy zarządzania siłą roboczą w odpowiedzi na zmianę wartości niektórych zmiennych i stałych.

Metodyka budowy modelu była następująca:

1. Określenie celu budowy modelu.
2. Wybór podmiotów (firm) do badań empirycznych.
3. Pogłębione wywiady z kierownictwem oraz pracownikami wybranych firm.
4. Budowa modelu myślowego systemu zarządzania siłą roboczą, diagramu zależności pomiędzy wytypowanymi zmiennymi tego systemu oraz modelu symulacyjnego.
5. Walidacja zbudowanego modelu poprzez: ocenę poprawności granicy modelowania oraz adekwatności struktury modelu i przyjętych wartości (stałych) w porównaniu z dostępną wiedzą o modelowanym systemie; testowanie dokładności i spójności jednostek zmiennych przyjętych w modelu oraz testowanie zachowania modelu w warunkach ekstremalnych.

W wyniku badań zdefiniowano zmienne budujące model siły roboczej w przedsiębiorstwie produkcyjnym (patrz tab. nr 1).

Tab. 1. Zmienne modelu myślowego siły roboczej w przedsiębiorstwie

| Nazwa zmiennej                                          | Opis                                                                                                                                                                     | Nazwa zmiennej w j. angielskim           |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Niedoświadczeni pracownicy                              | Liczba nowo zatrudnionych pracowników, którzy posiadają pewne umiejętności, ale brakuje im doświadczenia                                                                 | Inexperienced Workers IW                 |
| Tempo zatrudniania                                      | Strumień nowo zatrudnionych pracowników                                                                                                                                  | Hiring rate                              |
| Tempo odchodzenia z pracy niedoświadczonych pracowników | Strumień nowych pracowników odchodzących z pracy z powodu zwolnień narzuconych przez zarząd firmy produkcyjnej, a także z własnej inicjatywy                             | Quitting rate IW                         |
| Tempo nabywania doświadczenia                           | Liczba nowych pracowników (w jednostce czasu), którzy po zdobyciu doświadczenia są uznawani za w pełni zdolną siłę roboczą                                               | Gaining experience rate                  |
| Czas nabywania doświadczenia                            | Czas na zdobycie doświadczenia przez nowych pracowników                                                                                                                  | Gaining experience time                  |
| Wymagana liczna niedoświadczonych pracowników           | Zmienna regulująca tempo zatrudniania nowych pracowników. Wynika z porównania „Całkowitego popytu na pracowników” z liczbą pracowników zatrudnionych w przedsiębiorstwie | Required number of inexperienced workers |

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                           |                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Całkowite zapotrzebowanie na siłę roboczą                                           | Liczba nowych pracowników, których trzeba zatrudnić, wynikająca bezpośrednio z sumy „Potrzebnych pracowników zaopatrzenia i magazynowania”, „Potrzebnych pracowników produkcyjnych” i „Potrzebnych pracowników sprzedaży” | Total demand for workers            |
| Czas na osiągnięcia poziomu zatrudnienia zgodnego z wymaganym                       | Czas na dostosowanie liczby pracowników do pożądanego poziomu                                                                                                                                                             | Hiring time                         |
| Wymagani pracownicy produkcyjni                                                     | Liczba nowych pracowników potrzebnych do produkcji                                                                                                                                                                        | Required production workers         |
| Średnia wydajność pracownika                                                        | Średnia wydajność doświadczonych pracowników<br>Oznacza ilość produktów wytworzonych przez jednego pracownika w przyjętej jednostce czasu                                                                                 | Average productivity                |
| Wymagani pracownicy magazynowi                                                      | Liczba pracowników niezbędnych do pracy w zaopatrzeniu i magazynowaniu                                                                                                                                                    | Required supply and storage workers |
| Wymagani pracownicy do obsługi klienta                                              | Liczba pracowników potrzebnych do pracy w dziale sprzedaży                                                                                                                                                                | Required sales workers              |
| Doświadczeni pracownicy                                                             | Liczba doświadczonych pracowników zatrudnionych w firmie produkcyjnej                                                                                                                                                     | Experienced Workers EW              |
| Tempo odchodzenia z pracy doświadczonych pracowników na swoją prośbę lub emeryturę  | Strumień pracowników odchodzących z pracy na własną prośbę lub z powodu osiągnięcia wieku emerytalnego                                                                                                                    | Quitting rate EW                    |
| Tempo odchodzenia z pracy doświadczonych pracowników w wyniku nadwyżki zatrudnienia | Strumień pracowników zwolnionych przez zarząd z powodu nadmiernego zatrudnienia                                                                                                                                           | Dismissing rate                     |
| Celowa procentowa nadwyżka zatrudnienia                                             | Oznacza maksymalną liczbę nadwyżek pracowników w firmie                                                                                                                                                                   | Percentage of additional workers    |
| Okres wypowiedzenia dla niedoświadczonych pracowników                               | Czas związany z procesem zwalniania pracowników określony w procedurach                                                                                                                                                   | Average notice period for EW        |
| Okres wypowiedzenia dla doświadczonych pracowników                                  | Czas związany z procesem zwalniania nowych pracowników określony w procedurach                                                                                                                                            | Average notice period for IW        |
| Wymagana produkcja                                                                  | Wymagany poziom produkcji określony przez wielkość zamówień                                                                                                                                                               | Required production                 |

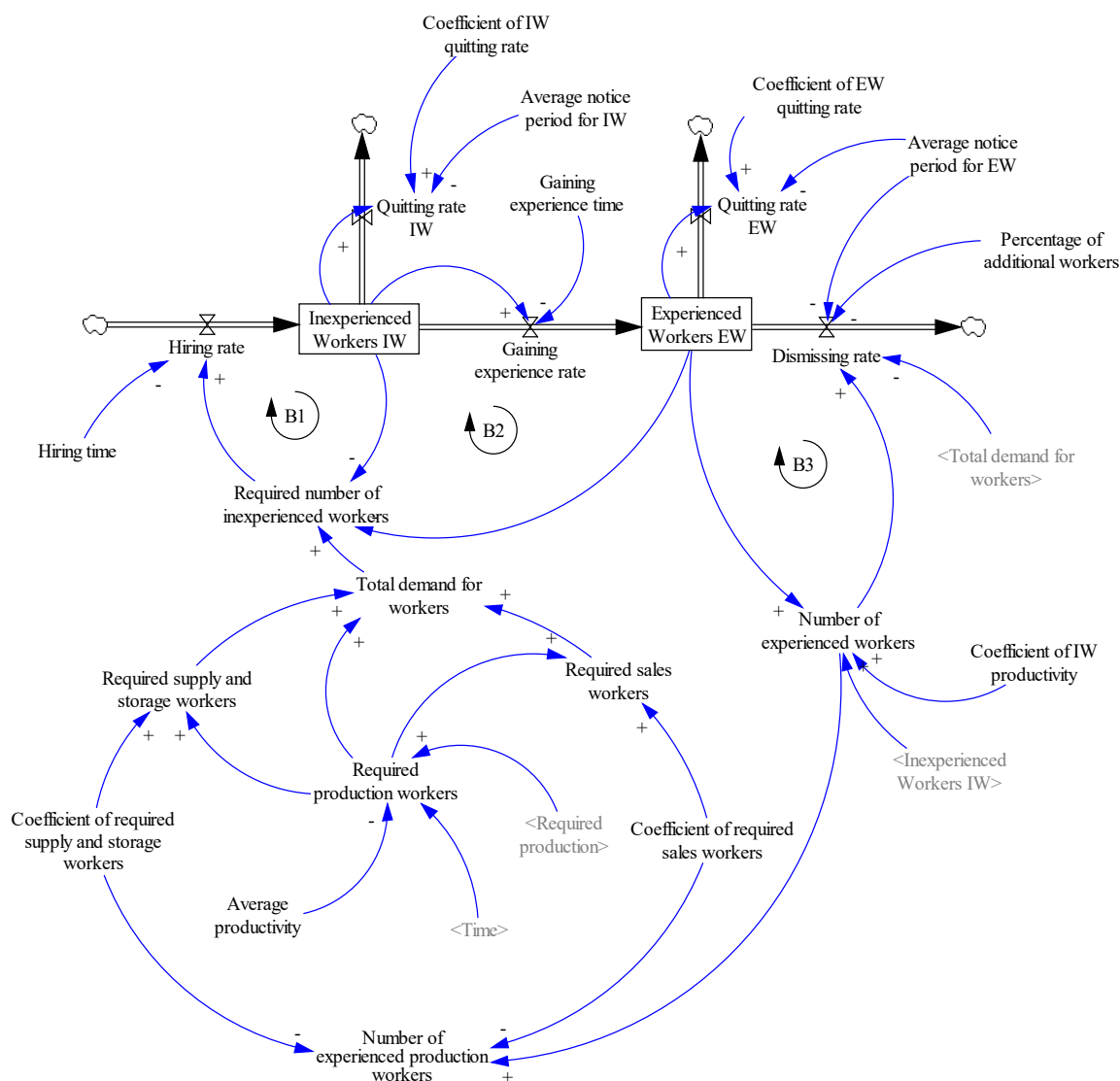
Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań empirycznych.

Dzięki zdefiniowaniu modelu myślowego zbudowano diagramy zależności zmiennych, które były podstawą do budowy końcowego modelu symulacyjnego (patrz rys. nr 1). Model zbudowano w oprogramowaniu Vensim DSS w wersji 5.9e, wykorzystując do budowy aparat matematyczny czyli dostępne funkcje i wyrażenia matematyczne<sup>11</sup>.

W modelu występują dwie zmienne akumulacyjne: „Inexperienced Workers IW” powiększane

11 Model symulacyjny przedstawiony jest w wersji oryginalnej – angielskiej.

o zmienną przepływową „Hiring rate” i pomniejszane o zmienną przepływową „Gainig experience rate” oraz „Experienced Workers EW” powiększane o zmienną przepływową „Gainig experience rate” i pomniejszane o zmienną przepływową „Dismissing rate”.



**Rys. 1. Model symulacyjny systemu siły roboczej WM**

Źródło: Opracowanie własne w środowisku Vensim 5.9e.

Model odzwierciedla proces prognozowania liczby pracowników niezbędnej do realizacji założonej produkcji (pracy). Impulsem do określenia „Total demand for workers” jest zmienna „Required production workers” wynikająca z założonego planu produkcji. Przyjęto, że zmienne „Required supply and storage workers” oraz „Required sales workers” zależą od „Required production workers”. Suma „Required production workers”, „Required supply and storage workers” oraz „Required sales workers” określa „Total demand for workers”. Zapotrzebowanie to jest porównywane z rzeczywistą liczbą zatrudnionych pracowników, a wynikowa różnica stanowi podstawę dla „Hiring rate”, czyli zmiennej przepływowej obrazującej zatrudnianie nowych pracowników. Na początku nowo zatrudnieni pracownicy są traktowani jako „Inexperienced Workers IW”, którzy nie mają jeszcze doświadczenia i są szkoleni. Niektórzy z nich odchodzą z różnych przyczyn, np. na własną prośbę („Quitting rate”). Pozostali nowi pracownicy zdobywają wymagane doświadczenie i są traktowani jako „Experienced



Workers EW". Doświadczeni pracownicy mogą również odejść z pracy, co odzwierciedla „Coefficient of EW quitting rate”. Może to wynikać z własnej prośby lub z powodu osiągnięcia wieku emerytalnego. Poza tym pracownicy mogą być zwalniani dyscyplinarnie.

Zmienna przepływowa „Dismissing rate” pełni inną funkcję. Odzwierciedla sytuację, w której przedsiębiorstwo produkcyjne decyduje się zwolnić nadmiar pracowników. Liczba zwalnianych pracowników to liczba przekraczająca sumę zmiennych „Total demand for workers” i „Percentage of additional workers”. Dodatkowi pracownicy stanowią tzw. „rezerwę pracy”, wykorzystywaną w przypadku konieczności zastąpienia pracowników na urlopie lub zwolnieniu lekarskim. Zwolnienia pracowników nie następują natychmiast, ale zgodnie z „Average notice period for EW”.

Model ujawnił trzy ujemnych sprzężenia zwrotne – B1, B2, B3, świadczące o istniejącej dynamice równoważącej w systemie.

Wszystkie zmienne i stałe modelu zespolono w równania matematyczne. Kluczowe relacje przedstawia tabela nr 2.

**Tab. 2. Równania matematyczne w modelu**

| Zmienna/stała modelu     | Równanie matematyczne                                                                                                                                                                                                                                             | Jednostka     |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Inexperienced Workers IW | INTEG(Hiring rate-Quitting rate IW-Gaining experience rate)<br>Initial value: 0                                                                                                                                                                                   | [person]      |
| Hiring rate              | Required number of inexperienced workers/Hiring time                                                                                                                                                                                                              | [person/week] |
| Quitting rate IW         | Inexperienced Workers IW*Coefficient of IW quitting rate/<br>Average notice period for IW                                                                                                                                                                         | [person/week] |
| Gaining experience rate  | Inexperienced Workers IW/Gaining experience time                                                                                                                                                                                                                  | [person/week] |
| Experienced Workers EW   | INTEG(Experienced Workers EW)<br>Initial value: Total demand for workers                                                                                                                                                                                          | [person]      |
| Quitting rate EW         | Experienced Workers EW*Coefficient of EW quitting rate/Average<br>notice period for EW                                                                                                                                                                            | [person/week] |
| Dismissing rate          | IF THEN ELSE(Number of experienced workers/MAX(1,Total<br>demand for workers)>1+Percentage of additional workers/100,<br>(Number of experienced workers-Total demand for<br>workers*(1+Percentage of additional workers/100))/Average<br>notice period for EW, 0) | [person/week] |

Źródło: Opracowanie własne w środowisku Vensim.

## **REZULTATY BADAŃ WŁASNYCH**

Podstawowym celem badań było sprawdzenie użyteczności przedstawionego modelu symulacyjnego WM w innych firmach niż firmy produkcyjne.

Organizacją, w której przeprowadzono badania był jeden z czołowych hipermarketów w Polsce. Badania zawężono do działu zajmującego się sprzedażą słodczy i bakalii. Wybór działu był podyktowany tym, że tylko w nim kierownictwo wyraziło zgodę na udostępnienie danych empirycznych, materiałów źródłowych oraz obserwacje. Zakres czasowy badań to sierpień i wrzesień 2025 roku.

W wywiadach pogłębionych, kierowniczka działu często zwracała uwagę na to, że załoga działu jest mocno przeciążona ze względu na ciągłą rotację pracowników i przyjęty system pracy.

Paradoksalnie czas szukania nowego pracownika to okres około 2 miesięcy. Wielu niedoświadczonych pracowników odchodzi z pracy w ciągu trzech pierwszych miesięcy. Są i tacy, którzy potrzebują dość długiego okresu akomodacji w nowym miejscu pracy, z względu na presję czasu i zadań i niejednokrotnie opór wewnętrzny. Pracownicy aby nabyć w pełni doświadczenie przy pracy potrzebują ok. 3 miesięcy. Są wtedy szkoleni do wykonywania różnych zadań (np. obsługa wózka widłowego).

Na dziale bakalie i cukierki zatrudnionych jest średnio 10 osób. Nie są to pracownicy produkcyjni. Ich zadaniem jest wyłożenie towaru, który przyjeżdża na paletach, wykonanie wszystkich zaplanowanych zadań z nim związanych oraz spisanie zapotrzebowania w razie jego braku. Są także odpowiedzialni za obsługę klienta i sprzedaż. Jeden pracownik zajmuje się średnio 22 paletami na miesiąc. Są miesiące gdy tych palet jest znacznie więcej – np. w okresie przedświątecznym, Dniu Św. Mikołaja lub Dniu Dziecka.

Do obsługi badanego działu sprzedaży potrzebnych jest 4 magazynierów. Ich głównym zadaniem jest zagospodarowanie palet z towarem w magazynie, których przyjeżdża średnio 240 na miesiąc.

W dziale pracują także pracownicy dodatkowi. Są to osoby związane ze sprzedawaną marką. Ich zadaniem jest wyeksponowanie towaru, spis zapotrzebowania, reklama i promocje oraz niejednokrotnie obsługa klienta.

W kolejnym etapie badań skwantyfikowano i uśredniono zebrane dane. Ich wyniki przedstawiono w tab. nr 3. Wartości danych wynikały z przyjętych w hipermarkecie założeń decyzyjnych, procedur prawnych oraz ustaleń kierownictwa. Aby dostosować symulacyjny model do badanego przypadku, nazwę zmiennej „Required production” zamieniono na zmienną „Required work”, która zawiera w sobie wszystkie czynności, jakie pracownik musi wykonać z jedną paletą towaru, gdy pojawi się na sklepie. Ustalono średnią liczbę „Required work” na poziomie 240 szt. palet na miesiąc. Współczynniki odejść pracowników wynosiły odpowiednio: pięciu nowych pracowników na dziesięciu przyjętych po rekrutacji oraz pięciu doświadczonych pracowników na 100-u pracujących, co potwierdzało, że doświadczeni pracownicy dużo rzadziej odchodzili z pracy. Na 10 osób pracujących na dziale bakalie i słodycze przypadało średnio 4-ech magazynierów oraz 5 osób odpowiedzialnych za sprzedaż produktów związanych bezpośrednio ze swoją marką. Ustawowy okres wypowiedzenia umowy dla pracowników niedoświadczonych (na okresie próbnym) wynosił 1 miesiąc, a pracowników doświadczonych – 3 miesiące. Przyjęto także procentowy zapas siły roboczej w wysokości 30 %.

**Tab. 3. Wartości empiryczne stałych modelu**

| Stała modelu                         | Wartość | Jednostka           |
|--------------------------------------|---------|---------------------|
| Required production<br>Required work | 240     | [szt/miesiąc]       |
| Hiring time                          | 2       | [miesiąc]           |
| Coefficient of IW quitting rate      | 0.5     | -                   |
| Gaining experience time              | 3       | [miesiąc]           |
| Average productivity                 | 22      | [szt/miesiąc/osoba] |

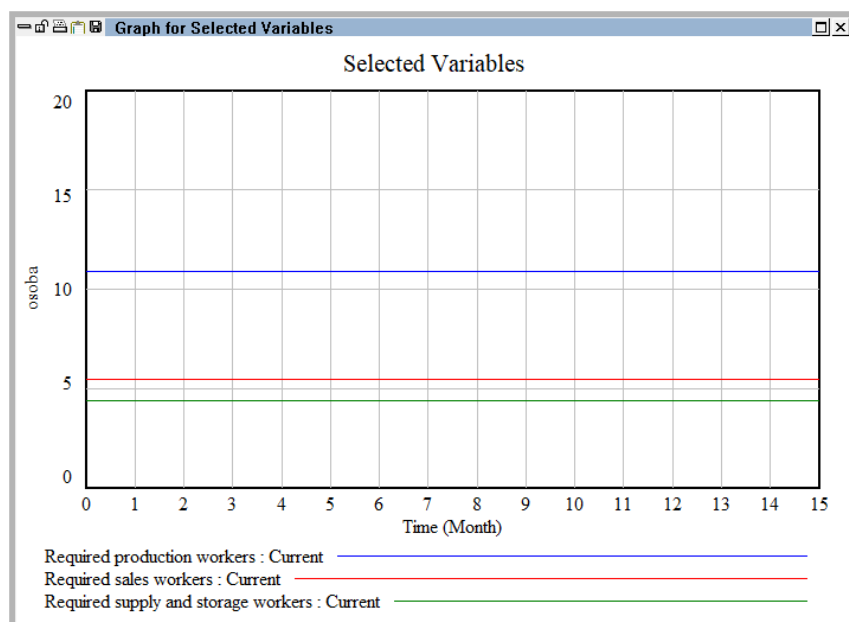


|                                                    |      |           |
|----------------------------------------------------|------|-----------|
| Coefficient of required supply and storage workers | 0.4  | -         |
| Coefficient of required sales workers              | 0.5  | -         |
| Coefficient of EW quitting rate                    | 0.05 | -         |
| Percentage of additional workers                   | 30   | -         |
| Coefficient of IW productivity                     | 0.4  | -         |
| Average notice period for IW                       | 1    | [miesiąc] |
| Average notice period for EW                       | 3    | [miesiąc] |

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań empirycznych.

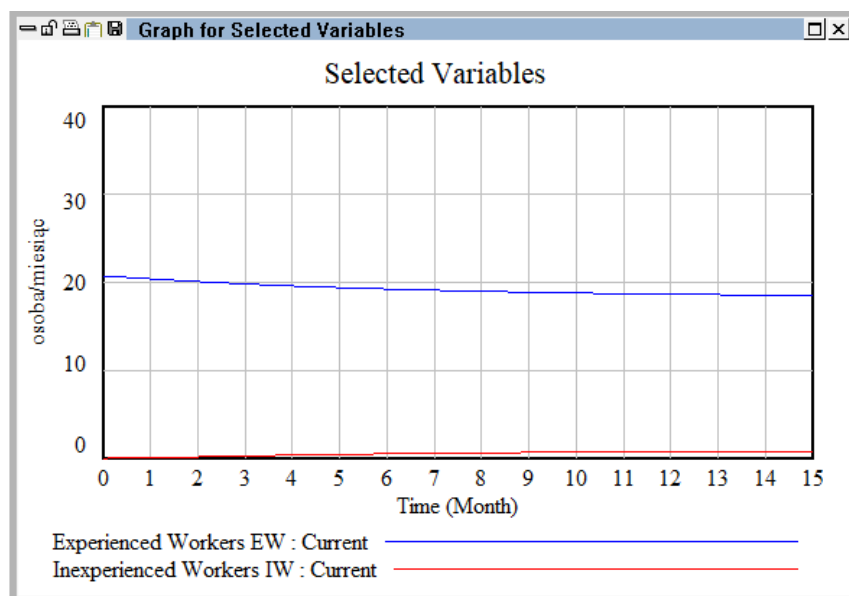
## SYMULACJA MODELU

Po uzupełnieniu modelu skwantyfikowanymi wielkościami empirycznymi dokonano walidacji modelu za pomocą oceny poprawności granicy modelowania, adekwatności struktury modelu i przyjętych wartości (stałych) w porównaniu z dostępną wiedzą o modelowanym systemie, sprawdzeniu dokładności i spójności jednostek zmiennych przyjętych w modelu oraz sprawdzeniu zachowania modelu w warunkach ekstremalnych. Następnie przeprowadzono symulację modelu, która miała wskazać jego prawidłowość. Krok symulacji przyjęto 0.0625. Uzyskane wyniki symulacji zmiennych „Required production workers”, „Required sales workers” oraz „Required supply and storage workers” przedstawiono na rysunku nr 2. Rysunek nr 3 przedstawia wartości zmiennych akumulacyjnych modelu: „Inexperienced Workers IW” oraz „Experienced Workers EW”.



Rys. 2. Wyniki symulacji ilości niezbędnej siły roboczej

Źródło: Opracowanie własne w środowisku Vensim.



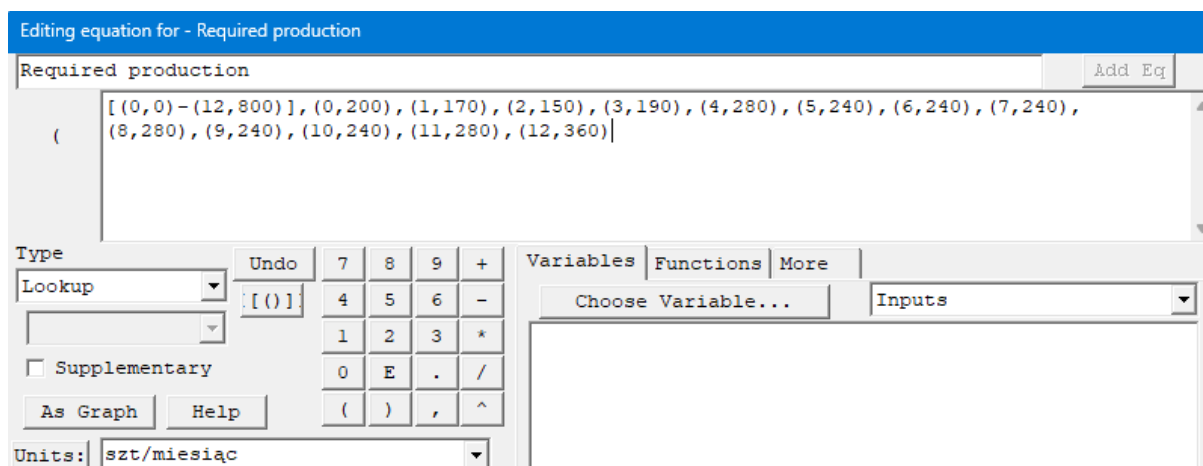
**Rys. 3. Wyniki symulacji wartości zmiennych akumulacyjnych**

Źródło: Opracowanie własne w środowisku Vensim.

Uzyskane wyniki prawidłowo wskazują zapotrzebowanie na pracowników na dziale cukierki i bakalie w badanym hipermarkecie. Wartość „Required production workers” w kolejnych miesiącach (0-15) jest wyższa o 1 pracownika niż w rzeczywistości, ponieważ średnia produktywność pracownika wynosiła 22 palety, a w rzeczywistości tych palet było 24. Z tego względu symulacja wskazała, że potrzebny jest jeszcze jeden pracownik. Zgodnie z przyjętymi regułami decyzyjnymi potrzebnych byłoby 4-5 pracowników magazynowych i 5-6 pracowników odpowiedzialnych za sprzedaż swoich marek, co także jest zgodne z przeprowadzonymi badaniami empirycznymi i obserwacjami.

Symulacja wskazała także to, że wartości zmiennej „Experienced Workers EW” z czasem obniżyła się, ponieważ wg reguł panujących w modelu, pojawił się pracownik już doświadczony z grupy „Inexperienced Workers IW”.

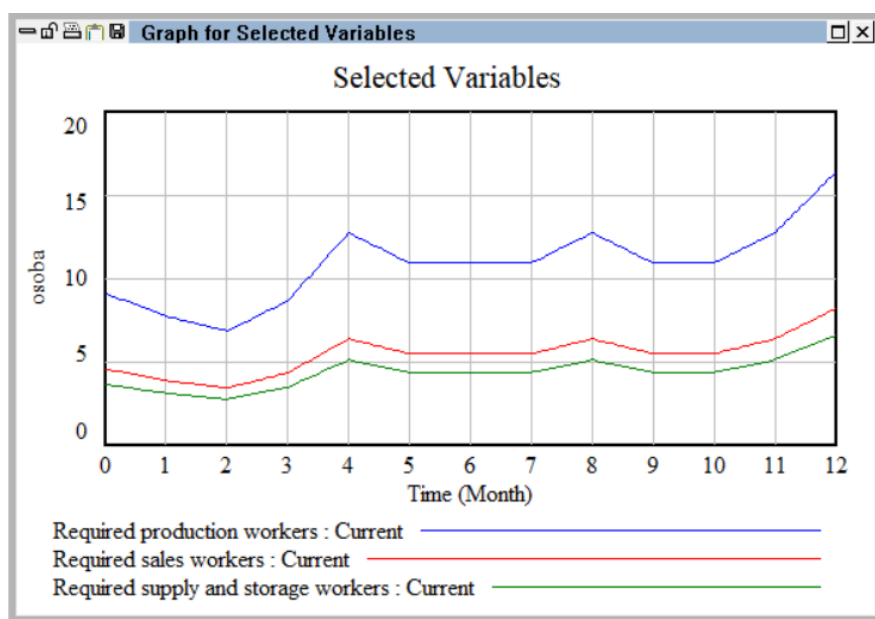
W kolejnym etapie badań sprawdzono użyteczność modelu w realnych warunkach pracy. Wartości zmiennej „Required work” przedstawiono za pomocą zmiennej Lookup, obrazującej prawdziwą dynamikę pracy na badanym dziale sprzedaży w ciągu roku od stycznia do grudnia. W wartościach ujęto skoki wartości zmiennej wynikające np. z okresów przedświątecznych czy Dnia Dziecka. Miesiące oznaczono jako 1, 2, 3 (styczeń, luty, marzec), itd. podając obok liczbę przychodzących palet towaru. Wartości zmiennej przedstawiono na rys. nr 4.



Rys. 4. Realne wartości zmiennej „Required work” w ciągu roku

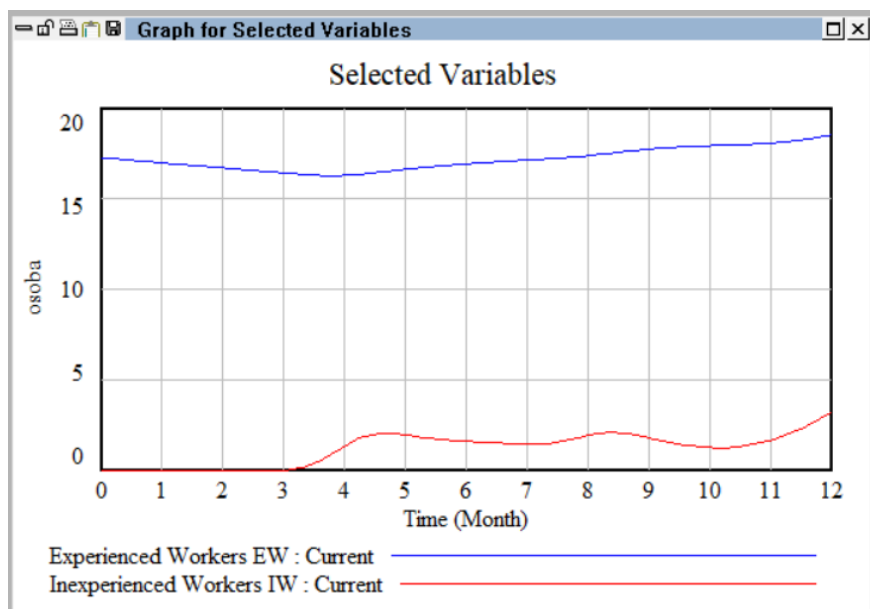
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych empirycznych.

Następnie przeprowadzono symulację modelu. Parametry symulacji pozostały niezmienione. Wyniki przedstawiono na rys. nr 5 i rys. nr 6.



Rys. 5. Wyniki symulacji zapotrzebowania na siłę roboczą w ciągu roku

Źródło: Opracowanie własne w środowisku Vensim.



**Rys. 6. Wyniki symulacji zatrudnienia w ciągu roku**

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych empirycznych.

Na powyższych wykresach widać dynamikę zmian wielkości zapotrzebowania siły roboczej w odpowiedzi na „ilość pracy” do wykonania. W styczniu i lutym było zapotrzebowanie na 7 – 9 pracowników zajmujących się przychodzącym towarem. W marcu, w wyniku przygotowań do Świąt Wielkanocnych zapotrzebowanie zaczęło się zwiększać, dochodząc w kwietniu do 13 pracowników. W maju, czerwcu i lipcu widoczna była stabilizacja zapotrzebowania na poziomie 11 pracowników. W sierpniu znów widoczny był lekki skok, spowodowany przygotowaniem do nowego roku szkolnego. Od października już ruszyły przygotowania do Dnia Wszystkich Świętych, następnie Mikołaja i Świąt Bożego Narodzenia. W grudniu odnotowano zapotrzebowanie na pracowników na najwyższy poziomie – 17 osób.

Analogicznie do zmian zapotrzebowania na pracowników pracujących bezpośrednio na dziale sprzedaży, zmieniało się zapotrzebowanie na osoby pracujące w magazynie oraz osoby z zewnątrz opiekujące się swoją marką.

Rysunek nr 6 obrazuje symulowane wielkości zatrudnienia doświadczonych i niedoświadczonych osób. W przeciągu roku poziom zatrudnienia doświadczonych osób oscylował w granicach 16-18 osób. Na początku założonego okresu badawczego nie byli potrzebni pracownicy niedoświadczeni. W miarę czasu i występującej dynamiki systemu siły roboczej zaczęli pojawiać się niedoświadczeni pracownicy co na końcu okresu badawczego przełożyło się na znaczny wzrost ich zatrudnienia.

## DYSKUSJA I KONKLUZJE KOŃCOWE

Symulacja modelu WM w pełni pokazała dynamikę zmian zapotrzebowania na siłę roboczą w odpowiedzi na napływ palet w badanym dziale sprzedaży na przestrzeni jednego roku. W odróżnieniu od modelu pierwotnego, w tym modelu nie występowali pracownicy bezpośrednio produkcyjni, tylko tacy, którzy byli odpowiedzialni za pełną obsługę palet trafiających na badany dział. Zakres obowiązków

pracowników magazynowych nie zmienił się, natomiast pracownicy, którzy pracowali tylko na dziale sprzedaży w większości byli przedstawicielami swoich marek opiekowali się ich produktami.

Możliwości badań na modelu są dużo większe. Można testować różne scenariusze działania dokonując zmian wartości odpowiednich stałych modelu oraz zmianę reguł decyzyjnych panujących w systemie, przed wdrożeniem ich w życie. Testowanie pomysłów nie pociąga żadnych kosztów i może być źródłem pomysłów na ulepszenie bądź modernizację elementów budujących system siły roboczej. Pokazuje też skutki uboczne błędnych decyzji, które są możliwe do wychwycenia dzięki sprzężniowej budowie modelu.

Do modelu można również dodawać nowe zmienne lub stałe obrazujące pełną politykę personalną, jaka występuje w badanym dziale. Można planować urlopy pracownicze oraz regulować zapas dodatkowej siły roboczej. Ciekawym przykładem zastosowania modelu było także zwrócenie uwagi przez kierownictwo działu na planowanie premii dla pracowników. Są miesiące, kiedy pracownicy są mocno obciążeni pracą, np. okresy przedświąteczne. Wtedy ich produktywność znacznie wzrasta. Dzięki modelowi można ją zmierzyć i wyznaczyć wielkości premii czy innych dodatków do wypłaty pracowników.

Model siły roboczej WM może także stanowić źródło poznania i doświadczenia dla kadry menadżerskiej. Dzięki niemu kierownicy różnych szczebli mogą zaznajomić się z dynamiką panującą w systemie oraz z zależnościami występującymi pomiędzy elementami tego systemu. Model może być wykorzystywany do szkoleń nowych menadżerów oraz do tworzenia laboratoriów uczenia się na wybranych działach sprzedaży.

Warto jeszcze wspomnieć o ograniczeniach symulacji. Model nie uwzględnia pełnej polityki personalnej w badanym hipermarkecie oraz pomija czynniki behawioralne. Wartości stałych są uśredniane co powoduje otrzymywanie średnich wartości zmiennych modelu. Model nie uwzględnia także turbulencji otoczenia, choć w takim przypadku można dodać odpowiednią skwantyfikowaną zmienną opisującą cechy tej turbulencji.

Podsumowując przeprowadzone badania i odpowiadając na postawione pytania badawcze w niniejszej publikacji można stwierdzić, że symulacyjny model siły roboczej WM może zostać wykorzystany przez firmy handlowe typu hipermarkety. Choć pierwotny model zakładał dobór pracowników bezpośrednio produkcyjnych, to można go również wykorzystać w działach zajmujących się tylko sprzedażą określonych towarów. Obie części modelu są niezbędne do zobrazowania pełnej dynamiki zachowania w systemie siły roboczej oraz do przeprowadzenia symulacji i testowania różnych scenariuszy działania. Modyfikacji uległy jedynie nazwy dwóch zmiennych: zmiennej „Required production” na „Required work” oraz „Required production workers” na „Required workers”. Reguły decyzyjne obowiązujące w systemie pozostały na niezmiennym poziomie.

---

## BIBLIOGRAFIA

---

1. An, L., Jeng, J., Lee, Y. M., Ren, Ch.: Effective workforce lifecycle management via system dynamics, 2007. WSC '07: Proceedings of the 39th conference on Winter simulation: 40 years! The best is yet to come, s. 2187 – 2195. DOI: 10.5555/1351542.1351929.
2. Baran M.: The manufacturing company microworld as a strategic management tool. The efficiency in orders fulfilment. Humanities and Social Sciences, Vol 30 No 4 – part 2; 2023, s. 9-22. <https://doi.org/10.7862/rz.2023.hss.59>.
3. Baran, M. Stecko, J.: Simulation model of labor force for the manufacturing company based on System Dynamics. MMR, vol. XX, 22 (4/2015), s. 7-21. DOI: 10.7862/rz.2015.mmr.50.
4. Das, R., Bhar, Ch.: System dynamics-based approach to manpower planning, International Journal of Business Information Systems, 28(2) 2018:178, s. 178-195. DOI: 10.1504/IJBIS.2018.091863.
5. Forrester J. W.: World Dynamics, Productivity Press, Cambridge MA: 1973.
6. Forrester, J.: Industrial Dynamics, MIT Press, Cambridge: 1961.
7. Forrester, J.: Principles of Systems, MIT Press, Cambridge: 1981.
8. Forrester, J.: Urban Dynamics, MIT Press, Cambridge: 1969.
9. Herweg, G. M.; Pilon, K. E.: System Dynamics Modeling for the Exploration of Manpower Project Staffing Decisions in the Context of a Multi-Project Enterprise, 2001. Pobrane z: [System dynamics modeling for the exploration of manpower project staffing decisions in the context of a multi-project enterprise](#). Dostęp: 29.09.2025.
10. Jnitova, V., Elsayah, S., Ryan, M.: Towards a Modular System Dynamics Approach for Modelling Military Workforce Planning Problems, 2017. INCOSE International Symposium, s. 704-720. DOI:10.1002/j.2334-5837.2017.00388.x.
11. Kasperska, E.: Dynamika systemowa. Symulacja i Optymalizacja, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice: 2005.
12. Krupa K.: Modelowanie, symulacja i prognozowanie. Systemy ciągłe, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa: 2008.
13. Łatuszyńska M.: Modelowanie i symulacja w zarządzaniu produkcją, Przegląd Organizacji, Nr 12 (911), 2015, s. 51-57. <https://doi.org/10.33141/po.2015.12.07>;
14. Łukaszewicz, R.: Dynamika systemów zarządzania, PWN, Warszawa: 1975.
15. Morecroft J. W.: Strategic Modelling and Business Dynamics. A feedback systems approach. Wiley 2007.
16. Peck, W. J.: Workforce planning: a review of methodologies, Annals of Operations Research 2025, 352(1-2), s. 251-294. DOI:10.1007/s10479-025-06734-1.
17. Radościński E.: Systemy informatyczne w dynamicznej analizie decyzyjnej, wyd. II, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: 2013.



18. Richarson G. P. (red.): Modelling for Management, Volume 1, Simulation in Support of Systems Thinking, Dartmouth Publishing Company Limited, Dartmouth: 1996.
19. Senge, P. M.: Piąta dyscyplina. Teoria i praktyka organizacji uczących się, Oficyna Ekonomiczna Wolters Kluwer Polska, Kraków: 2006.
20. Śliwa, K. R.: O Organizacjach Inteligentnych i rozwiązywaniu złożonych problemów zarządzania nimi, Oficyna Wydawnicza WSM SIG, Warszawa: 2001.
21. Sterman, J.: Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World, Irwin McGraw-Hill, Boston: 2000.
22. Tarajkowski, J. (red.): Elementy Dynamiki Systemów, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Poznań: 2008.

### USEFULNESS OF THE WM WORKFORCE SIMULATION MODEL IN A HYPERMARKET. SYSTEM DYNAMICS METHODOLOGY

#### **Abstract:**

This article presents research into the usability of the WM simulation model of workforce in organizations other than manufacturing enterprises. The WM model, based on the System Dynamics methodology, was developed by the author in her doctoral dissertation and was primarily used by manufacturing enterprises and companies. Currently, the author presents research determining the feasibility of using the WM model in multi-area retail organizations, i.e., hypermarkets, and asks the following research questions: "Can the developed simulation model be used by non-manufacturing companies?"; "Will all parts of the model be necessary to conduct basic simulations in the system?"; What modifications would the management of the company where the research will take place like to make to the model? A typical sales department without a production function was selected for the study in one of the leading hypermarkets in Poland. During in-depth interviews with department management, the necessary empirical data was collected, quantified, and used in a simulation WM model. The results showed that the simulation WM workforce model can be used by retail companies such as hypermarkets. Although the original model assumed the selection of employees directly involved in production, it can also be used in departments solely responsible for the sale of specific goods. All parts of the model are necessary to illustrate the full dynamics of behavior in the workforce system and to simulate and test various operational scenarios. Only the names of two variables were modified: the variable "Required production" to "Required work" and "Required production workers" to "Required workers." The decision-making rules in the system remained unchanged.

#### **Keywords:**

simulation workforce model, system thinking, System Dynamics, systems simulation, hypermarket