

LORENC Augustyn Krzysztof<sup>1</sup>

## Metody klasyfikacji i rozmieszczania produktów w magazynie – przegląd praktycznych rozwiązań

### WSTĘP

W magazynach o dużym asortymencie czasem nawet sięgającym tysiącom produktów odpowiednie zaplanowanie rozmieszczenia produktów jest niezbędne, aby zapewnić pożądaną efektywność funkcjonowania magazynu. Zwiększenia efektywności funkcjonowania magazynu może być osiągnięte za pomocą trzech sposobów, tj. poprzez zarządzanie zamówieniami (dzielenie ich na kilka kompletacji, multikompletacje, itd.), optymalizację ścieżki kompletacji oraz reorganizację rozmieszczenia produktów (np. poprzez klasyfikację i podział towarów na grupy). Klasyfikacji produktów dokonuje się w celu uzyskania podziału grupy odpowiadające znaczeniu – istotności – przechowywanych produktów. Następnie planując rozmieszczenie towarów w magazynie uwzględnia się takie ich rozplanowanie, aby zapewnić najkrótszą drogę ze strefy kompletacji/wydań do produktów o najwyższym priorytecie – grupie z największą wagą.

Wśród metod i narzędzi wykorzystywanych do klasyfikacji i rozmieszczenia produktów w magazynie wyróżnić można, takie które uwzględniają tylko jedno kryterium oraz takie, które uwzględniają ich większą ilość. Ich dobór zależy w głównym stopniu od systemu składowania produktów oraz sposobu kompletacji zamówień.

### 1. POWSZECHNIE STOSOWANE METODY KLASYFIKACJI I ROZMIESZCZANIA PRODUKTÓW

Klasycznymi jednokryterialnymi metodami rozmieszczenia produktów dla stałych miejsc składowania są:

- Metoda ABC,
- Metoda XYZ.

Natomiast do wielokryterialnych metod i narzędzi klasyfikacji produktu zaliczyć można:

- Indeks COI,
- Analizę ABC-FC
- Analizę EIQ,
- Metodę AHP [12],
- Logikę rozmytą,
- Algorytmy genetyczne,
- Sieci neuronowe.

#### 1.1. Analiza ABC

Analiza ABC jest najczęściej stosowaną analizą pozwalającą sklasyfikować produkty na grupy cechujące się różnym znaczeniem. Klasyczna analiza ABC pozwala podzielić produkty na trzy grupy o procentowym udziale wynoszącym: A – 80%, B – 15%, C – 5%. Można spotkać odmiany tej analizy wyodrębniające więcej grup w odpowiednio skorygowanym udziale procentowym. Analiza ABC jest analizą jednokryterialną, nie ma zatem możliwości uwzględnienia kilku parametrów jednocześnie. Możliwe jest jednak kilkukrotne wykonanie analizy za każdym razem uznając jako kryterium inną cechę a następnie dokonać syntezy wyników przyjmując stosowne wagi dla każdej

<sup>1</sup> Mgr inż. A. K. Lorenc, asystent naukowo-dydaktyczny, Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Instytut Pojazdów Szynowych, Zakład Systemów Logistycznych

cechy (wyniku analizy) [5]. Analiza ABC najczęściej jest wykonywana według kryteriów [6] [11] [2] [5] [13]:

- Wartości sprzedaży lub zysk ze sprzedaży,
- Częstość pobrań,
- Wielkości wydań,
- Wagi i objętości.

W analizie konieczne jest zapewnienie, że dla każdego produktu okres z jakiego będą pochodziły dane będzie taki sam oraz że będzie on reprezentatywny – nie może być wycinkiem z krótkiego czasu nieodzwierciedlającego zachodzących w magazynie zmian. Przykładem doboru błędnego okresu mogłaby być sytuacja wyboru krótkiego okresu nie uwzględniającego sezonowości sprzedaży dla produktów o różnym rozkładzie popytu, np. kremu do opalania i zimowych czapek, a następnie stwierdzenia, że wyniki dokonanej analizy będą mogły mieć zastosowanie dla całego roku. Analiza ABC jest często porównywana z klasyfikacją Pareto-Lorenza, zgodnie z którą 20% zbioru tworzącej klasę A generuje 80% wartości całego zbioru.

### 1.2. Analiza ABC-FC

Analiza ABC-FC (Fuzzy Classification) jest kombinacją klasycznej analizy ABC oraz zbiorów rozmytych. Opiera się o uzyskane wyniki podziału na grupy w wyniku zastosowania analizy ABC oraz XYZ, a także uwzględnia częstotliwość pobrań produktu – zatem pozwala dokonać analizy pod kątem trzech kryteriów jednocześnie.

Analiza ABC-FC jest znacznie bardziej efektywna od jej klasycznej wersji. Główną jej zaletą jest możliwość uwzględnienia kilku kryteriów jednocześnie co w połączeniu z podziałem na dziewięć grup o różnym stopniu ważności pozwala dokonać lepszej klasyfikacji produktów znajdujących się na pograniczy podstawowych grup ABC.

### 1.3. Analiza XYZ

Analiza XYZ jest analizą pozwalającą uzupełnić analizę ABC o dodatkowe kryterium dokonując klasyfikacji wewnątrz już wydzielonych grup ABC. Kryterium jakie jest najczęściej stosowane w analizie XYZ to regularność zużycia. W odróżnieniu od wspomnianej analizy ABC w której dokonuje się klasyfikacji według powiązań pomiędzy poszczególnymi produktami, analiza XYZ pozwala na ich niezależną ocenę – indywidualny współczynnik dla każdego produktu. Podstawowe założenia są takie same dla obu wspomnianych analiz tzn. okres wykorzystywany do obliczeń musi być wspólny dla wszystkich produktów oraz musi być zapewniona jednolitość cech i jednostek w jakich są one mierzone.

W wyniku analizy XYZ dokonuje się podziału produktów na trzy grupy, przy czym przyjmuje się, że [6]:

- Grupa X składa się z produktów, które są wykorzystywane regularnie. Powinien być dla nich opracowany system nadzoru zsynchronizowany z zapotrzebowaniem. Nie jest wymagane tworzenie dużych zapasów towarów.
- Grupa Y cechuje się znaczną zmiennością, przez co trudno jest dostrzec niektóre prawidłowości i je wykorzystać, np. sezonowość. Konieczne jest opracowanie odpowiedniego poziomu zapasów magazynowych.
- Grupa Z to produkty o sporadycznym wykorzystaniu. Należy dla nich dokonać wyboru pomiędzy stworzeniem zapasu, który będzie przechowywany przez długi okres czasu albo dostawami na żądanie, które będą wymagały poniesienia większych kosztów.

W praktyce najczęściej analiza XYZ jest wykonywana tylko w połączeniu z analizą ABC, ponieważ sama w sobie nie daje pożądanego rezultatu.

### 1.4. Index COI

Index COI (Cube-per-Order Index) pozwala w najprostszy sposób dokonać klasyfikacji produktów [9]. Analiza dokonywana tą metodą jest analizą dwukryterialną, w której jako kryteria przyjmuje się wielkość produktu i popyt. Jako wielkość produktu może być przyjęta jego objętość lub waga, natomiast jako popyt ilość pobrań produktu lub średnie zapotrzebowanie.

Poprzez zastosowanie obliczonego współczynnika COI w celu rozmieszczenia produktów w taki sposób, aby te o najniższym współczynniku znajdowały się jak najbliżej strefy kompletacji/wydań skrócona zostaje droga pokonywana przez największe/najcięższe produkty. Uzależnienie wielkości towaru od popytu pozwala znaleźć wartość pośrednią pomiędzy tymi dwoma kryteriami [2].

Dodatkowym plusem dla tej metody jest fakt, że przy wykorzystywaniu multikompletacji, kiedy ma się do czynienia z produktami o dużej małej i wadze planując ścieżkę kompletacji od najdalszego punktu względem strefy wydań unika się częstych zmian kolejności produktów na wózku kompletacyjnym. Takie zmiany są konieczne jeśli istnieje ryzyko uszkodzenia produktu lżejszego przez cięższy. Zastosowanie tej metody pośrednio zmniejsza czas potrzebny na przekładanie produktów a zarazem czas trwania całości kompletacji.

Istnieje możliwość wykorzystania klasycznej metody ABC wykonując ją dwukrotnie przyjmując jako kryterium wagę produktów oraz zapotrzebowanie na produkt. Następnie konieczne jest ustalenie współczynników wagowych w celu zestawienia obu wyników analiz. Jednak przy dużej ilości produktów wykorzystanie współczynnika COI będzie znacznie szybsze niż analiza ABC.

Wykorzystanie współczynnika COI jest szczególnie przydatne dla metody wolnych miejsc składowania. Najczęściej w takim wypadku ma charakter informacyjno-decyzyjny i przyczynia się do redukcji czasu kompletacji bez konieczności wykonywania złożonych obliczeń lub analiz. W literaturze można znaleźć informacje o wykorzystaniu współczynników COI do podziału produktów na grupy ABC [1]. Przez co zdarza się też, że jest to błędnie kojarzone z analizą ABC.

### 1.5. Analiza EIQ

W polskiej literaturze analiza EIQ (Entry-Item-Quantity) nie jest wystarczająco dobrze znana, niemniej jednak metoda ta została precyzyjnie opisana w publikacjach zagranicznych [7]. Jest to metoda, która może być wykorzystywana do planowania systemów logistycznych, dystrybucji, ale przede wszystkim przydatna jest w magazynach, gdzie może być wykorzystywana do planowania rozmieszczenia produktów, wyboru wyposażenia oraz kontroli i prognozowania stanów magazynowych. Większość klasycznych metod wykorzystuje dwa współczynniki: produkt (Item - I) i ilość (Quantity - Q), metoda EIQ natomiast opiera się ponadto na trzecim współczynniku – listy zamówień (Entry of Order - E) co pozwala na uzyskanie większej ilości szczegółowych informacji. W metodzie EIQ wykorzystywane są kombinacje wymienionych współczynników w występujące w postaci:

- EQ – wielkość zamówienia (Q) klientów (E),
- EN – ilość typów produktów (N) zamówiona przez klientów (E),
- IQ – wielkość zamówienia (Q) dla każdego typu produktu (I),
- IK – częstotliwość zamawiania (K) dla każdego typu produktu (I).

W analizie EIQ podobnie jak metoda oparta o Index COI dokonuje się podziału grup na grupy ABC.

Należy wspomnieć, że dokonując podziału produktów na grupy otrzymuje się osobno wyniki dla każdego kryterium (EQ, IQ, EN oraz IK). W ostatecznym rozlokowaniu produktów można posłużyć się podziałem według jednego kryterium lub stworzyć nowe grupy w oparciu o wszystkie kryteria, np. AAA, ABB, CAB, itd. W podsumowaniu analizy EIQ najczęściej podaje się:

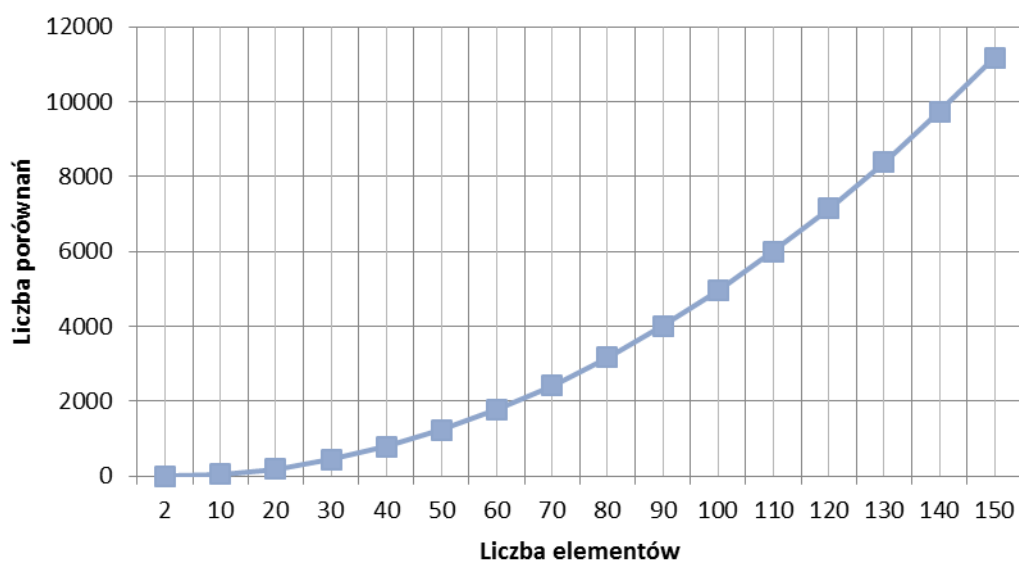
- Ilość zamówień klientów (E),
- Liczbę typów produktów (I),
- Całkowitą wielkość zamówień klientów ( $\sum EQ = \sum IQ$ )
- Średnią wielkość zamówień klientów (średnie EQ),
- Średnią wielkość zamówienia dla każdego typu produktu (średnie IQ),
- Przedział wartości EQ, IQ, EN, IK,
- Całkowitą ilość typów produktów zamówionych przez klientów ( $\sum EN = \sum IK$ ).

### 1.6. Metoda AHP

Większość metod klasyfikacji bazuje na przyjętych przez logistyków lub menadżerów wagach w związku z czym metody te są bardzo subiektywne. Również analiza AHP cechuje się znaczną

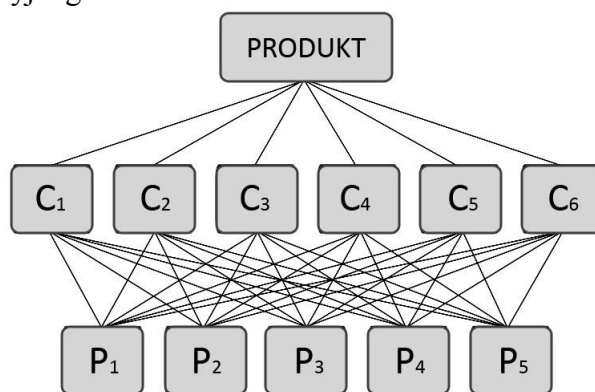
subiektywnością jednak przy prawidłowo dobranych współczynnikach wagowych jest to metoda znacznie lepsza niż klasyczne analizy takie jak np. ABC [3]. Mimo wszystko klasyfikacja produktów uzyskana przy pomocy metody AHP jest zależna od początkowo dobranych współczynników wagowych [10]. Istotne jest zatem, aby już na samym początku dobrać odpowiednio wagi. Można tego dokonać na podstawie posiadanych danych o produktach oraz statystyk sprzedażowych. W celu zmniejszenia ryzyka subiektywnej oceny stosuje się także zbiory rozmyte w połączeniu z analizą AHP – FAHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process) [4]. W takim przypadku nie istnieje ścisła skala wagowa, ponieważ wagi są opisywane funkcją przynależności. Często, aby określić wagi stosuje się ankietę delficką (ekspercką) przeprowadzaną wśród specjalistów z danej dziedziny. Takie rozwiązania pozwalają znacznie lepiej odwzorować rzeczywistość opisywaną przez zakładany model [8].

Analizując ilość porównań jakie muszą być wykonane (Rysunek 1) można zauważyć znaczny wzrost w wyniku analizy dużej liczby elementów.



**Rys. 1.** Liczba porównań w funkcji liczby elementów dla analizy AHP (opracowanie własne)

Analiza AHP jest zatem bardzo czasochłonna jeśli jest wykonywana dla dużej liczby elementów – a tak jest zazwyczaj jeśli chodzi o magazynowanie. Na rysunku 2 pokazano przykładową strukturę hierarchiczną procesu decyzyjnego.



**Rys. 2.** Przykładowa struktura procesu decyzyjnego AHP dla sześciu kryteriów (C) oraz pięciu produktów (opracowanie własne)

Może zdarzyć się tak, że w magazynie składowane jest nawet ponad 1000 produktów. Zatem w takim wypadku zastosowanie analizy AHP będzie bardzo czasochłonne, przez co może się okazać, że będzie to metoda nieskuteczna.

## 2. PORÓWNANIE PODSTAWOWYCH METOD WYKORZYSTYWANYCH DO PLANOWANIA ROZMIESZCZENIA PRODUKTÓW

Omówione metody klasyfikacji produktów są metodami najczęściej wykorzystywanymi do planowania rozmieszczenia produktów przy projektowaniu nowych magazynów lub ich restrukturyzacji. Wszystkie metody najczęściej opierają się o dane statystyczne takie jak zapotrzebowanie na produkt, ilość pobrań produktów, powiązania pomiędzy produktami na listach kompletacyjnych, itd. Metody te są natomiast mało efektywne jeśli chodzi o relokację produktów w funkcjonującym magazynie z uwagi na dużą rotację towarów. W takim przypadku spośród omówionych metod sprawdza się jedynie rozmieszczenie produktów w oparciu o index COI – jest to metoda wykorzystywana najczęściej przy składowaniu w oparciu o wolne miejsca w magazynie.

Dokonując klasyfikacji produktów w oparciu o pozostałe metody, po rozmieszczeniu produktów należy ciągle stosować ten sam układ towarów. Taka konieczność niestety sprawdza się tylko w przypadku stałego popytu i braku sezonowości. Jeśli natomiast występują silne wahania na rynku, należałoby często dokonywać ponownej klasyfikacji produktów i ich przemieszczeń wewnętrznych – co w dużych magazynach jest znacznym utrudnieniem powodującym zaburzenia w funkcjonowaniu. Zestawienie omówionych metod przedstawiono w tabeli 1.

**Tab.1.** Porównanie metod klasyfikacji produktów.

	Wielokryterialność	Najczęściej uwzględniane kryteria	Zależność od ilości elementów	Sposób klasyfikacji produktów	Najczęstsze zastosowanie
Index COI	Tak, 2 kryteria	objętość/waga, zapotrzebowanie	nie ma znaczenia	W oparciu o współczynnik COI, brak konieczności podziału na grupy	Metoda wolnych miejsc składowania
Analiza ABC	Nie	wartość sprzedaży, zysk ze sprzedaży, częstość pobrań, wielkość wydań, objętość/waga	mała	W odniesieniu do innych produktów - w oparciu o udział produktu w stosunku do całości	Metoda stałych miejsc składowania
Analiza XYZ	Nie	regularność zużycia	mała	W odniesieniu do innych produktów - w oparciu o udział produktu w stosunku do całości	W połączeniu z metodą ABC
Analiza ABC-FC	Tak	wartość sprzedaży, zysk ze sprzedaży, częstość pobrań, wielkość wydań, objętość/waga, regularność zużycia	mała	W oparciu o funkcję przynależności oraz podział na grupy według analizy ABC	W połączeniu z analizą ABC i XZY
Analiza EIQ	Tak	wielkość zamówienia klientów, ilość typów produktów zamówiona przez klientów, wielkość zamówienia dla każdego typu produktu, popularność produktu	mała	W oparciu o obliczone współczynniki dla każdego produktu	Metoda wolnych i stałych miejsc składowania
Metoda AHP	Tak	wartość sprzedaży, zysk ze sprzedaży, częstość pobrań, wielkość wydań, objętość/waga, regularność zużycia	duża	W oparciu o obliczone wskaźniki preferencji oraz przyjęte współczynniki wagowe	Mały asortyment

(opracowanie własne)

Spośród omówionych metod najczęściej stosowane w przedsiębiorstwach są analizy ABC i XYZ oraz index COI. Niemniej jednak są to analizy wykonywane dla jednego lub dwóch kryteriów w



związku z czym nie mogą w pełni odwzorowywać rzeczywistości. Duże firmy – zwłaszcza zagraniczne – starają się łączyć kilka metod lub wykonywać je wielokrotnie używając innego kryterium i zestawiać ze sobą. Często też powierza się rozmieszczenie produktów systemom wspomagania WMS. Te jednak najczęściej korzystają z klasycznym metod klasyfikacji produktów lub ich własnej adaptacji.

## WNIOSKI

Podsumowując można stwierdzić, że omawiane metody we współczesnym magazynie muszącym dostosowywać się do częstych zmian gospodarki są mało efektywne. Niemniej jednak z uwagi na swoją prostotę i łatwość wdrożenia w przedsiębiorstwie są bardzo często stosowane. Słabości klasycznych metod wymusiły na naukowcach i logistykach opracowywanie nowych – bardziej dynamicznych metod klasyfikacji i rozmieszczenia produktów. Fazą przejściową pomiędzy tymi, a nowymi metodami było zastosowanie logiki rozmytej (Fuzzy Logic). Obecnie coraz częściej sięga się po zastosowanie algorytmów genetycznych lub sieci neuronowych. Te ostatnie stały się bardzo popularne, co wynika z ich dużych możliwości adaptacyjnych oraz efektywności, która wzrasta wraz z czasem funkcjonowania systemów działających w oparciu o sieci neuronowe. Nowoczesne metody z uwagi na swoją złożoność i trudność we wdrożeniu nie są natomiast stosowane bezpośrednio przez przedsiębiorstwa. Są jednak wykorzystywane jako elementy systemów WMS wspomagających pracę magazynów.

### *Streszczenie*

*W niniejszym artykule omówiono najczęściej stosowane metody służące do klasyfikacji produktów będące podstawą do planowania rozmieszczenia towarów w magazynie. Są to metody łatwe do wdrożenia w przedsiębiorstwach, nawet poprzez stworzenie odpowiedniego arkusza kalkulacyjnego Excel. Optymalizacja rozmieszczenia produktów w magazynie jest jednym z trzech podstawowych rozwiązań pozwalających zwiększyć efektywność funkcjonowania magazynu, przy czym jest to rozwiązanie najprostsze i najmniej kosztowne. Do pozostałych zalicza się zarządzanie zamówieniami oraz planowanie trasy kompletacji produktów. Omówione metody są też często wykorzystywane przez płatne systemy WMS. W artykule dokonano zestawienia omówionych metod pod kątem najczęściej uwzględnianych kryteriów, zależności od ilości elementów, sposobu klasyfikacji produktów oraz najczęstszego zastosowania. Artykuł jest podstawą do realizacji badań w zakresie efektywności metod klasyfikacji produktów i ich wpływu na funkcjonowanie magazynu.*

## Methods for classification and placement of products in warehouse - overview of the practical solutions

### *Abstract*

*In that paper most popular methods used for products classification were discussed. These methods are used for warehouse layouts design, what is more these methods are easy to implementation in companies, even through create spreadsheet in Excel. Optimization of products placement in warehouse is one of three ways, which help to increase warehouse effectiveness and it is the simplest and least expensive solution. Among other solutions can be order batching and routing problem optimization. Discussed methods are often used in payable systems like WMS. The article summarizes the methods discussed in terms of the most common criteria are included, depending on the number of elements, the method of classification of products and the most common application. This paper is the basis for feature researches in area of effectiveness of products classification method and their effects on the total effectiveness of warehouse.*

## PODZIĘKOWANIA



*Prezentowane wyniki badań zostały zrealizowane w ramach projektu  
EUREKA E!6726 LOADFIX dofinansowanego  
ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju*



## BIBLIOGRAFIA

1. Caron F., Marchet G., Perego A., Routing policies and COI-based storage policies in picker-to-part Systems. *International Journal of Production Research*, 1998, no. 3/36.
2. Felix T.S., Chan H.K. Chan, Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage. *Expert Systems with Applications*, 2011, no. 38.
3. Guvenir H. A., Erel E., Multicriteria inventory classification using a genetic algorithm. *European Journal of Operational Research* 1998, no. 1/105.
4. Hadi-Vencheh A., Mohamadghasemi A., A fuzzy AHP-DEA approach for multiple criteria ABC inventory classification. *Expert Systems with Applications*. 2011, no. 38.
5. Kaczor G., Lorenc A., Zwiększenie efektywności procesu kompletacji zamówień w wyniku optymalizacji rozmieszczenia produktów w magazynie z uwzględnieniem ich częstotliwości pobrań oraz gramatury. *Logistyka* 2012 nr 6.
6. Krawczyk S., *Logistyka, teoria i praktyka*. Difin, Warszawa 2011.
7. Li M. L., Goods classification based on distribution center environmental Factors. *International Journal of Production Economics*. 2009, no. 2/119.
8. Lisińska-Kuśnierz M., Gajewska T., Customer satisfaction with the Quality of the Logistic Services. *LogForum*, 2014, no. 10(1).
9. Lorenc A., *Koncepcja wykorzystania sieci neuronowych do klasyfikacji produktów i ich rozmieszczenia w magazynie*, red. J. Feliksa M. Karkula. Wybrane zagadnienia logistyki Tom II, Wydawnictwa AGH, Kraków 2013.
10. Nachiappan S., Ramakrishnan R., A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management. *International Journal of Production Economics*. 2012, no. 138.
11. Niemczyk A., *Zapasy i magazynowanie Tom II: Magazynowanie*. Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2007.
12. Quansheng Lei Jian Chen, Qing Zhou, Multiple Criteria Inventory Classification Based on Principal Components Analysis and Neural Network. *Lecture Notes in Computer Science*. 2005, no. 3498.
13. Szkoda M., Realizacja procesów logistyki dystrybucji z zastosowaniem systemu SAP ERP. *Logistyka* 2013, nr 5.