

ZAŁĄCZNIK NR 3

do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego
dra Grzegorza Tarczyńskiego

AUTOREFERAT

PRZEDSTAWIAJĄCY OPIS DOROBKU
ORAZ KARIERY ZAWODOWEJ
DRA GRZEGORZA TARCZYŃSKIEGO

G. Tarczyński

Spis treści

1. IMIĘ I NAZWISKO	3
2. POSIADANE DYPLOMY I STOPNIE NAUKOWE	3
3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH ...	3
4. INFORMACJA O PRACY DYDAKTYCZNEJ	3
5. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA WYNIKAJĄCEGO Z ART. 16 UST. 2 USTAWY Z DNIA 14 MARCA 2003 R. O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (DZ. U. 2017 R. POZ. 1789):.....	6
5.1. TYTUŁ OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO/ARTYSTYCZNEGO.....	6
5.2. SPIS PUBLIKACJI	6
5.3. OMÓWIENIE CELU NAUKOWEGO/ARTYSTYCZNEGO WW. PRACY/PRAC I OSIĄGNIĘTYCH WYNIKÓW WRAZ Z OMÓWIENIEM ICH EWENTUALNEGO WYKORZYSTANIA.....	7
5.3. WKŁAD W ROZWÓJ NAUKI	16
6. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO – BADAWCZYCH (ARTYSTYCZNYCH)	17
6.1. PRACA NAUKOWA PRZED UZYSKANIEM STOPNIA DOKTORA NAUK EKONOMICZNYCH	17
6.2. PRACA NAUKOWA PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA NAUK EKONOMICZNYCH	17
7. SYNTETYCZNE PODSUMOWANIE DOROBKU	21

Autoreferat

1. Imię i nazwisko

Grzegorz Tarczyński

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

Magister ekonomii: 1997, Akademia Ekonomiczna im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wydział Zarządzania i Informatyki, promotor: prof. dr hab. Juliusz Siedlecki, tytuł pracy: *Klasyfikacja danych ekonomicznych za pomocą algorytmu Kohonena*.

Doktor nauk ekonomicznych: 2006, Akademia Ekonomiczna im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wydział Zarządzania i Informatyki, promotor: prof. dr hab. Juliusz Siedlecki, tytuł pracy: *Zastosowanie samoorganizacyjnych map cech do analizy danych ekonomicznych*.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

1 października 1997 – 30 września 2007, Akademia Ekonomiczna im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wydział Zarządzania i Informatyki, Instytut Cybernetyki Ekonomicznej, Katedra Badań Operacyjnych, asystent.

1 października 2007 – obecnie, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Wydział Zarządzania, Informatyki i Finansów, Instytut Zastosowań Matematyki, Katedra Ekonometrii i Badań Operacyjnych (wcześniej Akademia Ekonomiczna im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wydział Zarządzania, Informatyki i Finansów, Instytut Zastosowań Matematyki, Katedra Badań Operacyjnych), adiunkt.

4. Informacja o pracy dydaktycznej

Bardzo ważnym elementem pracy autora wniosku na Uniwersytecie Ekonomicznym we Wrocławiu (i wcześniej na Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu) jest dydaktyka. Od początku, przy kontaktach ze studentami, jednym z celów pracy dydaktycznej było prowadzenie zajęć w sposób nowoczesny. Już około 20 lat temu (w czasach, gdy projektowanie stron w Internecie nie było popularne) autor wniosku uruchomił stronę internetową z aplikacjami uruchamianymi z poziomu przeglądarki, opartymi na technologii

CGI, dzięki którym studenci mogli weryfikować swoje umiejętności z programowania liniowego (strona internetowa umożliwiała wprowadzenie danych i rozwiązanie dowolnych, choć niezbyt dużych, zadań programowania liniowego, generując przy tym tabele z kolejnymi rozwiązaniami bazowymi, zgodnie z algorytmem Simplex) i programowania sieciowego (strona internetowa umożliwiała wprowadzenie danych dotyczących przedsięwzięcia wieloczynnościowego, narysowanie grafu oraz sporządzenie diagramu Gantta). Przykład rozwiązania zadania, wygenerowanego przez zaprogramowaną przez autora wniosku stronę internetową przedstawiony jest na rysunku 1. Udostępnione narzędzia wykorzystywane były również przez pracowników z innych ośrodków akademickich w Polsce oraz ich studentów (świadczy o tym m.in. korespondencja e-mailowa). O możliwościach wykorzystania Internetu do nauczania na odległość autor wniosku napisał recenzowany artykuł: Tarczyński G., 2001, *Nauczanie badań operacyjnych na odległość* [w:] *Nauczanie zawodowe w szkołach wyższych w dobie integracji europejskiej*, Zeszyty Naukowe nr 7, Wyższa Szkoła Zarządzania i Finansów we Wrocławiu, s. 70-76.

Obecnie, wymienione interaktywne strony internetowe, jako zbyt przestarzałe, nie są już dostępne. Zarówno studenci, jak i naukowcy, mają jednak dostęp do narzędzi symulacyjnych, które od kilku lat autor wniosku programuje:

- symulatora procesów magazynowych **Warehouse Real-Time Simulator**
do pobrania z dysku google:
https://drive.google.com/file/d/19-yU0GaoYtEFTLe4Xp86_9tG4tauufEb/view
link przekierowujący: <http://bit.ly/wrts29>
- symulatora magazynów automatycznych z korytarzami ułożonymi w kształcie odwróconych liter T
do pobrania z dysku google:
https://drive.google.com/file/d/19jG5ntShSS58j-7RDO3imB_CX-WdK-NV/view
link przekierowujący: <http://bit.ly/invTsim>
- symulatora regałów *shuttle* z modelem optymalizującym wybór lokalizacji, z których należy pobrać towary
do pobrania z dysku google:
https://drive.google.com/file/d/1_iC-B3UjwlqxG2u60kP8VMjAIGlu-MxO/view
link przekierowujący: <http://bit.ly/shuttleracks>



Rysunek 1. Przykładowy ekran do wprowadzania danych (po lewej stronie) oraz raport (po prawej stronie) wygenerowany przez nieistniejącą już stronę internetową zaprogramowaną przez autora wniosku

Źródło: opracowanie własne.

Symulatory, dzięki rozbudowanym opcjom wizualizacji przebiegu procesów kompletacji zamówień (animacja) umożliwiają zarówno lepsze zrozumienie przebiegu samego procesu (co ma znaczenie w zwłaszcza dydaktyce), jak również pozwalają na zaobserwowanie zachodzących interakcji (co z kolei może mieć np. przełożenie na tworzenie modeli analitycznych przez naukowców). Zwłaszcza program **Warehouse Real-Time Simulator** wywołał odzew środowiska naukowego, co przejawiało się w kontaktach osób związanych ze środowiskiem naukowym z całego świata za pośrednictwem poczty elektronicznej, a powiązany z symulatorem nierecenzowany artykuł był cytowany. Symulator, jako proste, nieodpłatne, ale i efektywne narzędzie umożliwiające analizę procesu kompletacji, wzbudził również zainteresowanie menedżerów jednej z wiodących firm logistycznych w Polsce.

W czasie pracy dydaktycznej autor wniosku prowadził zajęcia m.in. z takich przedmiotów, jak: badania operacyjne, metody podejmowania decyzji biznesowych, modele decyzyjne w logistyce, teoria gier, analizy rynkowe z wykorzystaniem VBA, gry rynkowe, optymalizacja decyzji z wykorzystaniem MS Excel, komputerowe pakiety optymalizacyjne AIMMS.

W latach 2010-2018 autor wniosku był opiekunem kilkudziesięciu obronionych prac licencjackich, a w 2018 roku student, którego pracy był promotorem, otrzymał (jako jedyny absolwent studiów pierwszego stopnia Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu) nagrodę w konkursie „Najlepszy Dyplom Roku” ufundowaną przez Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego.

Autor wniosku opiekował się również doktorantem, pełniąc funkcję promotora pomocniczego. Praca obroniona została w grudniu 2016r.

5. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r. poz. 1789):

5.1. Tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego

Ekonomiczne aspekty optymalizacji procesów magazynowych. Wybrane modele i metody

5.2. Spis publikacji

Jako osiągnięcie naukowe w rozumieniu art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r. poz. 1789) wskazuję monografię habilitacyjną:

Tarczyński G., 2019, *Optymalizacja procesów magazynowych. Wybrane modele i metody*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław.

Recenzentami wydawniczymi monografii byli: dr hab. Marcin Anholcer, prof. UEP (Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu) oraz dr hab. Artur Prędko (Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie).

5.3. Omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Optimalizacja przepływów w ramach łańcuchów dostaw stanowi istotny element działania przedsiębiorstw na konkurencyjnym rynku. W Stanach Zjednoczonych Ameryki koszty związane z logistyką stanowiły w ostatnich 30 latach około 8%-12% PKB, z czego blisko 10% to koszty magazynowania (Wilson, 2013). Z kolei Tompkins i in. (2010) podali, że około 55% kosztów operacyjnych funkcjonowania typowego magazynu generowanych jest przez proces kompletacji zamówień. Potrzeba ciągłego ulepszania zarówno procesu kompletacji zamówień, jak i bezpośrednio na niego oddziałującego procesu składowania towarów ma więc silną motywację finansową. Zadanie to może być wykonywane poprzez zmianę technicznych uwarunkowań funkcjonowania magazynu lub przez modyfikację sposobu działania magazynu przy istniejących zasobach. Pierwsza grupa zagadnień stanowi dziedzinę zainteresowania specjalistów od zarządzania i logistyki (por. np. Krawczyk (red.), 2011; Miłaszewicz i Rut, 2014) i nie stanowi zainteresowania autora wniosku. Dużo bardziej interesujący jest bowiem drugi aspekt, czyli usprawnienie procesów magazynowych poprzez lepsze wykorzystanie istniejących zasobów. **Zagadnienie ma charakter czystko ekonomiczny**, a możliwe jest do przeprowadzenia z wykorzystaniem **metod badań operacyjnych**.

W monografii zwrócono uwagę, że czynnikiem, pozwalającym przedsiębiorstwom osiągać przewagę konkurencyjną na rynku, jest skłonność do wdrażania rozwiązań innowacyjnych. Zdaniem Portera (1990) innowacyjność dotyczy zarówno wprowadzania nowatorskich technologii, jak i po prostu nowych sposobów rozwiązywania dotychczasowych problemów. Zmiana technologii może się wiązać z koniecznością poniesienia znacznych nakładów finansowych i zazwyczaj powoduje też istotne zwiększenie wydajności procesu, którego dotyczy. Optimalizacja realizacji procesu przy istniejących warunkach technologicznych i przy braku dodatkowych nakładów finansowych (ewentualnie przy niewielkich nakładach), często nie powoduje tak spektakularnego wzrostu efektów. Należy jednak pamiętać, że decyzje podejmuje się w określonych warunkach funkcjonowania przedsiębiorstwa, które powinny implikować wybór najbardziej korzystnego dla firmy rozwiązania. Jak podaje Prędki (2016), jednym z podstawowych pojęć, związanych z oceną działalności podmiotów gospodarczych, jest efektywność, która wyraża się w skuteczności przekształcania nakładów w efekty. Samo zwiększenie wydajności, jeśli wiąże się ze znaczącym wzrostem nakładów, oczywiście nie musi powodować polepszenia efektywności, rozumianej zgodnie z koncepcją

Farrella (por. Prędko 2016). W przypadku systemów magazynowych oznacza to wciąż nowe perspektywy dla rozwoju i wdrażania innowacji w magazynach z ręczną kompletacją wyrobów, której wybrane problemy badane były przez autora wniosku.

W swoich badaniach naukowych (których najwartościowsze wyniki zawarte zostały w monografii habilitacyjnej) autor koncentruje się na zagadnieniach ekonomicznych związanych z problematyką optymalizacji procesów magazynowych w systemach, w których kompletacja odbywa się (ręcznie lub jest wspomagana mechanicznie) zgodnie z regułą „człowiek do towaru”. Autor przedstawił oryginalne i w przeważającej większości wcześniej niepublikowane modele i metody z zakresu badań operacyjnych, które pozwalają na bardziej efektywne przeprowadzenie procesu kompletacji zamówień. Zaprezentowano też modele programowania liniowego oraz nieliniowego (sprowadzalne do liniowych), algorytm wykorzystujący koncepcję nienadzorowanych sztucznych sieci neuronowych oraz metody oparte na podejściu symulacyjnym. W monografii przedstawiono również modele czasu kompletacji zamówień, zbudowane w oparciu o statystyczne rozkłady prawdopodobieństwa.

Jednym z zagadnień, dotyczących kompletacji zamówień zgodnie z regułą „człowiek do towaru”, które przez wiele lat pozostawały niezbadane, było opracowanie postaci analitycznej funkcji średniej odległości pokonywanej w magazynie przez magazyniera i związanego z nią średniego czasu kompletacji zamówień w sytuacji, gdy: (1) znane są prawdopodobieństwa odwiedzenia przez magazyniera poszczególnych lokalizacji magazynowych, (2) zakłada się, że nie występuje korelacja pomiędzy wystąpieniem towarów na zamówieniach. Autor wniosku opracował stosowne wzory i wstępne wyniki prac przedstawił na konferencji 28th European Conference on Operational Research w Poznaniu w lipcu 2016 roku. Równolegle swoje prace nad wyprowadzeniem odpowiednich wzorów prowadził również inny zespół, który opublikował wyniki swoich prac w 2017 roku (Dijkstra i Roodbergen, 2017). Przedstawiona koncepcja znacząco odbiega jednak od podejścia zaprezentowanego przez autora wniosku w monografii habilitacyjnej. Autor wniosku przyjął, podobnie, jak ma to miejsce w zdecydowanej większości dotychczasowych prac¹ poświęconych opracowaniu postaci analitycznej funkcji średniej odległości pokonywanej przez magazyniera, że liczba towarów na zamówieniach jest stała. Znane są również prawdopodobieństwa pojawienia się towarów z poszczególnych lokalizacji magazynowych na kolejnych pozycjach zamówienia. Dijkstra i Roodbergen (2017) zakładają natomiast, że dysponują prawdopodobieństwami

¹ Wspomniane artykuły dotyczą, w odróżnieniu od propozycji autora wniosku, całkowicie losowego lub częściowo losowego składowania towarów w magazynie. Szczegółowy przegląd literatury poświęconej szacowaniu czasu kompletacji zamówień znajduje się w podrozdziale 2.1 monografii habilitacyjnej

pojawienia się towarów na zamówieniu, co implikuje zmienną ich liczbą na poszczególnych zamówieniach. Inaczej mówiąc, w koncepcji zaprezentowanej przez Dijkstrę i Roodbergena (2017), prawdopodobieństwa pojawienia się poszczególnych towarów na zamówieniach p'_k wyznaczone są na podstawie danych historycznych zgodnie ze wzorem: $p'_k = \frac{M_k}{M}$, gdzie M – liczba zamówień, M_k – liczba zamówień, na których znajduje się towar k . Propozycja autora wniosku bazuje na wartościach znormalizowanych: $p_k^* = \frac{p'_k}{\sum_{k=1}^K p'_k}$, gdzie K – liczba (indeksów) składowanych w magazynie towarów. Oba podejścia nie są pozbawione wad: w przypadku rozwiązania zaproponowanego przez Dijkstrę i Roodbergena (2017) nie można wykluczyć wystąpienia pustych zamówień (na zamówieniu nie ma żadnego towaru), natomiast dla koncepcji autora monografii ten sam towar może znaleźć się na kilku pozycjach zamówienia. Zamówienie może więc zawierać mniejszą liczbę różnych towarów do pobrania, niż zadana z góry wartość, ale na pewno nie będzie to zamówienie puste. Wskazana niedogodność jest konsekwencją oparcia obliczeń na rozkładzie dwumianowym - zakłada się, że towary na każdej pozycji zamówienia losowane są w sposób niezależny. Przyjęte uproszczenie nie powoduje istotnych błędów obliczeń w sytuacji, gdy w magazynie przechowywanych jest dużo towarów, a zamówienia obejmują niewielką liczbę pozycji. Autor monografii podejmował również próby oszacowania średnich wartości odległości i czasu kompletacji z wykorzystaniem rozkładu hipergeometrycznego (losowanie bez zwracania), ale tylko dla losowego składowania towarów (Tarczyński, 2015).

Dijkstra i Roodbergen (2017) odrzucają puste zamówienia, natomiast podczas weryfikacji wzorów autora monografii przyjęto, że jeśli ten sam towar na zamówieniu wystąpi po raz kolejny, to procedura losowania jest powtarzana. Zaletą koncepcji zaprezentowanej przez autora wniosku jest możliwość oszacowania średniego czasu kompletacji zamówień również w sytuacji, gdy liczba towarów na zamówieniach jest zmienna, ale znany jest rozkład tej liczby. Takich obliczeń nie można przeprowadzić za pomocą modelu Dijkstry i Roodbergena.

Oba rozwiązania – Dijkstry i Roodbergena oraz autora wniosku – zdecydowanie się od siebie różnią. Zdaniem autora wniosku, podejście zaprezentowane w monografii stanowi więc istotny wkład w rozwój nauki.

Wyprowadzone w monografii habilitacyjnej wzory pozwalają na oszacowanie odległości pokonywanej przez magazyniera w każdej z magazynowych alejek, przy założeniu, że porusza się on zgodnie z zasadami jednej z heurystyk: *return*, *S-shape* i *midpoint*:

$$E(d_i^{return}|N) = 2 \cdot \left[d_0 \cdot (1 - (1 - p_i)^N) + d_1 \cdot \left(\sum_{r=2}^R \left(1 - \left(1 - \sum_{s=r}^R (p_{is}^L + p_{is}^R) \right)^N \right) \right) \right],$$

$$d_i^{S-shape} = (R - 1) \cdot d_1 + 2 \cdot d_0,$$

$$\begin{aligned} E(d_i^{midpoint}|N) = & 2 \cdot \left[d_0 \cdot \left(1 - \left(1 - \sum_{r=1}^{\frac{1}{2}R} (p_{ir}^L + p_{ir}^R) \right)^N \right) \right. \\ & + d_1 \cdot \left(\sum_{s=2}^{\frac{1}{2}R} \left(1 - \left(1 - \sum_{r=s}^{\frac{1}{2}R} (p_{ir}^L + p_{ir}^R) \right)^N \right) \right) + d_0 \cdot \left(1 - \left(1 - \sum_{r=\frac{1}{2}R+1}^R (p_{ir}^L + p_{ir}^R) \right)^N \right) \\ & \left. + d_1 \cdot \left(\sum_{s=\frac{1}{2}R+1}^{R-1} \left(1 - \left(1 - \sum_{r=\frac{1}{2}R+1}^s (p_{ir}^L + p_{ir}^R) \right)^N \right) \right) \right], \end{aligned}$$

gdzie:

i – numer alejki, $i = 1, 2, \dots, I$,

r, s – numer lokalizacji magazynowej w regale; $r, s = 1, 2, \dots, R$,

m – numer zamówienia, $m = 1, 2, \dots, M$,

M – liczba zamówień,

I – liczba alejek w magazynie,

R – liczba lokalizacji magazynowych w regale (po jednej stronie alejki),

O_m – podzbiór zawierający towary znajdujące się na m -tym zamówieniu,

$$O_m \subset \{1, 2, \dots, K\},$$

N – liczba towarów na zamówieniu, $\forall_m |O_m| = N$,

d_0 – odległość od linii, po której magazynier porusza się w korytarzu głównym do pierwszej lokalizacji z towarem w bocznej alejce,

d_1 – odległość między dwiema sąsiadującymi lokalizacjami w bocznej alejce,

p_{ir}^L – prawdopodobieństwo znalezienia się na określonej pozycji zamówienia towaru składowanego w lokalizacji r , znajdującej się po lewej stronie i -tej alejki,

p_{ir}^R – prawdopodobieństwo znalezienia się na określonej pozycji zamówienia towaru składowanego w lokalizacji r , znajdującej się po prawej stronie i -tej alejki,

p_i – prawdopodobieństwo znalezienia się na określonej pozycji zamówienia towaru składowanego w i -tej alejce,

$$p_i = \sum_{r=1}^R (p_{ir}^L + p_{ir}^R),$$

$E(d_i^{heur}|N)$ – wartość oczekiwana odległości pokonywanej w i -tej alejce, podczas gdy magazynier porusza się zgodnie z heurystyką *heur* i pobiera N różnych towarów (w cyklu kompletacyjnym odwiedza N różnych lokalizacji).

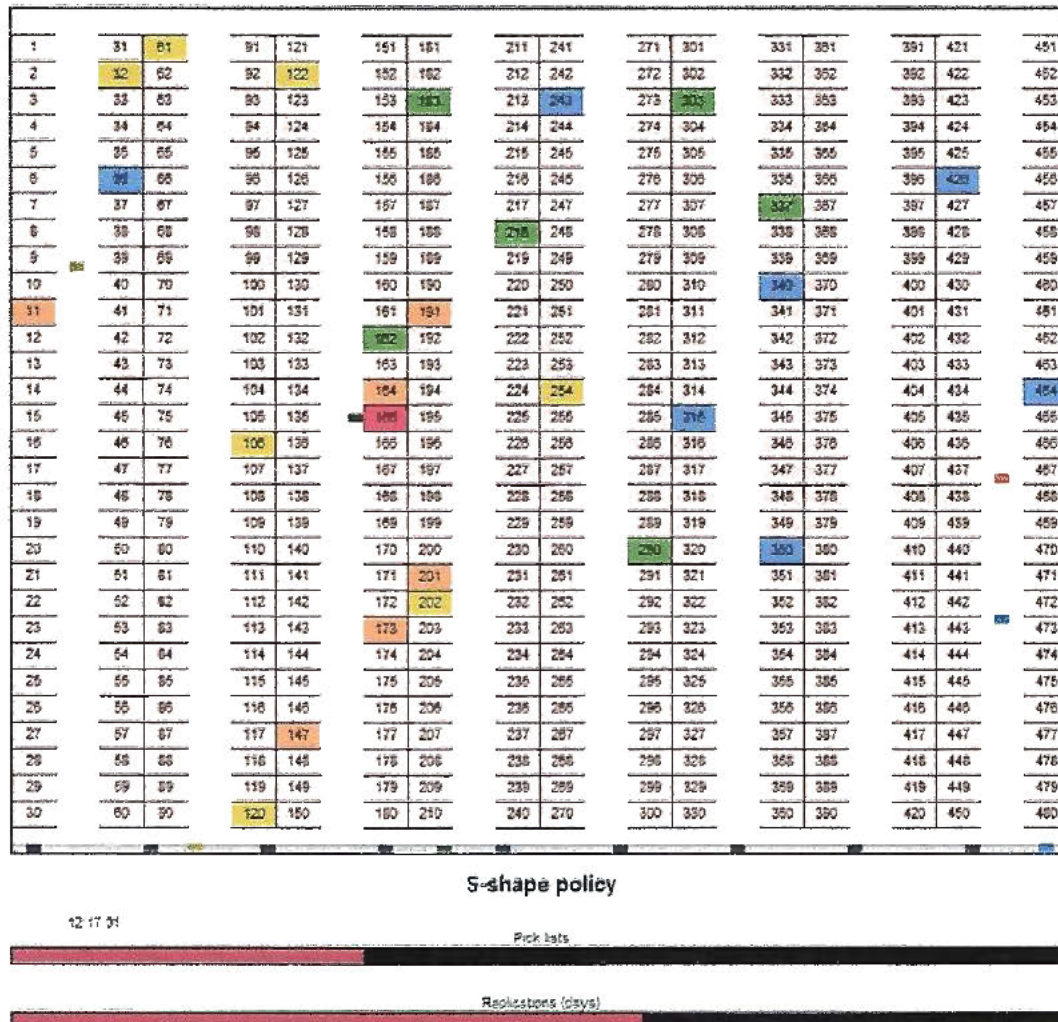
Wykorzystując wyprowadzone wzory, autor wniosku przeprowadza szereg eksperymentów, na podstawie których przedstawia zalecenia odnośnie do możliwości podziału magazynu na klasy i składowania w nich towarów o podobnych wartościach współczynników rotacji w sposób losowy. Podobne badania były już przeprowadzane przez wielu autorów, ale nie na takim poziomie szczegółowości. Autor wniosku przeanalizował dla różnych heurystyk wyznaczania trasy, jaki wpływ na długość drogi magazyniera (i czas kompletacji) ma nie tylko kształt poszczególnych klas, ale również ich wielkość. Aby tego dokonać, niezbędne było wyprowadzenie postaci analitycznej funkcji wyrażającej skumulowany popyt na towary, tzw. krzywej ABC (w literaturze dotyczącej nauk o zarządzaniu mówi się o krzywej Pareta-Lorenza, w kilkudziesięciu artykułach poświęconych optymalizacji magazynowej, a które dotyczyły tego problemu, pojawia się jednak wyłącznie określenie *ABC curve*, stąd takie określenie w monografii autora wniosku). Autor wniosku przedstawił przegląd wykorzystywanych w cytowanych pracach postaci analitycznych krzywej ABC oraz przedstawił własną propozycję, opartą na rozkładzie wykładniczym:

$$f(x) = a \cdot [1 - \exp(-s \cdot x)],$$

gdzie: x – odsetek towarów (towary są posortowane malejąco w oparciu o współczynniki rotacji) składowanych w magazynie. s – współczynnik kształtu, a – współczynnik normalizujący. Przyjmując $s = 7,8242$ i $a = 1,0004$ zaprezentowana funkcja w dobrym stopniu odwzorowuje regułę Pareta 80/20. W monografii znajduje się także uzasadnienie konieczności poszukiwania nowych funkcji odwzorowujących regułę Pareta.

Jak już wspomniano, zastosowanie wzorów (zarówno koncepcji autora wniosku, jak i Dijkstry i Roodbergena (2017)), wymaga przyjęcia założenia o nieskorelowaniu występowania towarów na zamówieniach. W monografii autor wniosku porusza również zagadnienia związane z optymalizacją składowania towarów komplementarnych. W takiej sytuacji obliczenie średnich czasów kompletacji wymaga skorzystania z modelu symulacyjnego. Autor wniosku jest autorem symulatora procesów magazynowych, wykorzystującego środowisko arkusza kalkulacyjnego MS Excel: **Warehouse Real-Time Simulator** (aktualna wersja do pobrania pod adresem <http://bit.ly/wrts29>). Symulator jest bardzo zaawansowany

(lista modyfikowalnych parametrów przedstawiona jest w monografii) i wykorzystuje symulacje czasu rzeczywistego. Zrzut ekranu przedstawiający animację procesu kompletacji realizowanej z wykorzystaniem przenośnika taśmowego przedstawiony jest na rysunku 2.

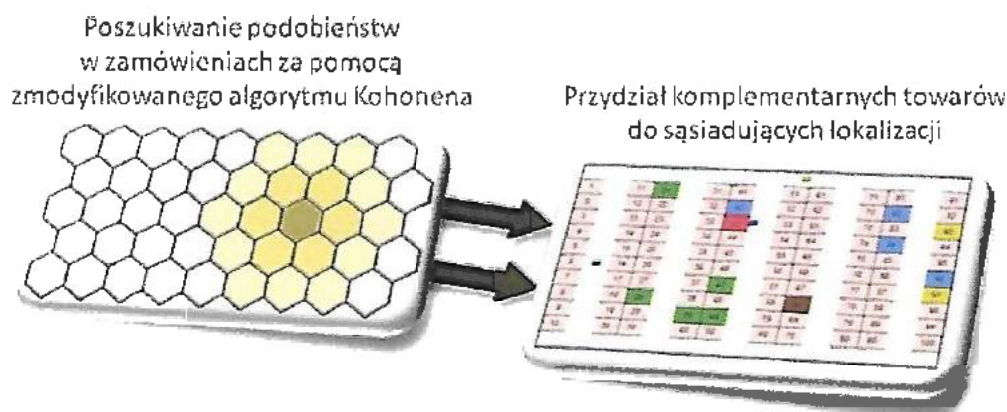


Rysunek 2. Animacja procesu kompletacji zamówień z wykorzystaniem programu **Warehouse Real-Time Simulator**

Źródło: monografia habilitacyjna.

Autor wniosku przedstawia również modele optymalizacyjne realizujące zadania przydziału lokalizacji magazynowych dla towarów komplementarnych. Modele porównywane są ze znanym z literatury modelem Składowania Zorientowanego na Zamówienia (*Order Oriented Slotting* – OOS), zaproponowanym przez Mantela i in. (2007). Przedstawione modele, choć ciekawe z poznawczego punktu widzenia, należą do klasy NP-trudnych. Do rozwiązania rzeczywistych problemów niezbędne jest więc opracowanie podejścia heurystycznego. Autor wniosku, wykorzystując wiedzę zdobytą na początku swojej drogi naukowej (Tarczyński, 2011), przedstawił całkowicie oryginalną metodę, którą nazwał zmodyfikowanym algorytmem Kohonena. Algorytm Kohonena należy do sztucznych sieci neuronowych

uczonych metodą bez nadzoru. Jego dostosowanie do potrzeb składowania towarów komplementarnych, wymagało wprowadzenia wielu zmian. Zmodyfikowany algorytm Kohonena rozwiązuje dobrze opisane w literaturze badań operacyjnych zadanie przydziału, trudność polega na tym, że współczynniki wpływające na wartość funkcji kryterium nie są odgórnie znane (jak to ma miejsce w przypadku klasycznego zadania przydziału), ale algorytm zmienia je w sposób dynamiczny, biorąc pod uwagę możliwości umieszczenia na sąsiednich lokalizacjach towarów często zamawianych razem. Szczegóły algorytmu przedstawione są w monografii habilitacyjnej. Na rysunku 3. zobrazowano ogólną koncepcję zmodyfikowanego algorytmu Kohonena, zaś w tabeli 1 przedstawiono konieczne zmiany klasycznej metody na potrzeby realizacji zadania przydziału towarów do lokalizacji magazynowych.



Rysunek 3. Ogólna koncepcja zmodyfikowanego algorytmu Kohonena

Źródło: monografia habilitacyjna.

Tabela 1.

Podstawowe różnice między oryginalnym, a zmodyfikowanym algorytmem Kohonena

Klasyczny algorytm Kohonena	Zmodyfikowany algorytm Kohonena służący do przydziału towarów do lokalizacji
Wzorce reprezentują uśrednione wartości wektorów uczących	Składowe macierzy w informują o korzyści z przydzielenia towaru do określonej lokalizacji (zadanie przydziału)
Wzorce ułożone są zazwyczaj na heksagonalnej mapie	Odwzorowanie powinno odpowiadać strukturze magazynu
Do niektórych wzorców może nie zostać „przypisany” żaden wektor uczący	Każdy towar musi zostać przypisany do lokalizacji magazynowej
Jednemu wzorcowi może odpowiadać więcej niż jeden wektor uczący	Do jednej lokalizacji zostaje przypisana zadana z góry liczba towarów (zazwyczaj jeden)

Źródło: monografia habilitacyjna.

Towary

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	SUMA
1	0,0924	0,1068	0,1602	0,0071	0,1001	0,1157	0,0803	0,0625	0,0328	0,0601	0,0332	0,0561	0,0184	0,0207	0,0537	1
2	0,1081	0,1650	0,0961	0,0112	0,1077	0,0769	0,0604	0,1106	0,0254	0,0196	0,0268	0,0636	0,0515	0,0264	0,0508	1
3	0,0160	0,1224	0,1061	0,0429	0,0097	0,1007	0,1237	0,0643	0,0854	0,1287	0,0537	0,0270	0,0176	0,0641	0,0375	1
4	0,0627	0,0721	0,0624	0,0546	0,0509	0,1459	0,1499	0,0434	0,0340	0,1195	0,0533	0,0148	0,0087	0,0612	0,0665	1
5	0,0080	0,0025	0,0487	0,0855	0,0197	0,1592	0,0049	0,0851	0,1330	0,0895	0,0270	0,0828	0,1029	0,0741	0,0772	1
6	0,0754	0,0469	0,0564	0,1455	0,0921	0,0161	0,0030	0,0138	0,0329	0,1476	0,1036	0,1103	0,0191	0,0286	0,1084	1
7	0,0999	0,0181	0,0792	0,1012	0,1289	0,0025	0,0182	0,1316	0,0042	0,1058	0,0223	0,1277	0,1108	0,0320	0,0177	1
8	0,0303	0,1187	0,0211	0,0737	0,0863	0,0859	0,0480	0,0176	0,0901	0,0032	0,0900	0,0642	0,0341	0,1269	0,1100	1
9	0,0657	0,0241	0,0802	0,0850	0,0947	0,0579	0,1061	0,0531	0,0485	0,0786	0,0684	0,0338	0,1132	0,0651	0,0257	1
10	0,1133	0,0277	0,0967	0,0233	0,0418	0,0052	0,1434	0,1370	0,0613	0,1150	0,0460	0,0134	0,1010	0,0330	0,0419	1
11	0,0192	0,0066	0,0748	0,0518	0,0883	0,0731	0,0569	0,0745	0,0120	0,0111	0,0743	0,0958	0,1278	0,1232	0,1107	1
12	0,0983	0,0979	0,0347	0,0511	0,0111	0,0241	0,0057	0,0511	0,1301	0,0469	0,1235	0,1342	0,0012	0,1466	0,0433	1
13	0,0714	0,1017	0,0398	0,1087	0,1382	0,0205	0,1381	0,0143	0,0733	0,0046	0,1351	0,0299	0,0470	0,0160	0,0615	1
14	0,0851	0,0721	0,0410	0,0167	0,0120	0,0917	0,0514	0,0094	0,1077	0,0074	0,1316	0,0206	0,1445	0,1502	0,0588	1
15	0,0537	0,0246	0,0101	0,1391	0,0210	0,0327	0,0128	0,1349	0,1256	0,0693	0,0027	0,1239	0,0934	0,0226	0,1335	1
SUMA	0,9994	1,0073	1,0074	0,9974	1,0025	1,0079	1,0027	1,0034	0,9963	1,0069	0,9916	0,9982	0,9912	0,9905	0,9972	

a)

Towary

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	SUMA
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0,0000	1,0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0	0,0000	1,0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0,0000	1,0000	0,0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	0,0000	1,0000	0,0000	0	0	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0,0000	1,0000	0,0000	0	0	0	0	0	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000	1,0000	0,0000	0	0	0	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	0,0000	0	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	0,0000	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
SUMA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	

b)

Towary

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	SUMA
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0,0000	1,0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0	0,0000	1,0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0,0000	1,0000	0,0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	0,0000	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	0,0000	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	0,0000	0	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	0,0000	0	0	0	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
13	0	0	0	0	0	0	1,0000	0	0,0000	0	0	0	0	0	0	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0000	0,0000	0	0	0	0	0	1
15	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
SUMA	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	

c)

Rysunek 4. Przykłady macierzy w: a) na początku procesu uczenia, b) najlepsze rozwiązanie, c) inne rozwiązanie. Największe wartości w każdej kolumnie wyróżniono ciemniejszym kolorem tła

Źródło: monografia habilitacyjna.

Zadaniem zmodyfikowanego algorytmu Kohonena jest taka modyfikacja początkowych, wygenerowanych (pseudo)losowo wartości współczynników dobroci przypisania towarów do lokalizacji, aby w końcowym efekcie uzyskać macierz, w której wierszach i kolumnach jedna ze składowych przyjmować będzie wartość bliską 1 (co oznacza, że określony towar powinien być składowany na danej lokalizacji), a pozostałe 0. Jednocześnie zachowana jest, znana z klasycznego algorytmu Kohonena, zasada zachowania sąsiedztwa, co w przypadku ustalania lokalizacji dla towarów oznacza, że towary komplementarne składowane są w niewielkiej odległości od siebie. Szczegóły algorytmu opisane są w rozdziale 5 monografii habilitacyjnej, na rysunku 4 przytoczony został tylko prosty przykład rozwiązania zadania za pomocą zmodyfikowanego algorytmu Kohonena. Zadanie dotyczy przydziału 15 towarów do 15 lokalizacji magazynowych, a zbiór uczący tworzy 9 zamówień: {A, B, C}, {C, D, E}, {E, F, G}, {G, H, I}, {I, J, K}, {K, L, M}, {M, N, O}, {B, C}, {M, N}. Rysunek 4a przedstawia przykładową macierz w na początku procesu uczenia, na rysunku 4b pokazano najlepsze znalezione rozwiązanie, zaś na rysunku 4c inne rozwiązanie znalezione przez algorytm.

Przeprowadzone przez autora wniosku eksperymenty wskazują na duży potencjał algorytmu i możliwości jego wykorzystania w celu skrócenia czasów kompletacji zamówień.

Przedstawione w monografii modele i metody, oprócz waloru naukowego, mają duży potencjał pozwalający na wdrożenie ich w praktyce. Autor wniosku stara się utrzymywać kontakt z ludźmi na co dzień zarządzającymi magazynami (kierownikami magazynów), a niektóre z prezentowanych w autoreferacie rozwiązań znalazły pozytywny oddźwięk ze strony praktyków lub wręcz powstały jako remedium na zgłaszane przez nich problemy.

Cytowana literatura:

- Dijkstra A.S., Roodbergen K.J., 2017, *Exact route-length formulas and a storage location assignment heuristic for picker-to-parts warehouses*, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 102, s. 38-59.
- Krawczyk S. (red.), 2011, *Logistyka. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Difin, Warszawa.
- Mantel R.J., Schuur P.C., Heragu S.S., 2007, Order oriented slotting: a new assignment strategy for warehouses, European Journal of Industrial Engineering, 1 (3), s. 301-316.
- Miłaszewicz B., Rut J., 2014, *Nowoczesne metody kompletacji*, Logistyka, 6, s. 12347-12350.

- Porter M.E., 1990, *The competitive advantage of nations*, Harvard Business Review, New York, s. 73-91.
- Prędko A., 2016, *Modelowanie zmienności danych w ramach metody DEA*, Wydawnictwo UE w Krakowie, Kraków.
- Tarczyński G., 2011, *Algorytm Kohonena w analizie danych ekonomicznych*, Wydawnictwo UE we Wrocławiu, Wrocław.
- Tarczyński G., 2015, *Średnie czasy kompletacji zamówień dla heurystyki s-shape – wzory i symulacje*, Studia Ekonomiczne, 237/15 (Informatyka i Ekonometria, 2), s. 104-116.
- Tompkins J.A., White J.A., Bozer Y.A., Tanchoco J.M.A., 2010, *Facilities planning*, John Wiley & Sons, Hoboken, NY.
- Wilson R., 2013, *24th annual state of logistics report*, Council of Supply Chain Management Professionals.

5.3. Wkład w rozwój nauki

Istotny wkład w rozwój nauki dotyczącej ekonomicznych aspektów optymalizacji procesów magazynowych stanowi zdaniem autora zwłaszcza opracowanie:

- modeli analitycznych średniego czasu kompletacji zamówień dla dowolnych sposobów składowania towarów o różnych prawdopodobieństwach pobrania, co przez długi czas stanowiło lukę badawczą (problem równolegle rozwiązali Dijkstra i Roodbergen, jednak bazując na nieco innych założeniach),
- oryginalnego sposobu przydzielania lokalizacji magazynowych towarom komplementarnym (zmodyfikowany algorytm Kohonena),
- metamodelu optymalizującego tworzenie zleceń łączonych, który uwzględnia opóźnienia czasowe wywołane wzajemnym blokowaniem się magazynierów,
- własnej propozycji postaci analitycznej krzywej ABC,
- wniosków odnośnie do zalecanej metody składowania towarów, wyznaczania trasy oraz wielkości klas, na które należy podzielić powierzchnię magazynową i towary, na poziomie bardziej szczegółowym, niż opisane w literaturze,
- modeli optymalizacyjnych alternatywnych wobec modelu *Order Oriented Slotting*.

Wymienione modele i metody szczegółowo opisane są w monografii habilitacyjnej.

6. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych (artystycznych)

6.1. Praca naukowa przed uzyskaniem stopnia doktora nauk ekonomicznych

Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk ekonomicznych autor wniosku był członkiem zespołu badawczego działającego na Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu, pod kierownictwem prof. Juliusza Siedleckiego, którego celem była próba określenia możliwości wykorzystania sztucznych sieci neuronowych w modelowaniu ekonomicznym. Jednym z członków zespołu oraz uczestników cotygodniowych seminariów był emerytowany prof. Zdzisław Hellwig, którego uwagi stanowiły podstawowe źródło inspiracji naukowych autora wniosku w tamtym okresie. Autor wniosku zajmował się głównie próbą zastosowania nienadzorowanych sztucznych sieci neuronowych (algorytmu Kohonena) do rozwiązywania zagadnień taksonomicznych, czego efektem były prace oznaczone w wykazie jako: II.B.1 – II.B.4, II.B.6 – II.B.8.

6.2. Praca naukowa po uzyskaniu stopnia doktora nauk ekonomicznych

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk ekonomicznych jeszcze przez pewien czas zainteresowania autora wniosku koncentrowały się wokół możliwości zastosowania algorytmu Kohonena do rozwiązywania problemów ekonomicznych, takich jak wstępna analiza danych, czy badanie poziomu życia (prace II.B.9 – II.B.11). Efektem końcowym stało się napisanie monografii zatytułowanej *Algorytm Kohonena w analizie danych ekonomicznych* (praca II.B.15).

W późniejszym okresie, autor wniosku przez pewien czas poszukiwał dla siebie nowych wyzwań i zainteresowań naukowych. W tym czasie powstały prace II.B.12, II.B.13, II.B.16 poświęcone sieciom bayesowskim. Efektem kolejnych zainteresowań badawczych były artykuły poświęcone portfelom inwestycyjnym: II.B.14, II.B.17, II.B.18, II.B.20.

W 2012 roku autor wniosku zainteresował się problematyką optymalizacji procesów składowania i kompletacji towarów w magazynach. Zorientowanie na problem, a nie – jak to miało miejsce głównie w przypadku algorytmu Kohonena – na metodę, pozwoliło wykorzystać całe zdobyte do tej pory doświadczenie do realizacji nowych wyzwań. Początkowo autor wniosku do badań wykorzystywał przede wszystkim samodzielnie zaprogramowane narzędzie symulacyjne **Warehouse Real-Time Simulator**, przy powstaniu którego autor korzystał z wiedzy i doświadczenia swoich współpracowników, głównie dra Michała Jakubiaka z Katedry Logistyki Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. W

późniejszym etapie prac, stworzony symulator umożliwił weryfikację modeli średnich czasów kompletacji zamówień zaprezentowanych w monografii habilitacyjnej. Z kolei doświadczenie zdobyte podczas prac w zespole badającym sztuczne sieci neuronowe pozwoliło na opracowanie w pełni oryginalnej metody składowania towarów (również zaprezentowanej w monografii habilitacyjnej), nazwanej przez autora wniosku zmodyfikowanym algorytmem Kohonena (algorytm Kohonena stanowił inspirację autora, oba algorytmy znacznie się jednak od siebie różnią, wspólna jest pewna filozofia ich działania).

Ponieważ artykuły dotyczące optymalizacji procesów magazynowych ściśle związane są z monografią habilitacyjną, zostaną one omówione bardziej szczegółowo. Większość z prac: II.B.21 – II.B.27 i II.B.29 – II.B.35 dotyczy magazynów, w których kompletacja zamówień odbywa się zgodnie z regułą „człowiek do towaru”. Tylko artykuł II.B.28 poświęcony jest problemom składowania i kompletacji w magazynach automatycznych niewielkich jednostek ładunkowych.

W pracy II.B.21, której współautorem jest dr Michał Jakubiak, analizie poddano przypadek empiryczny, dla którego zbadano przebieg procesu kompletacji zamówień dla trzech heurystyk służących do wyznaczania trasy magazynierów: *S-shape*, *midpoint* i *return*. Wygenerowano rozkłady czasów kompletacji zamówień oraz porównano heurystyki parami, sprawdzając czasy kompletacji dla blisko 100.000 zamówień. Wykorzystując samodzielnie zaprogramowane narzędzia symulacyjne, sprawdzono również jak zwiększenie liczby pracowników wpływa na płynność procesu kompletacji. Najlepsze wyniki uzyskano dla heurystyki *midpoint*, a zjawisko wzajemnego blokowania magazynierów występowało marginalnie. Ponieważ badania dotyczyły konkretnego przypadku empirycznego, wyciągnięte wnioski trudno było uogólnić.

W artykule II.B.22 autor wniosku, bazując na pracy II.B.21, zbadał jak na proces kompletacji wpływa długość i liczba alejek, w których składowane są towary oraz wielkość zamówień. Dla całkowicie losowego składowania towarów porównano trasy wygenerowane dla pięciu heurystyk oraz trasę najkrótszą wyznaczoną zgodnie z algorytmem Ratliffa i Rosenthala. Tutaj wnioski mają już charakter bardziej uniwersalny, a godna polecenia jest heurystyka *largest gap*, dla której średnie czasy kompletacji były tylko o kilka procent gorsze od tych, które można było uzyskać dla optymalnych tras. W artykule omówiono również przyczyny, dla których magazynierzy w praktyce nie poruszają się po najkrótszych trasach.

Praca II.B.23 dotyczy analizy wielokryterialnej problemu kompletacji zamówień. Zbadano wpływ różnych parametrów magazynu i wielkości zamówień na realizację siedmiu kryteriów. W pracy wyznaczono takie kombinacje parametrów, które generowały rozwiązania niezdominowane, a następnie liczbę wariantów dalej ograniczano za pomocą metody Electre I. Zwrócono uwagę, że przy losowym składowaniu towarów, godny polecenia jest układ regałów o kształcie zbliżonym do kwadratowego oraz heurystyka *Largest Gap*.

Artykuł II.B.24, który powstał we współpracy z dr Aleksandrą Sabo-Zielonką z Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, podobnie do pracy II.B.21, dotyczy konkretnego przypadku empirycznego: magazynu części i akcesoriów samochodowych. Autorzy sprawdzili przebieg procesu kompletacji dla różnych heurystyk wyznaczania trasy. Omówiono przyczyny, dla których w praktyce w badanym magazynie stosuje się heurystykę *S-shape*, chociaż generowane przez nią trasy nie zawsze są najkrótsze.

W pracach II.B.25 i II.B.27 autor wniosku podjął próbę opracowania modeli analitycznych średniego czasu kompletacji zamówień przy losowym składowaniu towarów dla tras wyznaczanych zgodnie z heurystykami *return* (II.B.25) i *S-shape* (II.B.27). W obu przypadkach obliczenia oparte były na dwumianowym rozkładzie prawdopodobieństwa, a w przypadku heurystyki *S-shape* dodatkowo na rozkładzie hipergeometrycznym. Przedstawione wzory porównane zostały z propozycjami znanymi z literatury przedmiotu i mają zastosowanie wyłącznie w sytuacji całkowicie losowego składowania towarów. Modele uwzględniające dowolne składowanie towarów o różnych częstościach pobrania wyprowadzone zostały przez autora wniosku dopiero w monografii habilitacyjnej.

Praca II.B.26 poświęcona jest problemowi dedykowanego składowania towarów. W artykule przedstawiono kilka oryginalnych metod wyznaczania lokalizacji dla towarów i – wykorzystując narzędzie symulacyjne – na pięciu przykładach zweryfikowano ich skuteczność. Redukcja średnich czasów kompletacji zamówień następowała dla każdej z badanych heurystyk wyznaczania trasy, a także dla trasy optymalnej. Główny wniosek wypływający z badań jest taki, że dużo większy wpływ na czas kompletacji ma nie sposób wyznaczania trasy, tylko metoda składowania towarów. Warto zwrócić uwagę, że w badaniach przyjęto założenia o braku korelacji pomiędzy występowaniem określonych towarów na zamówieniach.

Praca II.B.29, napisana we współpracy z dr A. Sabo-Zielonką, dotyczy problemu wyznaczania trasy w magazynach o niestandardowym układzie alejek (dr Sabo-Zielonka

specjalizuje się w zagadnieniach związanych z kompletacją towarów w magazynach, na które zaadoptowano istniejące już budynki, stąd niekiedy nietypowe kształty stref kompletacyjnych). Badania przeprowadzono zarówno z wykorzystaniem narzędzia symulacyjnego, jak również przedstawiono prosty model analityczny, pozwalający na wyznaczenie średniego czasu kompletacji.

W artykule II.B.30 omówiono proces tworzenia zleceń kompletacyjnych oraz omówiono zalety i wady kompletacji pojedynczych zamówień oraz zamówień połączonych (tzw. zleceń łączonych). Przedstawiono model analityczny pozwalający na wyznaczenie optymalnej liczby zamówień, które należy połączyć. W badaniach przyjęto, że magazynier porusza się po trasie zgodnej z regułami heurystyki *S-shape* (mającej największe znaczenie praktyczne).

W pracy II.B.31 zbadano jak na wydajność procesu kompletacji wpływa składowanie towarów zgodnie z wartościami współczynników *Cube-per-order index* (COI) Heskett. Przeprowadzona analiza uwzględniała: (1) różne wielkości składowanych przedmiotów, co skutkuje koniecznością rozbicia integralności zamówień (jeśli towary z zamówienia nie mieszczą się w pojemniku, magazynier musi kompletować towary kilkakrotnie, w mniejszych partiach) oraz (2) zmienną wielkość przestrzeni magazynowej zarezerwowaną na składowanie poszczególnych towarów. Pokazano w jakich sytuacjach należy składować towary w oparciu o współczynnik COI, a kiedy przy wyborze miejsc składowania lepiej jest skorzystać ze współczynników rotacji.

Artykuł II.B.32 porusza ważny temat blokowania się magazynierów podczas kompletacji zamówień. Zacytowane znane z literatury modele nie są wystarczające do analizy tego problemu. W artykule zaproponowano, w oparciu o przeprowadzone symulacje, metamodel, który pozwala na ustalenie liczby łączonych zamówień, minimalizujący czas kompletacji z uwzględnieniem czasu spędzonego przez magazynierów na oczekiwaniu na zwolnienie drogi zajętej przez innych pracowników. Uwzględniono dwie opisane w literaturze przedmiotu metody kompletacji zleceń łączonych: *sort-while-pick* oraz *pick-then-sort*. Artykuł II.B.32 jest jedynym artykułem, którego fragmenty przytoczono w monografii habilitacyjnej.

Praca II.B.33, która powstała we współpracy z dr. M. Jakubiakiem dotyczy problemów kompletacji strefowej. Sporządzone wnioski dotyczą sposobu podziału towarów na strefy oraz realizacji przebiegu kompletacji tak, aby osiągnąć dwa cele: zredukować średnie czasy kompletacji oraz zbilansować pracę w poszczególnych strefach kompletacyjnych.

Nieco inne problemy rozpatrywane są w artykułach II.B.34 i II.B.35. Prace te dotyczą sposobu wyboru lokalizacji magazynowych w sytuacji, gdy ten sam towar składowany jest w wielu miejscach. Znany z literatury model Daniela, Rummela i Schantza, który minimalizuje odległość pokonywaną przez magazyniera w cyklu kompletacyjnym, należy do klasy NP-trudnych. Badany problem wymaga więc poszukiwania rozwiązań metodami heurystycznymi. W pracach przedstawiono pewne propozycje w tym zakresie.

Zainteresowania autora wniosku nie ograniczają się wyłącznie do magazynów, w których kompletacja odbywa się zgodnie z zasadą „człowiek do towaru”. Przedstawione w punkcie 4 niniejszego autoreferatu dwa z trzech samodzielnie zaprogramowanych narzędzi symulacyjnych, dotyczą kompletacji w magazynach automatycznych. Są to magazyny z alejkami w kształcie odwróconych liter T oraz magazyny wspomagane pojazdami samobieżnymi *radio-shuttle*. Artykuł II.B.28 dotyczy jeszcze innego typu magazynów, w których kompletacja odbywa się w sposób automatyczny: są to magazyny typu *miniload* (niewielkich jednostek ładunkowych), gdzie towary dostarczane są do magazyniera za pomocą urządzenia zwanego układnicą oraz systemu przenośników rolkowych. W pracy II.B.28 przedstawiono różne propozycje składowania towarów oraz zbadano ich wpływ na czasy pobranych pojemników z towarami z uwzględnieniem systemu mogącego w jednym cyklu wykonać do czterech operacji (składowanie do dwóch pojemników i pobieranie do dwóch pojemników). Opisany system znajduje się w jednym z wrocławskich magazynów i składowane są w nim przedmioty drobne: narzędzia i elektronarzędzia oraz materiały budowlane.

7. Syntetyczne podsumowanie dorobku

W tabeli 2 przedstawiono w ujęciu ilościowym syntetyczne podsumowanie osiągnięć naukowych autora wniosku.

Tabela 2.

Syntetyczne podsumowanie osiągnięć naukowych autora wniosku

Rodzaj osiągnięcia	Przed uzyskaniem stopnia doktora nauk ekonomicznych	Po uzyskaniu stopnia doktora nauk ekonomicznych	Razem
Monografie	-	2	2
Artykuły w recenzowanych czasopismach naukowych	8	26	34
Referaty w języku angielskim na konferencjach naukowych międzynarodowych	-	3	3
Referaty w języku polskim na konferencjach naukowych krajowych	8	30	38
Udział w zagranicznych konferencjach naukowych	-	3	3
Udział w krajowych konferencjach naukowych	8	26	34
Napisane recenzje dla prestiżowych czasopism naukowych (dawna lista A)	-	9	9

Źródło: opracowanie własne.