

WYBRANE ELEMENTY DOBORU I OCENY SYSTEMÓW KOMPLETACJI MAGAZYNOWEJ

Zdzisław JASKULSKI

Streszczenia: Zaproponowano metodykę doboru i oceny systemów kompletacji magazynowej z uwzględnieniem zróżnicowanych preferencji inwestora.

Słowa kluczowe: składowanie, kompletacja magazynowa, możliwość systemu, ocena systemu.

1. Wprowadzenie

Na polskim obszarze gospodarczym pojawia się dużo małych i średnich firm zajmujących się handlem hurtowym. Teren województwa kujawsko-pomorskiego pokrywa zróżnicowana pod względem asortymentu sieć różnej wielkości hurtowni. Według danych [3] jest ich łącznie 34012. Zmienny popyt ilościowy i asortymentowy na składowane produkty, przy założeniu istnienia procedur rynkowych, wymaga znacznej elastyczności w zakresie składowania jak również czasów dostarczania zasobów do odbiorców. Jeżeli do tego dodamy zróżnicowane cykle dostaw poszczególnych asortymentów przez producentów to staje się oczywiste, że dla zachowania zdolności do zaspokojenia potrzeb odbiorców konieczne jest tworzenie zapasów i ich przechowywanie. W tych warunkach istnienie magazynów jest koniecznością techniczno-ekonomiczną. Przeprowadzone badania ankietowe wykazały, że około 60% (60,3%) zamierza w najbliższym czasie modernizować lub budować od początku swoje zaplecze magazynowe. Oznacza to że jest zapotrzebowanie na metodykę, która pozwoli z istniejącej oferty katalogowej magazynów wybrać ten, który najlepiej będzie spełniał oczekiwania inwestora.

W każdym magazynie, bez względu na jego miejsce lokalizacji w strukturze firmy [2], możemy wyodrębnić trzy podstawowe fazy:

- fazę zasilania,
- fazę składowania,
- fazę kompletacji.

Bardziej szczegółowa penetracja problemu wymaga zwrócenia uwagi na wpływ każdej z tych faz na poziom zadowolenia odbiorców zasobów z hurtowni. Przy założeniu istnienia potrzebnych zasobów na rynku zaopatrzeniowym oraz stworzeniu niezbędnych zapasów magazynowych wpływ pierwszych dwóch faz na proces zaopatrzenia odbiorców jest znikomy. Natomiast faza kompletacji jest bezpośrednio odpowiedzialna za zaopatrzenie ilościowe i asortymentowe, w funkcji czasu, odbiorców. Tym samym zagadnienia związane z właściwym doбором systemu kompletacji magazynowej w korelacji z łańcuchem odbiorczym nabierają istotnego znaczenia. To między innymi uzasadnia konieczność opracowania metody niezbędnej do rozwiązania problemów związanych z oceną i doбором systemów kompletacji magazynowej.

2. Podstawowe założenia metody i modele

Opracowana metodyka powinna pozwolić nie tylko na ocenę i dobór SKM dla hurtowni ale również być przydatna w innych obszarach działalności gospodarczej takich jak dobór systemów dla baz magazynowych lub przedsiębiorstw produkcyjnych. Dla osiągnięcia tak sformułowanych celów ogólnych niezbędna jest realizacja celów szczegółowych, które można przedstawić następująco:

- algorytmizacja procesu decyzyjnego obejmującego dobór i ocenę SKM (Systemów Kompletacji Magazynowej),
- możliwość prawidłowego sformułowania niezbędnych wymagań dla SKM w przypadku istnienia, modernizacji lub projektowania,
- komputerowe wspomaganie procesu doboru i oceny SKM,
- uzyskanie precyzyjnego opisu badanego obszaru.

Osiągnięcie zaproponowanych celów wymaga zbudowania kilku modeli matematycznych pozwalających na klasyfikację i wartościowanie systemów kompletacji magazynowej istniejących i możliwych do zaistnienia. Mając na uwadze aspekty badawcze oraz docelową przydatność aplikacyjną proponowanej metody przyjęto następujące wymagania:

- opracowana metoda powinna umożliwić ocenę i dobór wszystkich istniejących i mogących zaistnieć (w najbliższej przyszłości) SKM,
- metoda w swojej warstwie kwantyfikacyjnej powinna uwzględniać uwarunkowania wynikające z podstawowej struktury otoczenia i zmienności hierarchii uwarunkowań,
- dobór systemu przy pomocy proponowanej metody powinien zapewnić zbliżone do optymalnych możliwości systemu w stosunku do stawianych przed nim wymagań.

Dla potrzeb proponowanej metody konieczne było zbudowanie modelu pozwalającego na wprowadzenie klasyfikacji SKM. Wychodząc ze struktury realizowanego procesu oraz sposobu jego realizacji możemy utworzyć tablice morfologiczną zawierającą dwie podstawowe osie odniesienia [1]:

- oś parametrów,
- oś form objawowych.

Istotne jest zastrzeżenie, że parametr niższego rzędu może zaistnieć wtedy i tylko wtedy gdy poprzedziło go w czasie zaistnienie parametru wyższego rzędu. Oznacza to że parametr P_3 musi zostać poprzedzony parametrem P_2 , a ten parametrem P_1 . Każdemu parametrowi są przypisane, jemu tylko właściwe, formy objawowe. Wynika stąd wniosek, że również formy objawowe są uporządkowane w podobny sposób jak związane z nimi parametry. Jeżeli dla każdego parametru P mamy dowolną ilość form objawowych to możemy stworzyć następujący łańcuch powiązań [1]:

P_1	ma	E_{11}	E_{12}	E_{13}	\dots	E_{1n}
P_2	ma	E_{21}	E_{22}	E_{23}	\dots	E_{2n}
P_3	ma	E_{31}	E_{32}	E_{33}	\dots	E_{3n}
.	
.	
.	
P_m	ma	E_{m1}	E_{m2}	E_{m3}	\dots	E_{mn}

Możemy z tak przedstawionych powiązań morfologicznych utworzyć tablicę, w której zaznaczamy linie przebiegu łączące formy objawowe poszczególnych parametrów (Tab. 1).

Tab. 1. Połączenie form objawowych i parametrów

PARAMET R	FORMY OBJAWOWE				
	1	2	3	...	n
P ₁	E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	...	E _{1n}
P ₂	E ₂₁	E ₂₂	E ₂₃	...	E _{2n}
P ₃	E ₃₁	E ₃₂	E ₃₃	...	E _{3n}
·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·
P _m	E _{m1}	E _{m2}	E _{m3}		E _{mn}

Ogólny model pozwalający określić ilość możliwych powiązań form objawowych S dla znanych m i n

$$S = \prod_{i=1}^m K_i \quad (1)$$

gdzie:

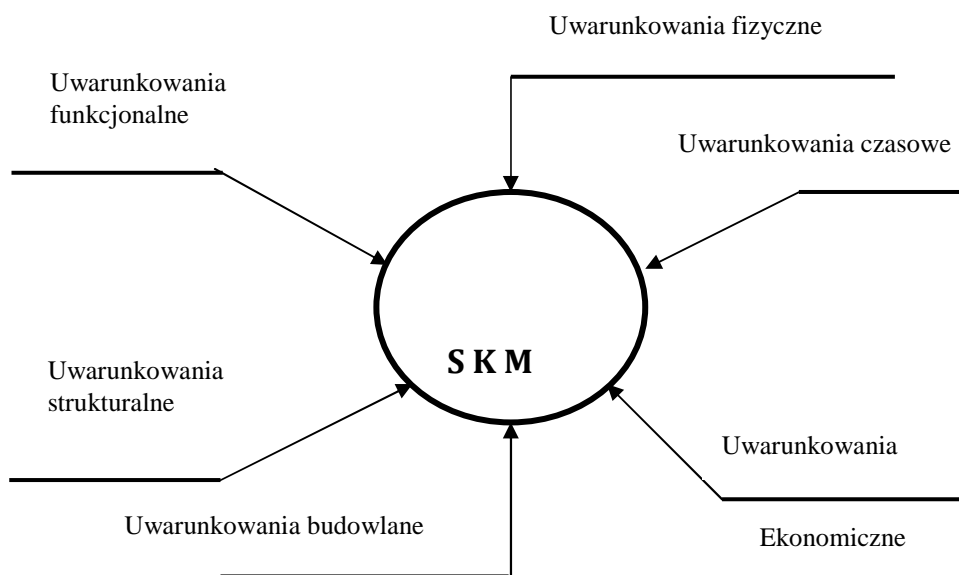
- i – maksymalna ilość parametrów w rozpatrywanym układzie.
- K_i – maksymalna ilość form objawowych dla „i-tego” parametru.
- S – ilość możliwych powiązań, w tym przypadku równa się to iloczynowi form objawowych.

Wychodząc z powiązań morfologicznych dla danego układu, jak również stosując niezbędne elementy algebry możemy dokonać klasyfikacji ogólnej SKM. Zgodnie z przyjętym trybem opracowania metody zostały zidentyfikowane podstawowe uwarunkowania otoczenia i wynikające stąd kryteria pozwalające opisać dany system. Uzyskaliśmy w ten sposób niezbędne dane do budowy jednolitego systemu wartościowania systemów kompletacji magazynowej. W następnym etapie wprowadzono wagi pozwalające na ustalenie własnych preferencji. Rozwiązanie modeli pozwala na określenie możliwości systemu.

3. Zasady opracowania proponowanej metody

Rozwiązanie modelu przedstawionego w punkcie 2 pozwoliło wyodrębnić 16 podstawowych systemów kompletacji magazynowej. Powiązania morfologiczne

występujące w układzie umożliwiły uwzględnienie struktury wewnętrznej systemu (Rys. 1). Nie jest ona wystarczająca do pełnego opisu systemu ponieważ nie uwzględnia w ogóle uwarunkowań systemu.



Rys. 1. Podstawowa struktura otoczenia systemu kompletacji magazynowej

Przeprowadzając analizę, agregację i weryfikację determinantów wynikających z uwarunkowań wyodrębniono 20 kryteriów stanowiących katalog docelowy. Katalog ten składa się z kryteriów mierzalnych, jakościowych i mierzalnych pośrednio.

Chcąc wprowadzić metodę wartościowania niezbędne jest doprowadzenie do wzajemnej porównywalności tych kryteriów. Algorytm wartościowania powinien nam pozwolić na określenie możliwości każdego z 16 wyodrębnionych systemów. Porównywać wszystkie wyszczególnione kryteria można tylko i wyłącznie wprowadzając oceny dla wyodrębnionych stanów kryteriów. Z przyjętej metody postępowania wynika, że każde z 20 kryteriów powinno być reprezentowane przez tą samą ilość stanów. Ustalenie ich ilości jest problemem dyskusyjnym, którego nie można skwantyfikować. Autor przyjął umownie, że każde kryterium będzie reprezentowane przez 5 stanów. Jest to kompromis na drodze do osiągnięcia metody praktycznej i prostej. Proponuje się następujący przebieg wartościowania dla systemów istniejących:

Dane są wartości $W_{11}, W_{21}, W_{31}, \dots, W_{kn}$ kryteriów K_j
 Gdzie : $j = 1, 2, 3, \dots, n$
 Oraz skorelowanych z K_j ocenami O_k
 gdzie : $k = 1, 2, 3, \dots, z$

stąd możliwość i-tego systemu

$$M_{ij} = O_{i1} + O_{i2} + O_{i3} + \dots + O_{im} \quad (2)$$

gdzie : $i=1,2,3 \dots m$ dla poszczególnych typów S_i
 O_{i1} - pierwsza ocena skorelowana z wartością pierwszego kryterium „i – tego” systemu.

Dla wariantów projektowanych dane są wartości oczekiwane $W_{11}, W_{21}, W_{31}, \dots W_{kn}$
 Kryteriów K_j gdzie $j = 1,2,3 \dots z$ stąd możliwość systemu oczekiwana

$$M_{ijo} = O_{i1o} + O_{i2o} + O_{i3o} + \dots + O_{im0} \quad (3)$$

gdzie : O_{im0} - oczekiwana możliwość i – tego systemu,
 i – ilość typów systemów projektowanych, $i = 1,2,3 \dots m$
 j – ilość kryteriów z określonymi ocenami, $j = 1,2,3 \dots n$.

Ponieważ przebieg obliczeń dla systemów istniejących i projektowanych jest identyczny można go przedstawić przy pomocy jednolitego modelu wartościowania (Tab. 2).

Tab. 2. Jednolity model wartościowania

K_j	WARTOŚCI OCEN „O”				
	1	2	3	4	5
K_1	W_{11}	W_{12}	W_{13}	W_{14}	W_{15}
K_2	W_{21}	W_{22}	W_{23}	W_{24}	W_{25}
K_3	W_{31}	W_{32}	W_{33}	W_{34}	W_{35}
·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·
K_n	W_{n1}	W_{n2}	W_{n3}	W_{n4}	W_{n5}

Ocenę realizujemy dla każdego systemu indywidualnie. W prezentowanej tabeli 2 mamy następujące elementy składowe:

- K_j - kolejne kryteria, które charakteryzują „i – ty” system $j = 1,2,3 \dots 20$.
- W - wartość poszczególnych kryteriów, przy czym każdy system ma tylko jemu właściwą wartość kryterium K_j
- O - ocena poszczególnych kryteriów może przyjmować wartość od 1 do 5. Przy czym dla każdej konkretnej wartości W istnieje jedna i tylko jedna ocena „O” np. dla W_{13} $O = 3$.

Możemy więc zdefiniować, używane poprzednio, pojęcie możliwości systemu.

Możliwością i – tego systemu będziemy nazywali sumę ocen punktowych wynikająca z „ K_j i W ” uzyskanych przez dany system

Przedstawiony model wartościowania i algorytm obliczania „możliwości systemu” kompletacji magazynowej jest w pełni niezależny od metod projektowania technicznego

systemu. Umożliwia nam to obliczenie M_{ij} każdego eksploatowanego w przedsiębiorstwie systemu. Możemy również sformułować najbardziej przez nas możliwości, które mogą stanowić podstawę do projektowania lub wyboru systemu z katalogu istniejących rozwiązań projektowych.

4. Wpływ zmiennej hierarchii kryteriów na możliwości SKM

Prezentowane w jednolitym modelu wartościowania wartości ocen poszczególnych kryteriów zawierają dane oczekiwane, przypisane poszczególnym systemom. Uszeregowanie kryteriów począwszy od K_1 do K_{20} jest dowolne i nie uwzględnia żadnej preferencji (hierarchii), która może istnieć w konkretnych warunkach obiektowych. Uwzględnienie hierarchii kryteriów umożliwia znacznie precyzyjniejsze przedstawienie wymagań do systemu.

Możliwość systemu kompletacji magazynowej, która uwzględnia hierarchię będziemy nazywali **możliwością użyteczną M_{ui}** .

Możliwość użyteczna systemu S_i otrzymamy tworząc sumę $O_{ij} \times g_j$.
Stąd:

$$M_{ui} = \sum_{j=1}^{j=20} O_{ij} x g_j \quad (4)$$

gdzie: $i = 1, 2, 3 \dots 16$

M_{ui} – możliwość użyteczna i – tego systemu,

O_{ij} - ocena j – tego kryterium i – tego systemu,

g_j - waga przypisana O_{ij} .

Wprowadzając wagi g_j tworzymy całkiem nową macierz możliwości użytecznych systemu kompletacji magazynowej. Dla całego zestawu kryteriów katalogu docelowego, wagi można ustalać indywidualnie dla każdego obiektu lub grupy firm [1]. Wprowadzenie do oceny wag poszczególnych kryteriów jest równoznaczne z uznaniem preferencji inwestora. Hierarchia zawsze jest związana z uporządkowaniem rozpatrywanego zbioru. W naszym przypadku będzie to posortowanie, według wartości wag przyznanych dla poszczególnych kryteriów. Cały algorytm wpływu preferencji na możliwość systemu realizujemy w następującej sekwencji:

Krok 1

Kryterium oceny K_j należy uporządkować według preferencji np.

$$PR(K)_1 > PR(K)_2 > PR(K)_3 > \dots > PR(K)_j > \dots > PR(K)_m$$

Co odpowiada w naszym przypadku

$$g_1 > g_2 > g_3 > \dots > g_j > \dots > g_m$$

Nierówność ta wynika z preferencji i powinna być spełniona.

Krok 2

Losowo wybranej wadze g_j przypisujemy wartość =1. Wynika to z przyjętej metody. Pozostałym kryteriom przypisuje się wagi spełniające nierówność podaną w kroku 1.

Krok 3

Sukcesywnie przypisuje się wagom g_j konkretne wartości liczbowe z przedziału 0 – 1 porównując je zawsze z sumą pozostałych $m-j$ wag. Przy założeniu, że krok pierwszy musi być spełniony z preferencji mogą wynikać następujące możliwości (dla uproszczenia przyjmujemy tylko 4 wagi):

$$g_4 > (g_5 + g_6 + g_7)$$

$$g_4 < (g_5 + g_6 + g_7)$$

$$g_4 = (g_5 + g_6 + g_7)$$

Niezbędne jest zawsze ustalenie relacji strony lewej do prawej. Powyższe rozważania wynikają z zasady addytywności, przestają one obowiązywać jeżeli łączne występowanie np. g_4 i g_5 jest wykluczone.

Krok 4

Przeprowadzamy normalizację, ustalonych w kroku trzecim wag w taki sposób żeby ich suma równała się jedności.

$$\sum_{j=1}^{j=20} g'_j = 1 \quad (5)$$

$$g'_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^{j=20} g_j} \quad (6)$$

gdzie:

g'_j – znormalizowana waga g_j

g_j - wagi ustalone w kroku 3

Przedstawiony algorytm dla większej ilości kryteriów jest czasochłonny w realizacji ze względu na dużą ilość iteracji. Ponieważ w naszym przypadku mamy do czynienia z $j=20$ celowe jest do obliczeń wykorzystanie komputera (system został oprogramowany).

5. Dobór systemu kompletacji magazynowej

Dotychczas przedstawiono metodę oceny systemów kompletacji magazynowej bez i z uwzględnieniem preferencji. Oceniając system mogliśmy według przedstawionego algorytmu określić jego możliwość M i możliwość użyteczną M_u . Chcąc dokonać doboru systemu musimy sprecyzować nasze oczekiwania przy pomocy jednolitego modelu oceny z uwzględnieniem preferencji. Określamy w ten sposób M_u systemu oczekiwanego. Powstanie w ten sposób spektrum wymagań, które możemy rozpatrywać:

- w oderwaniu od realiów projektowo-technologicznych ,

– w nawiązaniu do istniejących rozwiązań standardowych prezentowanych w ofertach i katalogach firm projektowych i producentów.
Wychodząc z tych przesłanek dobór systemu kompletacji magazynowej przeprowadzamy w następujących krokach:

Krok 1

Podjęcie wstępnych decyzji dotyczących przygotowania i przemieszczania zasobu. Ta wstępna decyzja powinna zostać potwierdzona w kroku 2 i 3.

Krok 2

Obliczamy możliwość użyteczne dla systemów katalogowych i dla systemu oczekiwanego.

Krok 3

Badamy dopasowanie systemów, które obliczamy przy pomocy równań 7 i 8.

$$F(X)_i = \sum_{j=1}^{j=20} g'_{kj} [M_{ij} - Z_{xj}] \longrightarrow \text{Min} \quad (7)$$

$$F(X)_i = \sum_{j=1}^{j=20} g'_{kj} [M_{ij} - Z_{xj}] \longrightarrow \text{Max} \quad (8)$$

gdzie:

g'_j - znormalizowane wagi g_{kj} ,
 M_{ij} - możliwość systemu katalogowego,
 Z_{xj} - możliwość systemu oczekiwanego.

Funkcja określona 7 wzorem służy do wyboru systemów, których wartości M_{ij} i Z_{xj} różnią się od siebie nieznacznie lub wartość funkcji =0. System wybrany przy pomocy tego wzoru jest bezpieczniejszy ponieważ wartości bezwzględne odchyłeń są bardzo małe. Gdy wartość funkcji $F(X)=0$ to system dokładnie spełnia oczekiwania i powinien mieć pierwszeństwo w doborze. Funkcja określona równaniem 8 powoduje, że system dobrany system będzie spełniał oczekiwania, lecz jego możliwości będą różne od wymaganych. Przedstawiono to na rysunku 2a, 2b i 2c.

Krok 4

Badamy maksymalne odchylenie możliwości systemu dobrego od możliwości systemu oczekiwanego.

$$d_{\max} \geq \sum_{j=1}^{j=20} g'_{kj} [M_{ij} - Z_{xj}] \quad (9)$$

gdzie:

d_{\max} - maksymalne dopuszczalne odchylenie dla systemu,
 g'_{kj} - znormalizowane wagi g_{kj} ,
 M_{ij} - możliwość systemu katalogowego,
 Z_{xj} - możliwość systemu oczekiwanego.

$$d_{\max} = \alpha Z_{xj} \quad (10)$$

gdzie:

α - współczynnik określający dopuszczalny % błędu.

	1	2	3	4	5
K ₁					
K ₂					
K ₃					
K ₄					

Rys. 2a. Dopasowanie typu 1 $M_{ij} - Z_{xj} = 0$

	1	2	3	4	5
K ₁					
K ₂					
K ₃					
K ₄					

Rys. 2b. Dopasowanie typu 2 $M_{ij} - Z_{xj} > 0$

	1	2	3	4	5
K ₁					
K ₂					
K ₃					
K ₄					

Rys.2c. Dopasowanie typu 3 $M_{ij} - Z_{xj} < 0$

6. Uwagi końcowe

Proponowana metodyka została przetestowana dla doboru SKM firmy prowadzącej hurtownię artykułów gospodarstwa domowego i materiałów biurowych z wynikiem pozytywnym.

Literatura

1. Baz Peter Morphologic alsch Methode zu Aufde-ckung moglicher Problemstrukturen Vorlesung in Auf- bauseminar Systemtechnik. TU Berlin Fruhjar 1991.

2. Niemczyk Aleksander. Zapasy i magazynowanie TII. Instytut Logistyki i Magazynowania 2007.
3. www.hurtownie.pl woj. Kujawsko-pomorskie. Dane 10.11.2008.

Dr inż. Zdzisław JASKULSKI
Katedra Inżynierii Produkcji
Wydział Mechaniczny
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
85-796 Bydgoszcz, ul. Prof. S. Kaliskiego 7
tel. (052) 3408747
e-mail: Jas21@utp.edu.pl.