

# PRACE NAUKOWE

Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

# RESEARCH PAPERS

of Wrocław University of Economics

Nr 385

**Taksonomia 25**

**Klasyfikacja i analiza danych –  
teoria i zastosowania**

Redaktorzy naukowi

Krzysztof Jajuga

Marek Walesiak



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu  
Wrocław 2015

Redaktor Wydawnictwa: Aleksandra Śliwka

Redaktor techniczny: Barbara Łopusiewicz

Korektor: Barbara Cibis

Łamanie: Beata Mazur

Projekt okładki: Beata Dębska

Tytuł dofinansowany ze środków Narodowego Banku Polskiego  
oraz ze środków Sekcji Klasyfikacji i Analizy Danych PTS

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania  
znajdują się na stronie internetowej Wydawnictwa  
[www.pracnaukowe.ue.wroc.pl](http://www.pracnaukowe.ue.wroc.pl)  
[www.wydawnictwo.ue.wroc.pl](http://www.wydawnictwo.ue.wroc.pl)

Publikacja udostępniona na licencji Creative Commons  
Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne-Bez utworów zależnych 3.0 Polska  
(CC BY-NC-ND 3.0 PL)



© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu  
Wrocław 2015

**ISSN 1899-3192** (Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu)  
**e-ISSN 2392-0041** (Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu)  
**ISSN 1505-9332** (Taksonomia)

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Zamówienia na opublikowane prace należy składać na adres:  
Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu  
tel./fax 71 36 80 602; e-mail:[econbook@ue.wroc.pl](mailto:econbook@ue.wroc.pl)  
[www.ksiegarnia.ue.wroc.pl](http://www.ksiegarnia.ue.wroc.pl)

Druk i oprawa: TOTEM

## Spis treści

Wstęp.....	9
<b>Tomasz Bartłomowicz:</b> Segmentacja konsumentów na podstawie preferencji wyrażonych uzyskanych metodą Maximum Difference Scaling .....	11
<b>Barbara Batóg, Jacek Batóg, Andrzej Niemiec, Wanda Skoczylas, Piotr Waśniewski:</b> Zastosowanie metod klasyfikacyjnych w identyfikacji kluczowych indyktorów osiągnięć w zarządzaniu wynikami przedsiębiorstw .....	20
<b>Iwona Bąk:</b> Wykorzystanie statystycznej analizy danych w badaniach turystyki transgranicznej na obszarach chronionych.....	28
<b>Beata Bieszk-Stolorz:</b> Ocena stopnia deprecjacji kapitału ludzkiego z wykorzystaniem nieliniowych modeli regresji.....	37
<b>Mariola Chrzanowska, Nina Drejerska:</b> Małe i średnie przedsiębiorstwa w strefie podmiejskiej Warszawy – określenie znaczenia lokalizacji z wykorzystaniem drzew klasyfikacyjnych.....	45
<b>Adam Depta:</b> Próba modelowania strukturalnego jakości życia osób jękaących się jako konstrukt ukrytego na podstawie kwestionariusza SF-36v2 .....	53
<b>Katarzyna Dębkowska:</b> Wielowymiarowa analiza kondycji finansowej przedsiębiorstw sektora e-usług .....	63
<b>Krzysztof Dmytrów, Mariusz Doszyń:</b> Taksonomiczna procedura wspomagania kompletacji produktów w magazynie .....	71
<b>Mariusz Doszyń, Sebastian Gnat:</b> Propozycja procedury taksonomiczno-ekonometrycznej w indywidualnej wycenie nieruchomości.....	81
<b>Marta Dziechciarz-Duda, Anna Król:</b> Zastosowanie analizy <i>unfolding</i> i regresji hedonicznej do oceny preferencji konsumentów .....	90
<b>Katarzyna Frodyma:</b> Współzależność między poziomem rozwoju gospodarczego a udziałem energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu w krajach Unii Europejskiej.....	99
<b>Hanna Gruchociak:</b> Porównanie struktury lokalnych rynków pracy wyznaczonych przy wykorzystaniu różnych metod w Polsce w latach 2006 i 2011 .	111
<b>Alicja Grześkowiak, Agnieszka Stanimir:</b> Postrzeganie środowiska pracy przez starszą i młodszą generację pracowników .....	120
<b>Marta Hozer-Koćmiel, Christian Lis:</b> Klasyfikacja krajów nadbałtyckich ze względu na czas prac wykonywanych w gospodarstwie domowym .....	129
<b>Tadeusz Kufel, Magdalena Osińska, Marcin Błażejowski, Paweł Kufel:</b> Zegar cyklu koniunkturalnego państw UE i USA w latach 1995-2013 w świetle badań synchronizacji.....	138
<b>Aleksandra Łuczak:</b> Wykorzystanie rozszerzonej interwałowej metody TOPSIS do porządkowania liniowego obiektów .....	147

<b>Aleksandra Łuczak, Feliks Wysocki:</b> Zintegrowane podejście do ustalania współczynników wagowych dla cech w zagadnieniach porządkowania linowego obiektów .....	156
<b>Małgorzata Markowska, Danuta Strahl:</b> Wykorzystanie klasyfikacji dynamicznej do identyfikacji wrażliwości na kryzys ekonomiczny unijnych regionów szczebla NUTS 2.....	166
<b>Aleksandra Matuszewska-Janica, Marta Hozer-Koćmiel:</b> Struktura zatrudnienia oraz wynagrodzenia kobiet i mężczyzn a przedmiotowa struktura gospodarcza w państwach UE.....	178
<b>Anna M. Olszewska:</b> Zastosowanie analizy korespondencji do badania związku pomiędzy zarządzaniem jakością a innowacyjnością przedsiębiorstw .....	187
<b>Małgorzata Podogrodzka:</b> Metoda aglomeracyjna w ocenie przestrzennego zróżnicowania starości demograficznej w Polsce .....	195
<b>Ewa Roszkowska, Tomasz Wachowicz:</b> Ocena ofert negocjacyjnych spoza dopuszczalnej przestrzeni negocjacyjnej.....	201
<b>Ewa Roszkowska, Tomasz Wachowicz:</b> Zastosowanie metody <i>unfolding</i> do wspomagania procesu negocjacji .....	210
<b>Małgorzata Rószkiewicz:</b> Próba diagnozy uwarunkowań poziomu wskaźnika braku odpowiedzi w środowisku polskich gospodarstw domowych.....	219
<b>Marcin Salamaga:</b> Próba identyfikacji muzycznych profili melomanów z wykorzystaniem drzew klasyfikacyjnych i regresyjnych .....	229
<b>Agnieszka Sompolska-Rzechuła:</b> Określenie czynników wpływających na prawdopodobieństwo poprawy poziomu rozwoju społecznego z wykorzystaniem modelu logitowego .....	239
<b>Iwona Staniec:</b> Wykorzystanie analizy czynnikowej w identyfikacji konstruktywów ukrytych determinujących ryzyko współpracy.....	248
<b>Agnieszka Stanimir:</b> Skłonność do zagranicznej mobilności młodszych i starszych osób .....	257
<b>Mirosława Sztemberg-Lewandowska:</b> Problemy decyzyjne w funkcjonalnej analizie głównych składowych.....	267
<b>Tomasz Szubert:</b> Demograficzno-społeczne determinanty określające subiektywny status jednostki w polskim społeczeństwie .....	276
<b>Piotr Tarka:</b> Własności 5- i 7-stopniowej skali Likerta w kontekście normalizacji zmiennych metodą Kaufmana i Rousseeuwa .....	286
<b>Joanna Trzęsiok:</b> Nielklasyczne metody regresji a problem odporności .....	296
<b>Katarzyna Wawrzyniak:</b> Ocena podobieństwa wyników uporządkowania województw uzyskanych różnymi metodami porządkowania .....	305
<b>Katarzyna Wójcik, Janusz Tuchowski:</b> Wykorzystanie metody opartej na wzorcach w automatycznej analizie opinii konsumenckich.....	314
<b>Anna Zamojska:</b> Zastosowanie analizy falkowej w ocenie efektywności funduszy inwestycyjnych .....	325

## Summaries

<b>Tomasz Bartłomowicz:</b> Segmentation of consumers based on revealed preferences obtained with the Maximum Difference Scaling method .....	19
<b>Barbara Batóg, Jacek Batóg, Andrzej Niemiec, Wanda Skoczylas, Piotr Waśniewski:</b> Application of classification methods to identify the key performance indicators of performance management .....	27
<b>Iwona Bąk:</b> The application of statistical data analysis in the studies of cross-border tourism in protected areas.....	36
<b>Beata Bieszk-Stolorz:</b> Evaluating human capital depreciation by means of non-linear regression models.....	44
<b>Mariola Chrzanowska, Nina Drejerska:</b> Small and medium enterprises in the Warsaw suburban zone – determination of a localization’s role using classification trees .....	52
<b>Adam Depta:</b> An attempt of structural modelling of the quality of life of stuttering people as a latent construct, based on SF-36v2 questionnaire ...	62
<b>Katarzyna Dębowska:</b> Multidimensional analysis of financial condition of e-business services .....	70
<b>Krzysztof Dmytrów, Mariusz Doszyń:</b> Taxonomic procedure of supporting order-picking of products in a warehouse .....	80
<b>Mariusz Doszyń, Sebastian Gnat:</b> Taxonomic and econometric methods in individual real estate evaluation.....	89
<b>Marta Dziechciarz-Duda, Anna Król:</b> The application of unfolding analysis and hedonic regression in the investigation of consumers’ preferences .....	98
<b>Katarzyna Frodyma:</b> Interdependence between the level of economic development and the share of renewable energy in gross final energy consumption in the European Union.....	110
<b>Hanna Gruchociak:</b> Comparison of local labour markets structure designated using different methods in Poland in 2006 and 2011 years.....	119
<b>Alicja Grzeškowiak, Agnieszka Stanimir:</b> Perception of working environment by older and younger generation of workers.....	128
<b>Marta Hozer-Koćmiel, Christian Lis:</b> Classification of the Baltic Sea Region countries due to the time of household work .....	137
<b>Tadeusz Kufel, Magdalena Osińska, Marcin Błażejowski, Paweł Kufel:</b> Business cycle clock for the EU and the USA in 1995-2013 in the light of synchronization research.....	146
<b>Aleksandra Łuczak:</b> The use of the extended interval TOPSIS methods for linear ordering of objects.....	155
<b>Aleksandra Łuczak, Feliks Wysocki:</b> Integrated approach for determining the weighting coefficients for features in issues of linear ordering of objects.....	165

<b>Małgorzata Markowska, Danuta Strahl:</b> The application of dynamic classification for the identification of vulnerability to economic crisis in the EU NUTS 2 regions .....	177
<b>Aleksandra Matuszewska-Janica, Marta Hozer-Koćmiel:</b> The structure of male and female employment and remuneration vs. the basic economy structure in the EU countries .....	186
<b>Anna M. Olszewska:</b> The application of the correspondence analysis for the study of the relations between quality management and innovation in the enterprises.....	194
<b>Małgorzata Podogrodzka:</b> Agglomeration method in the age and ageing in Poland by voivodships.....	200
<b>Ewa Roszkowska, Tomasz Wachowicz:</b> Scoring the negotiation offers from the outside of the feasible negotiation space .....	209
<b>Ewa Roszkowska, Tomasz Wachowicz:</b> Application of the unfolding analysis to negotiation support.....	218
<b>Małgorzata Rószkiewicz:</b> An attempt to diagnose the determinants of non-response rate in Polish households surveys .....	228
<b>Marcin Salamaga:</b> Attempt to identify music lovers profiles using classification and regression trees .....	238
<b>Agnieszka Sompolska-Rzechuła:</b> The definition of factors influencing the probability of improving the level of human development using the logit model.....	247
<b>Iwona Staniec:</b> The use of factor analysis to identify hidden constructs – determinants of the cooperation risk .....	256
<b>Agnieszka Stanimir:</b> Willingness to mobility abroad among younger and older persons .....	266
<b>Mirosława Sztemberg-Lewandowska:</b> Decision problems in functional principal components analysis.....	275
<b>Tomasz Szubert:</b> Socio-demographic factors determining subjective social status of an individual in Polish society .....	285
<b>Piotr Tarka:</b> Normalization methods of variables and measurement on 5 and 7 point Likert scale .....	295
<b>Joanna Trzęsiok:</b> Non-classical regression methods vs. robustness .....	304
<b>Katarzyna Wawrzyniak:</b> The evaluation of the similarity of the voivodships' orderings obtained by means of different methods.....	313
<b>Katarzyna Wójcik, Janusz Tuchowski:</b> Using pattern-based opinion mining.....	324
<b>Anna Zamojska:</b> Mutual funds performance measurement – wavelets analysis approach.....	333

**Krzysztof Dmytrów, Mariusz Doszyn**

Uniwersytet Szczeciński

e-mails: krzysztof.dmytrow@wneiz.pl; mariusz.doszyn@wneiz.pl

---

## TAKSONOMICZNA PROCEDURA WSPOMAGANIA KOMPLETACJI PRODUKTÓW W MAGAZYNIE

---

**Streszczenie:** W artykule zaproponowana została procedura wspomagania kompletacji produktów w magazynie. Opisywana procedura została zaprojektowana dla funkcjonującego magazynu i składa się z kilku etapów. W pierwszym etapie określone są lokalizacje, w których znajdują się pobierane produkty. Następnie (dla wybranych lokalizacji) określone są wartości taksonomicznej miary atrakcyjności lokalizacji. W tym celu liczony jest taksonomiczny miernik odległości od wzorca, z takimi zmiennymi diagnostycznymi, jak: odległości poszczególnych lokalizacji, stopień realizacji zapotrzebowania, czas składowania itd. Po wybraniu odwiedzanych lokalizacji rozpoczynany jest proces kompletacji produktów. W studium empirycznym przedstawiony zostanie przykład zastosowania omawianej procedury w rzeczywistym magazynie.

**Słowa kluczowe:** taksonomiczna miara atrakcyjności lokalizacji, metody kompletacji produktów, gospodarka magazynowa.

DOI: 10.15611/pn.2015.385.08

### 1. Wstęp

Efektywność gospodarowania zapasami, a w tym – efektywność procesu kompletacji produktów, to współcześnie bardzo ważny aspekt funkcjonowania przedsiębiorstw, szczególnie tych średnich i dużych. Magazynowanie bardzo wielu produktów wiąże się z koniecznością dysponowania odpowiednim systemem ich kompletacji.

Można wyróżnić dwa główne systemy przechowywania produktów w magazynie [Gudehus, Kotzab 2012]:

- przechowywanie dedykowane (w literaturze anglojęzycznej nazywa się je często *fixed storage*), w którym dana lokalizacja jest zarezerwowana tylko dla jednego produktu,
- przechowywanie współdzielone, zwane też chaotycznym (w literaturze anglojęzycznej nazywa się je *free storage* albo *chaotic storage*), w którym w danej

lokalizacji można przechowywać teoretycznie dowolną liczbę rodzajów produktów (ograniczeniem jest jedynie pojemność lokalizacji), zaś podczas uzupełniania stanów magazynowych zamówiony produkt jest umieszczany w wybranej losowo lokalizacji, w której jest miejsce (niekoniecznie pustej).

Oczywiście istnieją też pośrednie sposoby przechowywania produktów w magazynie, takie jak: składowanie w najbliższej wolnej lokalizacji (*closest open location storage*), składowanie według klasy (*class-based storage*), w której najbliższe punktu startu/odbioru znajdują się produkty najczęściej zamawiane, a najdalej – najrzadziej zamawiane (produkty dzielimy na klasy na przykład według systemu ABC) [De Koster i in. 2007].

Współcześnie w większości przypadków odchodzi się od tzw. przechowywania dedykowanego, w którym produkty są przypisane do określonej lokalizacji. Tego typu podejście nie pozwala bowiem na efektywne wykorzystywanie przestrzeni magazynowej<sup>1</sup>. Jego zaletą jest to, że magazynierzy łatwo zapamiętują miejsca przechowywania poszczególnych produktów, a przynajmniej ich grup (gdyż często produkty przechowuje się w grupach asortymentowych), dzięki czemu sam proces wyboru lokalizacji i, co za tym idzie, wybór trasy jest szybszy i łatwiejszy. Tego typu podejście stosuje się obecnie do niektórych grup produktów, takich jak produkty o dużej wielkości czy masie, poprzez umieszczanie ich na najniższych poziomach w magazynie. Zasada jest jednak taka, że obszar magazynu przeznaczony pod przechowywanie dedykowane powinien być tak mały jak to możliwe [Gudehus, Kotzab 2012].

Coraz częściej mamy do czynienia z przechowywaniem współdzielonym, czyli tzw. magazynami chaotycznymi, w których produkty są przechowywane w różnych, zmieniających się lokalizacjach [Bartholdi, Hackman 2011]. Tego typu podejście pozwala na pełniejsze wykorzystanie przestrzeni magazynowej. Jego wadą jest większa komplikacja przy wyborze lokalizacji oraz to, że magazynierzy w większości przypadków nie są w stanie zapamiętać, gdzie znajdują się kompletowane produkty (gdyż mogą być teoretycznie w każdej lokalizacji). Spowodowane jest to tym, że zmienia się lista produktów w danej lokalizacji i zmieniają się miejsca przechowywania poszczególnych produktów. Takie podejście wymaga zastosowania komputerowego systemu wspomagania gospodarowania magazynem i komputerowego systemu kompletacji (nawet w relatywnie niewielkich magazynach). Przechowywanie chaotyczne stosowane jest w przypadku produktów o dużej rotacji, o stosunkowo niedużych rozmiarach i wadze. Jedną z najbardziej znanych firm, stosujących magazyn chaotyczny jest Amazon.

To, jaki jest rodzaj przechowywania produktów oraz jaki jest stopień automatyzacji magazynu, definiuje stosowane w nim metody kompletacji. Tradycyjnymi systemami kompletacji są systemy typu *picker-to-parts*, w których magazynier

---

<sup>1</sup> Przy tego typu składowaniu przestrzeń magazynowa wykorzystywana jest tylko w ok. 50%, zob. np. [Bartholdi, Hackman 2011].



idzie albo jedzie do lokalizacji, w której znajduje się kompletowany produkt, i tam go pobiera. W systemach zautomatyzowanego przechowywania i podawania produktów stosuje się na przykład systemy typu *parts-to-picker*. W systemach tych produkty przesyłane są do punktu odbioru, tam magazynier pobiera odpowiednią ich ilość, a reszta wraca na swoje miejsce składowania. Opisy innych systemów (w tym w pełni zautomatyzowanych) można znaleźć w [De Koster i in. 2007].

Pomimo coraz większej komputeryzacji i automatyzacji procesów zachodzących w przedsiębiorstwach (także procesów związanych z logistyką i gospodarką magazynową), to wciąż zdecydowaną większość systemów kompletacji stanowią systemy typu *picker-to-parts* z magazynami niskiego składowania, w których magazynier pobiera wiele produktów w czasie jednego procesu kompletacji [De Koster i in. 2007].

Celem artykułu jest zaproponowanie autorskiej metody wyboru lokalizacji podczas procesu kompletacji produktów, typu *picker-to-parts* przy składowaniu współdzielonym, w której „atrakcyjność” każdej lokalizacji określana jest na podstawie metod taksonomicznych.

## 2. Metodyka

O ile zagadnienie wyznaczania trasy, którą musi pokonać magazynier, aby odwiedzić wszystkie wybrane lokalizacje i skompletować zamówienie, jest dobrze opisane w literaturze przedmiotu, o tyle sam wybór lokalizacji do odwiedzenia (na początek jeszcze bez wyboru trasy pomiędzy nimi) nie był poruszany. Generalnie zakłada się, że lokalizacje są wskazywane bezpośrednio przez listę produktów do skompletowania. Jest to prawdziwe wówczas, gdy mamy do czynienia z przechowywaniem dedykowanym. W przypadku magazynu chaotycznego wybór lokalizacji nie jest taki oczywisty, gdyż dany produkt można skompletować w różnych miejscach. Dlatego należy wybrać te lokalizacje, które będą lepsze (z pewnego punktu widzenia) od innych. Jeżeli produkt można pobrać z wielu lokalizacji, to najczęściej stosowanymi regułami wyboru lokalizacji są reguły FIFO (*First-In-First-Out*) czy FIGO (*First-Come-First-Go*) [Gudehus, Kotzab 2012].

Proponowana w artykule taksonomiczna metoda wyboru lokalizacji przebiega w następujących etapach:

1. Określenie zmiennych uwzględnianych w procesie kompletacji (odległości, czas przejścia, stopień realizacji zapotrzebowania na produkt w danej lokalizacji, czas magazynowania produktu w danej lokalizacji itp.).

2. Normalizacja i nadawanie wag zmiennym.

3. Wybór odwiedzanych lokalizacji dla każdego kompletowanego produktu za pomocą Taksonomicznego Miernika Atrakcyjności Lokalizacji (TMAL).

W trzecim etapie dla wszystkich lokalizacji, w których występuje badany produkt, wyznacza się taksonomiczny miernik odległości od wzorca. Może to być

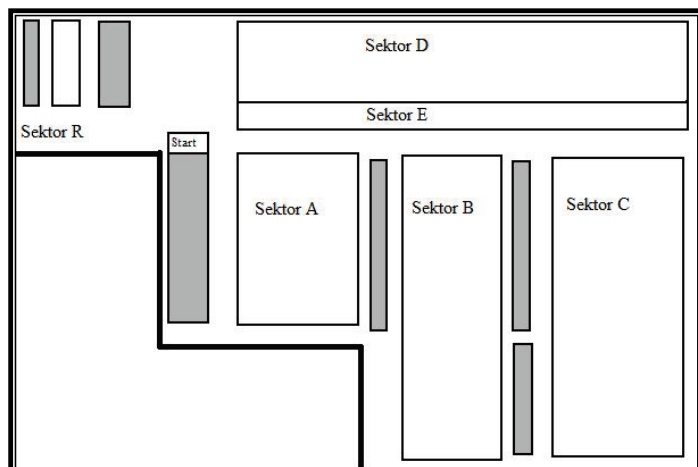
dowolny syntetyczny miernik rozwoju pokazujący, jaka jest odległość danej lokalizacji od „wzorca”<sup>2</sup>. Im mniejsza odległość od wzorca, tym większa atrakcyjność lokalizacji, a tym samym większe prawdopodobieństwo wybrania danej lokalizacji.

Po wybraniu odwiedzanych lokalizacji należy wyznaczyć trasę kompletacji. Zagadnienie wyznaczenia optymalnej ścieżki pobierania produktów to często analizowany w badaniach operacyjnych tzw. problem komiwojażera. Duża liczba przechowywanych (i kompletowanych) produktów przyczynia się do tego, że współcześnie odchodzi się od tradycyjnych metod optymalizacyjnych na rzecz tzw. heurystycznych metod kompletacji. Są to na przykład takie metody, jak *S-shape*, *midpoint* czy *return method* [Tarczyński 2012]. Metody te nie zawsze prowadzą do optymalnego rozwiązania, ale są znacznie mniej czasochłonne i kosztochłonne.

Przed zastosowaniem jakiegokolwiek metody kompletacji należy zbadać, czy można jej w danym przypadku użyć. Na przykład jeżeli w magazynie półki można obejść tylko z jednej strony, wówczas w zasadzie jedyną metodą, jaka może mieć zastosowanie, jest metoda *return*.

### 3. Przykład empiryczny

Zaprezentowany przykład dotyczy rzeczywistego zlecenia kompletacyjnego w przedsiębiorstwie, będącym oddziałem dużej firmy handlującej narzędziami i odzieżą roboczą. Przedsiębiorstwo posiada duży magazyn, którego plan przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Plan magazynu

Źródło: opracowanie własne.

<sup>2</sup> Opis tego typu miar można znaleźć w licznych pracach poświęconych metodom taksonomicznym, zob. np. [Walesiak 2002].

Magazyn składa się z sektorów A, B, C, D, E oraz R. Jego układ jest bardzo niestandardowy, regały w poszczególnych sektorach niekoniecznie są równoległe do regałów w innych sektorach, przejścia pomiędzy sektorami często są ograniczone do dwóch-trzech wąskich przesmyków. Sektory A, B, C oraz R są sektorami niskiego składowania (do każdej lokalizacji magazynier może się dostać, stojąc na podłodze i sięgając do półek, sektor E jest sektorem, gdzie towary przechowywane są w paletach i do najwyższej półki można się dostać tylko za pomocą zwykłego wózka widłowego, a sektor D jest sektorem wysokiego składowania, gdzie do najwyższych półek można się dostać jedynie za pomocą wózka wysokiego składowania (typu *reach truck*). Zakładając teoretyczną sytuację, że dany produkt znajduje się w każdym sektorze, najpierw ma być kompletowany w sektorze A, potem w sektorze B, następnie w C, potem w E, następnie w sektorze D i na końcu w sektorze R. Nawet jeżeli od startu bliżej jest do lokalizacji w sektorze D niż w sektorze A, najpierw należy odwiedzić sektor A. Dlatego też aby zagwarantować, że system zachowa zakładaną kolejność odwiedzania poszczególnych lokalizacji, wyznaczone odległości od startu do poszczególnych sektorów oraz odległości pomiędzy poszczególnymi sektorami odpowiednio zawyżono. Jedynie odległości pomiędzy lokalizacjami w obrębie sektora są odległościami rzeczywistymi. Jednostką odległości jest umowny „krok”, będący szerokością regału. Powiększenia dokonywano w taki sposób, żeby odległość pomiędzy dwiema najdalszymi lokalizacjami w danym sektorze była mniejsza niż najmniejsza „odległość” (sztucznie powiększona) pomiędzy dwiema lokalizacjami w różnych sektorach. Każda lokalizacja w magazynie opisana jest następującym ciągiem znaków: 0XYY-ZZ, gdzie:

X – sektor,

YY – rząd regałów,

ZZ – numer regału.

Zlecenie obejmowało kompletację dwunastu produktów. Listę produktów i ich ilości w zleceniu kompletacyjnym przedstawia tab. 1.

**Tabela 1.** Lista produktów i ich zleczone ilości

Produkty	Ilość zlecona
P1	60
P2	40
P3	80
P4	60
P5	10
P6	15
P7	15
P8	5
P9	5
P10	10
P11	10
P12	5

Źródło: opracowanie własne.

Wymienione w tab. 1 produkty znajdują się na różnych lokalizacjach, w różnych ilościach. Tabela 2 przedstawia dostępne ilości poszczególnych produktów w lokalizacjach.

**Tabela 2.** Dostępne ilości produktów w poszczególnych lokalizacjach

Produkt	Lokalizacja	Dostępna ilość	Produkt	Lokalizacja	Dostępna ilość
P1	0D01-06	65	P4	0D01-10	60
	0D02-11	60		0D02-05	60
	0D06-09	60		0D01-09	50
	0D01-12	60		0D05-13	40
	0D02-07	60		0D05-16	40
	0D06-10	60		0D06-05	10
	0D04-03	50	P5	0D03-01	60
0C05-01	9		0C01-04	14	
P2	0D02-07	60	P6	0D03-03	240
	0D02-05	60		0D09-05	94
	0D02-01	60	P7	0D02-12	200
	0D04-08	60		0D04-09	103
	0D02-03	60	P8	0D04-01	200
0D03-03	27		0D03-05	43	
P3	0D02-06	60	P9	0D02-11	240
	0D02-03	60		0D03-07	240
	0D02-08	60		0D03-08	60
	0D02-07	60	P10	0D03-11	130
	0D01-10	60	P11	0D05-11	152
	0D02-09	60	P12	0D03-3	189
	0D01-11	60			
	0D04-03	60			
	0D05-14	40			
	0D04-04	27			

Źródło: opracowanie własne.

Jeżeli porównamy dane zawarte w tab. 1 z danymi w tab. 2, widać, że w większości produktów zapotrzebowanie można skompletować, odwiedzając jedną lokalizację. Wyjątek stanowi produkt P3 – w jego przypadku należy odwiedzić przynajmniej dwie lokalizacje, aby skompletować jego zamówioną ilość.

Celem badanego przedsiębiorstwa w procesie kompletacji jest na ogół jak najszystsze skompletowanie zamówienia. Tak też jest w niniejszym przypadku. W niektórych przypadkach przedsiębiorstwo zakłada oczyszczanie lokalizacji z niewielkich ilości zamawianych produktów oraz kompletację w pierwszej kolejności produktów najstarszych, czyli tych, które były zamówione najwcześniej i najdłużej leżą w magazynie.

Każdą lokalizację, w której znajduje się któryś z kompletowanych produktów, opisuje się za pomocą dwóch zmiennych – stopnia zaspokojenia zapotrzebowania oraz odległości od startu. Jeżeli produkty mają być skompletowane możliwie najszybciej, pożądana jest z jednej strony jak najmniejsza odległość danej lokalizacji od startu, a z drugiej strony jak największy stopień zaspokojenia zapotrzebowania. W związku z powyższym odległość lokalizacji od startu jest destymulantą, a stopień zaspokojenia zapotrzebowania – stymulantą.

Stopień zaspokojenia zapotrzebowania oblicza się, dzieląc dostępną liczbę jednostek danego produktu w badanej lokalizacji przez zamówioną liczbę jednostek. Jeżeli wartość ta jest większa niż 1, przyjmuje się wartość 1, czyli zapotrzebowanie w danej lokalizacji zaspokojone jest w stu procentach.

Ponieważ druga zmienna – odległość lokalizacji od startu – jest destymulantą, należy zamienić ją na stymulantę. W niniejszej pracy dokonano tego poprzez wyznaczenie jej odwrotności.

Dla każdego produktu zebrano wszystkie lokalizacje, w których on występuje. Lokalizacje były obiektami, które uszeregowano za pomocą Syntetycznego Miernika Rozwoju [Nowak 1990; Ostasiewicz 1998]. Wyznaczono go następująco:

- Po zamianie odległości na stymulantę dokonano standaryzacji zmiennych.
- Wyznaczono maksymalne wartości zmiennych standaryzowanych, tworzące tzw. „obiekt idealny”.
- Obliczono odległości euklidesowe pomiędzy wartościami zmiennych w danej lokalizacji a „obiektem idealnym”.
- Nadano wagi zmiennym – stopień zaspokojenia zapotrzebowania miał wagę 0,6, odległość lokalizacji od startu – 0,4.
- Obliczono wzorzec rozwoju.
- Obliczono wartości Syntetycznego Miernika Rozwoju (Taksonomicznej Miary Artakcyjności Lokalizacji – TMAL).
- Wybrano lokalizacje o najwyższych pozycjach w rankingu aż do zaspokojenia zapotrzebowania.

Ponieważ, jak wspomniano powyżej, w większości przypadków (poza produktem P3) do skompletowania całego zamówienia wystarczy odwiedzić jedną lokalizację, dlatego praktycznie w każdym ze wspomnianych przypadków należy wybrać lokalizację, w której można zebrać całość zamówienia, a która jest najbliżej startu. Przykład numeryczny zostanie przedstawiony dla produktu P3. Jak widać w tab. 2, należy skompletować 80 sztuk tego produktu. W tabeli 3 znajdują się wartości TMAL oraz ranking lokalizacji.

Ponieważ analizowanego produktu P3 nie da się skompletować, odwiedzając jedną lokalizację, dlatego wybieramy dwie lokalizacje występujące najwyżej w rankingu, czyli 0D02-09 i 0D02-8. Należy jednak pamiętać, iż ich pozycje w rankingu nie świadczą o kolejności odwiedzania tych lokalizacji. Kolejność uzyskamy dopiero po zebraniu lokalizacji dla pozostałych produktów.

**Tabela 3.** Wartości TMAL oraz pozycja lokalizacji w rankingu

Lokalizacje	TMAL	Ranking
0D02-06	0,6845	4
0D02-03	0,4276	6
0D02-08	0,8915	2
0D02-07	0,7864	3
0D01-10	0,4899	5
0D02-09	1	1
0D01-11	0,3969	7
0D04-03	0,3363	8
0D05-14	0,2420	9
0D04-04	0	10

Źródło: opracowanie własne.

Mając wyznaczone odległości pomiędzy wybranymi lokalizacjami, drogę, którą będzie musiał pokonać magazynier, wyznaczamy następująco:

- Wybieramy lokalizację, która jest najbliżej punktu startowego.
- Następnie szukamy najbliższej lokalizacji do wybranej poprzednio.
- Powyższe kroki powtarzamy tak długo, aż odwiedzone zostaną wszystkie lokalizacje.

Kolejność odwiedzanych lokalizacji, pobrane produkty oraz ich ilości przedstawia tab. 4.

Powyższą trasę zaznaczono na planie fragmentu magazynu (rys. 2)<sup>3</sup>.

**Tabela 4.** Kolejność odwiedzania lokalizacji, pobierane produkty i ich ilości

Lokalizacje	Pobierane towary	Ilość
0C01-04	P5	10
0D05-11	P11	10
0D02-05	P4	60
0D02-07	P2	40
0D02-08	P3	60
0D02-09	P3	20
0D02-11	P1	60
	P9	5
0D02-12	P7	15
0D03-03	P12	5
0D03-05	P8	5
0D03-11	P10	10
0D09-05	P6	15

Źródło: opracowanie własne.

<sup>3</sup> Ponieważ zdecydowana większość trasy przypada na sektor D, dlatego na rysunku przedstawiono jedynie sektor D oraz odwiedzany fragment sektora C. Pod lokalizacjami w kolorze szarym znajdują się przejeścia.



Rys. 2. Trasa kompletacji

Źródło: opracowanie własne.

Zgodnie z polityką przedsiębiorstwa najpierw odwiedzono lokalizację w sektorze C, następnie lokalizację w sektorze D. Należy także zaznaczyć, że wyznaczona trasa najpewniej nie jest trasą optymalną. Wyznaczenie rozwiązania optymalnego dla magazynu o takim układzie jak w niniejszym przykładzie nie jest już sprawą prostą, gdyż magazyn ma układ dość nieregularny. Także znane z literatury metody heurystyczne także nie bardzo można tutaj zastosować, gdyż w sektorze D regałów nie można obejść z każdej strony, pomiędzy sektorami występują często rzędy kartonów, blokujące niektóre przejścia.

Patrząc na rysunek 2 widać, że trasa przechodzi przez regały w sektorze D. Badany sektor jest sektorem wysokiego składowania i regały mają około dziesięć metrów wysokości. W miejscach, przez które przechodzi trasa, zrobiono przejście pod regałami, wysokie na około dwa metry. Przez to przejście może przejechać także każdy wózek służący do kompletacji produktów z wyżej położonych regałów.

Należy także wspomnieć, że prezentowany system jest daleki od doskonałości. Jeżeli przyjrzymy się danym z tab. 2, przedstawiającej występowanie poszczególnych produktów, można zauważyć, że lokalizacja OD02-07 jest lokalizacją, w której występują produkty P1, P2 i P3, a w wyniku procedury została wybrana ona tylko do pobrania z niej produktu P2, a produkty P1 i P3 zostały pobrane z innych lokalizacji. Dlatego rozwinięciem wskaźnika TMAL będzie dodanie dodatkowej zmiennej, którą będzie liczba rodzajów kompletowanych produktów występująca w okolicy danej lokalizacji.

#### 4. Zakończenie

W niniejszym artykule zaproponowano metodę wyboru lokalizacji do kompletacji produktów w magazynie za pomocą metod taksonomicznych. Wykorzystano prostą i znaną miarę, którą jest Syntetyczny Miernik Rozwoju (tutaj nazwany Taksono-

miczną Miarą Atrakcyjności Lokalizacji). W artykule liczone go na podstawie dwóch cech – stopnia zaspokojenia zapotrzebowania na produkt oraz odległości od startu. Oczywiście, jego zaletą jest to, że można go rozwijać i dodawać inne cechy, jak wspomniane wcześniej: czas przechowywania produktu w danej lokalizacji (żeby w pierwszej kolejności zebrać te, które zalegają w magazynie najdłużej) czy liczbę kompletowanych produktów występujących w okolicy danej lokalizacji (żeby odwiedzić możliwie najmniej lokalizacji). Dzięki zastosowaniu tej drugiej zmiennej będzie można „skupić” lokalizacje, w których znajdują się kompletowane produkty. Te sytuacje będą przedmiotem dalszych analiz w tym zakresie. W toku dalszych analiz proponowana metoda zostanie też porównana do innych, stosowanych w praktyce metod.

## Literatura

- Bartholdi J.J., Hackman S.T., 2011, *WAREHOUSE & DISTRIBUTION SCIENCE, Release 0.95*, The Supply Chain and Logistics Institute, School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology, GA 30332-0205 USA, Atlanta.
- De Koster R., Le-Duc T., Roodbergen K.J., 2007, *Design and control of warehouse order picking: a literature review*, European Journal of Operational Research, 182(2), 481-501.
- Gudehus T., Kotzab H., 2012, *Comprehensive Logistics*, Second Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, DOI: 10.1007/978-3-642-24367-7.
- Nowak E., 1990, *Metody taksonomiczne w klasyfikacji obiektów społeczno-gospodarczych*, PWE, Warszawa.
- Ostasiewicz W. (red.), 1998, *Statystyczne metody analizy danych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wrocław.
- Tarczyński G., 2012, *Analysis of the impact of storage parameters and the size of orders on the choice of the method for routing order picking*, Operations Research and Decisions, 22, s. 105-120.
- Walesiak M., 2002, *Uogólniona miara odległości w statystycznej analizie wielowymiarowej*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wrocław.

## TAXONOMIC PROCEDURE OF SUPPORTING ORDER-PICKING OF PRODUCTS IN A WAREHOUSE

**Summary:** The article presents the procedure of supporting order-picking of products in a warehouse. It consists of several steps. The first step presents locations of ordered goods. Next (for selected locations) the values of taxonomic measure of location's attractiveness are calculated. It is a taxonomic measure of distance from reference object with the following diagnostic variables: localisations' distances, degree of demand satisfaction, storage time, etc. After the selection of visited localisations, order-picking process starts. Empirical example presents the application of described procedure in the existing warehouse.

**Keywords:** taxonomic measure of location's attractiveness, order-picking methods, storage management.