

# Krzysztof Dmytrów

---

## Grupowanie lokalizacji w magazynie podczas procesu kompletacji produktów

---

Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania 45/2, 187-198

---

2016

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

DOI:10.18276/sip.2016.45/2-15

**Krzysztof Dmytrów\***

Uniwersytet Szczeciński

## GRUPOWANIE LOKALIZACJI W MAGAZYNIE PODCZAS PROCESU KOMPLETACJI PRODUKTÓW

### Streszczenie

W nowoczesnych magazynach dominuje przechowywanie współdzielone, czyli takie, w którym dany produkt może być przechowywany w teoretycznie dowolnej liczbie lokalizacji, i na odwrót, w danej lokalizacji może być przechowywanych teoretycznie dowolna liczba produktów. Dlatego przy wyborze lokalizacji do odwiedzenia przez magazyniera należy stosować wiele różnych kryteriów, takich jak na przykład: odległość od startu, stopień zaspokojenia zapotrzebowania, czas przechowywania produktu w magazynie czy liczba innych produktów znajdujących się w okolicy badanej lokalizacji. W artykule zostanie zwrócona szczególna uwaga na tę ostatnią cechę, gdyż nadanie jej większej wagi niż innym cechom może spowodować wybór lokalizacji położonych nieco dalej, za to pozwoli zebrać wiele produktów z lokalizacji położonych blisko siebie. „Atrakcyjność” każdej lokalizacji zostanie wyznaczona za pomocą zmiennej syntetycznej (Syntetyczny Miernik Rozwoju) nazwanej tutaj Taksonomiczną Miarą Atrakcyjności Lokalizacji (TMAL).

**Słowa kluczowe:** gospodarka magazynowa, kompletacja, metody taksonomiczne

### Wstęp

Gospodarka magazynowa stanowi około 20% kosztów logistycznych w przedsiębiorstwie (De Koster, Le-Duc, Roodbergen, 2007, s. 484). Z kolei wśród tych

---

\* Adres e-mail: [krzysztof.dmytrow@usz.edu.pl](mailto:krzysztof.dmytrow@usz.edu.pl).

kosztów największą część stanowią koszty związane z kompletacją zamówień w magazynie (około 55%) (Bartholdi, Hackman, 2011, s. 25). Kompletacja zamówienia składa się z następujących czynności:

- przemieszczania się magazyniera,
- szukania towaru,
- pobierania towaru,
- dokumentowania i innych czynności.

Spośród wymienionych powyżej czynności najbardziej czasochłonne jest przemieszczanie się magazyniera. W dużych magazynach magazynierzy potrafią pokonywać nawet po kilkanaście kilometrów w ciągu jednego dnia roboczego. Dlatego istotne jest ustalenie optymalnej albo możliwie najmniej się od niej różniącej trasy, którą musi pokonać magazynier, aby skompletować zamówienie. Na wybór trasy istotny wpływ będą miały dwa elementy:

- wybór lokalizacji do odwiedzenia,
- wyznaczenie trasy pomiędzy wybranymi lokalizacjami.

W zależności od sposobu przechowywania produktów w magazynie wybór lokalizacji może nie być problemem decyzyjnym, natomiast wyznaczenie trasy pomiędzy wybranymi lokalizacjami zawsze jest problemem decyzyjnym.

Można wyróżnić dwa główne sposoby przechowywania produktów w magazynie:

- a) przechowywanie dedykowane – dany produkt przechowywany jest tylko w jednej lokalizacji i dana lokalizacja przypisana jest wyłącznie do jednego produktu;
- b) przechowywanie współdzielone – dany produkt może być przechowywany w różnych lokalizacjach i w danej lokalizacji może być przechowywanych wiele rodzajów produktów.

Każdy sposób przechowywania ma swoje zalety i wady. Do zalet przechowywania dedykowanego można zaliczyć względną łatwość zapamiętania (nawet przy dużej liczbie lokalizacji i produktów) przez magazynierów położenia produktów. Tak samo nie stanowi żadnego problemu wybór lokalizacji do odwiedzenia. Wadą tego sposobu przechowywania jest nieefektywne wykorzystanie przestrzeni magazynowej.

Przechowywanie współdzielone pozwala w znacznie większym stopniu wykorzystać przestrzeń magazynową, ale jego wadą jest to, że zmienia się położenie produktów w lokalizacji, co czyni zapamiętanie tego położenia praktycznie niemożliwym. Oczywiście w dobie szerokiego stosowania systemów komputerowych wada ta nie ma teraz większego znaczenia.

W prawdziwym magazynie nigdy nie jest tak, że stosowany jest któryś z tych sposobów w czystej postaci. Są produkty, które na przykład z racji swoich rozmiarów czy wagi nie mogą być przechowywane na półkach, tylko trzeba dla nich wydzielić osobne miejsce, które będzie przeznaczone tylko dla tych produktów. Podobnie może być tak, że w danej lokalizacji na półce zmieści się tylko jeden produkt i nic więcej, za to produkt ten może wystąpić w wielu innych lokalizacjach.

Istnieją 3 sposoby rozmieszczania produktów w przypadku przechowywania współdzielonego (De Koster i in., 2007, s. 491):

- a) przechowywanie chaotyczne (*chaotic storage*) – podczas przyjmowania produktów do magazynu są one rozmieszczane w sposób przypadkowy (Gudehus, Kotzab, 2012, s. 478) – najbardziej znanym przedsięwzięciem stosującym tak zwany magazyn chaotyczny jest Amazon;
- b) składowanie w najbliższej wolnej lokalizacji (*closest open location storage*);
- c) składowanie według klasy (*class-based storage*) – blisko miejsca startowego rozmieszcza się produkty najczęściej zamawiane, a najdalej – najrzadziej zamawiane (można także stosować np. system ABC bądź XYZ).

Gdy dysponujemy listą produktów do skompletowania, wybór lokalizacji do odwiedzenia jest problemem w przypadku przechowywania współdzielonego. Można stosować wtedy wiele sposobów wyboru lokalizacji do odwiedzenia. Jedną z możliwości jest wybór takiej lokalizacji, w której kompletowany produkt leży najdłużej. Inną możliwością jest wybór lokalizacji położonej najbliżej punktu startu. Jeszcze innym kryterium jest wybór tej/tych lokalizacji, w której/których zapotrzebowanie na produkt zaspokojone jest w największym stopniu. Można również wybrać tę lokalizację, w której sąsiedztwie jest najwięcej innych produktów do skompletowania. Można wykorzystać jedno z powyższych kryteriów, kilka z nich bądź wszystkie z odpowiednimi wagami. W takim przypadku na bazie wymienionych cech zostanie utworzona syntetyczna zmienna opisująca każdą lokalizację.

Celem artykułu jest zbadanie wpływu grupowania lokalizacji (czyli wyboru takich lokalizacji, w sąsiedztwie których są lokalizacje z innymi produktami do skompletowania) na długość drogi pokonywanej przez magazyniera w procesie kompletacji. Zostanie w nim wykorzystana odmiana klasycznego Syntetycznego Miernika Rozwoju nazwana Taksonomiczną Miarą Atrakcyjności Lokalizacji (TMAL), za pomocą której nastąpi wybór lokalizacji do odwiedzenia przez magazyniera.

## 1. Opis metody

Do konstrukcji Syntetycznego Miernika Rozwoju wykorzystano następujące zmienne:

- odległość od startu,
- stopień zaspokojenia zapotrzebowania,
- liczbę innych kompletowanych produktów w sąsiedztwie danej lokalizacji.

Zmiennymi tymi opisano wszystkie lokalizacje, w których występuje kompletowany produkt. Tak więc lokalizacje są tutaj obiektami.

Odległość od startu została oznaczona przez  $x_1^*$ . Rodzi się pytanie, jaką miarę odległości należy zastosować i jakie stosować jednostki. Pytanie jest o tyle istotne, że chęć dokonywania pomiarów na przykład w metrach byłaby żmudna, czasochłonna i kosztochłonna. W artykule zastosowano odległości miejskie, a jednostką jest szerokość półki.

Stopień zaspokojenia zapotrzebowania na kompletowany produkt został oznaczony przez  $x_2$ . Oblicza się go następująco:

$$x_2 = \frac{l}{z}, \text{ gdy } z > l, \quad 1 \text{ gdy } l \geq z \quad (1)$$

gdzie:

$l$  – liczba jednostek kompletowanego produktu znajdująca się w danej lokalizacji,

$z$  – zapotrzebowanie na kompletowany produkt.

Jeżeli w danej lokalizacji liczba jednostek kompletowanego produktu jest większa niż zapotrzebowanie na ten produkt, to nie ma znaczenia, o ile jest ona większa. Jeżeli mamy do skompletowania 50 jednostek jakiegoś produktu, w jednej lokalizacji znajduje się 60 jednostek tego produktu, a w innej 200 jednostek, to z punktu widzenia danego zlecenia obie lokalizacje są tak samo atrakcyjne ze względu na tę cechę, gdyż w obu zapotrzebowanie na produkt zostanie zaspokojone w całości.

Trzecią cechą, oznaczoną przez  $x_3$ , jest liczba innych produktów będących na liście kompletacyjnej, znajdujących się w tej lokalizacji lub w jej sąsiedztwie. Sąsiedztwo można określić na różne sposoby. W opracowaniu przyjęto, że sąsiedztwo danej lokalizacji tworzą lokalizacje znajdujące się w tej samej alejce. Zmienna  $x_3$  będzie miała szczególne znaczenie z punktu widzenia celu artykułu, gdyż duża waga nadana tej właśnie zmiennej spowoduje, że utworzona syntetyczna zmienna będzie wybierała te lokalizacje, które mają w swoim sąsiedztwie dużo innych lokalizacji,

w których znajdują się kompletowane produkty. Innymi słowy, duża waga nadana zmiennej  $x_3$  będzie grupowała te lokalizacje, które mają być odwiedzone.

Mając wszystkie zmienne, można obliczyć *TMAL*. Spośród 3 omówionych zmiennych zmienna  $x_1^*$ , czyli odległość lokalizacji od startu, jest destymulantą, a pozostałe dwie są stymulantami. Destymulantę zamieniono na stymulantę poprzez obliczenie jej odwrotności. Miernik *TMAL* został wyznaczony następująco (Nowak, 1990; Ostasiewicz, 1998):

1. Odległość lokalizacji od startu ( $x_1^*$ ) została zamieniona na stymulantę.
2. Zmienne zostały zestandaryzowane.
3. Wyznaczono maksymalne wartości zmiennych standaryzowanych, tworząc tak zwany obiekt idealny.
4. Obliczono odległości euklidesowe pomiędzy wartościami zmiennych w danej lokalizacji a „obiektem idealnym”.
5. Nadano wagi zmiennym.
6. Obliczono wzorzec rozwoju.
7. Obliczono wartości *TMAL*.

Aby zebrać dany produkt, wybiera się lokalizację (lokalizacje) o najwyższym (najwyższych) wartościach *TMAL*. Może to być jedna lokalizacja, jeżeli zapotrzebowanie zostanie zaspokojone w niej w całości, albo więcej niż jedna, jeżeli zapotrzebowanie jest większe niż ilość znajdująca się w jednej lokalizacji.

W trakcie obliczeń może się zdarzyć, że jakaś zmienna przyjmie taką samą wartość dla każdej lokalizacji. Najczęściej tak się dzieje dla stopnia zaspokojenia zapotrzebowania (zmienna  $x_2$ ), znacznie rzadziej dla liczby innych produktów w sąsiedztwie badanej lokalizacji ( $x_3$ ). W takim przypadku przyjęto, że wartości zmiennej standaryzowanej są dla każdego obiektu równe 0 (mimo że formalnie nie da się ich policzyć).

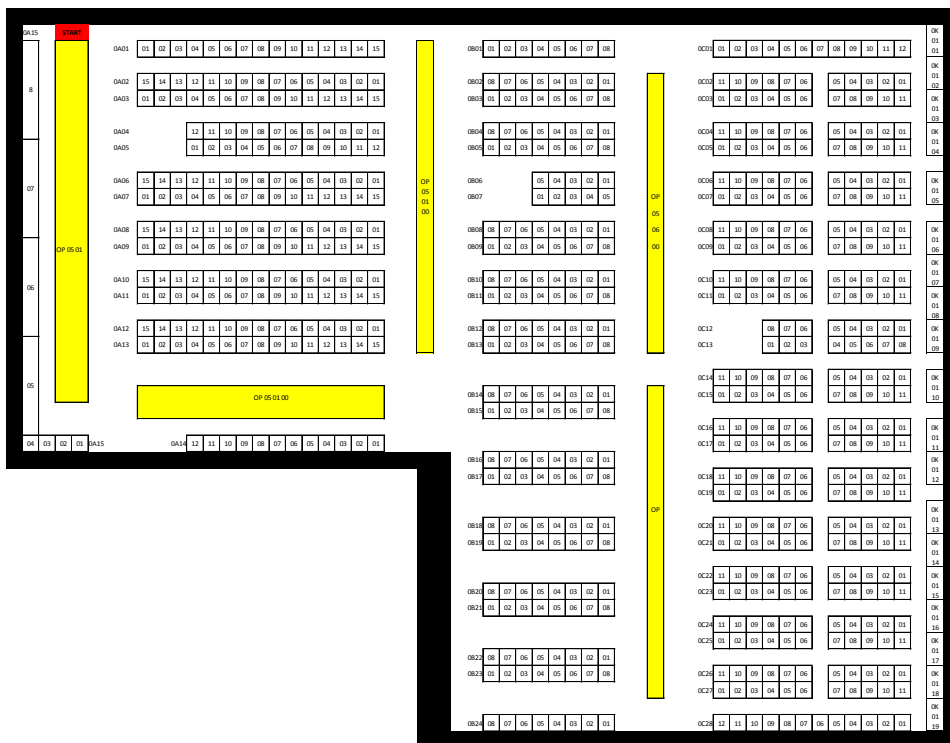
Należy zauważyć, że na tym etapie nie jest wyznaczana trasa, jaką ma pokonać magazynier, a jedynie lokalizacje, które musi odwiedzić. Trasa zostanie wyznaczona dopiero po wybraniu wszystkich lokalizacji do odwiedzenia, które są potrzebne, aby zebrać wszystkie produkty.

## 2. Przykład numeryczny

Przykład dotyczy rzeczywistego zlecenia kompletacyjnego w przedsiębiorstwie będącym polskim oddziałem dużej firmy zajmującej się produkcją i dystrybu-

cją narzędzi oraz odzieży roboczej. Przedsiębiorstwo posiada duży magazyn, który ma dość nietypowy układ regałów. Na potrzeby artykułu wykorzystano jedynie sektory niskiego składowania, gdyż produkty znajdujące się w zleceniu znajdowały się tylko w tych sektorach. Lokalizacje w magazynie są oznaczane za pomocą ciągu 8 znaków: 0X-XX-XX-X0, gdzie pierwsze dwa znaki są oznaczeniami sektora, dwa kolejne to numer rzędu regałów w sektorze, następne dwa znaki to numer regału w rzędzie, a dwa ostatnie znaki to numer półki. Przykładowo, jeżeli mamy lokalizację 0A-14-01-20, oznacza to, że jest to lokalizacja znajdująca się w sektorze 0A, w czternastym rzędzie regałów, w pierwszym regale w tym rzędzie i na drugiej półce (półki liczone są od podłogi – najniżej znajdują się półki oznaczone numerem 1, najwyżej – numerem 6). Rzędy regałów są numerowane następująco: nieparzyste rzędy regałów są numerowane od strony lewej rosnąco, a parzyste – od strony prawej rosnąco. Plan magazynu przedstawiono na rysunku 1.

Rysunek 1. Plan magazynu



Źródło: opracowanie własne.

Strefa niskiego składowania w analizowanym magazynie składa się z 3 sektorów rozdzielonych rzędami kartonów ułożonych bezpośrednio na podłodze. Po lewej stronie występuje sektor 0A z nietypowym rzędem regałów po lewej stronie (lokalizacje 0A-15-XX-X0), pośrodku znajduje się sektor 0B, a po prawej stronie – sektor 0C razem z koszami umieszczonymi pod ścianą (sektory 0K-01-XX-X0). Należy zaznaczyć, że polityka przedsiębiorstwa zakłada, że wybierając lokalizacje do odwiedzenia, w pierwszej kolejności należy wybrać sektor 0A, następnie 0B, a na końcu 0C. Dokonano tego w prosty sposób – rzeczywiste odległości od startu do poszczególnych lokalizacji leżących w sektorze 0B i 0C powiększono, aby uczynić je mniej atrakcyjnymi według poziomu tej zmiennej.

Zlecenie dotyczyło skompletowania 7 produktów (były to produkty P1, P2, P3, P4, P5, P6 i P7). Zapotrzebowanie na nie było następujące: P1 – 50 jednostek, P2 – 12 jednostek, P3 – 50 jednostek, P4 – 20 jednostek, P5 – 40 jednostek, P6 – 60 jednostek, P7 – 50 jednostek.

Rozmieszczenie produktów w magazynie przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Rozmieszczenie kompletowanych produktów w magazynie

P1		P2		P3		P4	
Lokalizacje	stan	Lokalizacje	stan	Lokalizacje	stan	Lokalizacje	stan
0B-12-04-30	160	0B-11-04-20	20	0B-09-04-20	55	0B-09-04-30	25
0B-10-08-10	50	0B-09-05-10	10	0A-03-01-30	25	0A-03-07-20	30
0B-15-06-40	160	0B-08-08-40	8	0A-11-03-50	60	0B-07-04-20	15
0B-07-02-30	160	0C-11-01-40	22	0K-01-17-20	120	0A-11-03-40	13
0A-03-02-40	20						
0A-07-08-10	40						
0A-12-11-20	30						
0C-28-01-10	50						
0C-25-06-20	45						
0C-12-08-20	30						
0C-01-01-10	65						
P5		P6		P7			
Lokalizacje	stan	Lokalizacje	stan	Lokalizacje	stan		
0B-10-08-30	35	0A-03-07-30	55	0B-03-05-20	55		
0A-04-12-10	40	0C-07-05-20	20	0B-05-06-10	45		
0B-07-05-50	45	0C-17-04-30	35	0B-06-05-30	30		
0C-15-06-40	20	0C-20-05-30	40	0C-03-11-30	35		

Źródło: opracowanie własne.



Ze względu na dużą liczbę produktów ostatnie produkty przesunięto na dół tabeli. Pod nazwą produktu (np. P1) znajdują się lokalizacje, w których on występuje, oraz liczba jednostek tego produktu w każdej lokalizacji (stan). Tak produkt P1 występuje w lokalizacjach: 0B-12-04-30, 0B-10-08-10, 0B-15-06-40, 0B-07-02-30, 0A-03-02-40, 0A-07-08-10, 0A-12-11-20, 0C-28-01-10, 0C-25-06-20, 0C-12-08-20 oraz 0C-01-01-10. Obok oznaczenia lokalizacji (z prawej strony) znajduje się liczba jednostek tego produktu (czyli w tym przypadku produktu P1), która jest w danej lokalizacji. Dla wymienionych wyżej lokalizacji będzie to odpowiednio: 160, 50, 160, 160, 20, 40, 30, 50, 45, 30 oraz 65.

Tak więc **dla każdego produktu osobno** trzeba uporządkować lokalizacje według ich atrakcyjności z punktu widzenia kompletacji danego zamówienia. Należy nadmienić, że atrakcyjność lokalizacji z punktu widzenia danego produktu zależy nie tylko od jej położenia od startu i tego, jaką część zamówienia na ten produkt jesteśmy w stanie w tej lokalizacji zaspokoić, ale również od tego, jak ta lokalizacja jest położona w odniesieniu do lokalizacji, w których znajdują się pozostałe produkty w zleceniu. Dla każdego produktu z osobna należy policzyć wartości *TMAL* dla każdej lokalizacji, w których występuje. Wyniki przykładowych obliczeń zostaną przedstawione dla produktu P1. Tabela 2 prezentuje wartości zmiennych dla wszystkich lokalizacji, w których znajduje się produkt P1.

Tabela 2. Wartości zmiennych dla produktu P1

Lokalizacja	Odległość $x_1^*$	Stopień zaspokojenia zapotrzebowania $x_2$	Liczba innych produktów w sąsiedztwie $x_3$
0B-12-04-30	76	1,0	1
0B-10-08-10	69	1,0	4
0B-15-06-40	84	1,0	0
0B-07-02-30	70	1,0	3
0A-03-02-40	10	0,4	4
0A-07-08-10	22	0,8	0
0A-12-11-20	25	0,6	2
0C-28-01-10	136	1,0	0
0C-25-06-20	127	0,9	0
0C-12-08-20	104	0,6	1
0C-01-01-10	86	1,0	0

Źródło: opracowanie własne.

W trakcie obliczania wartości współczynnika *TMAL* należy nadać wagi zmiennym w celu obliczenia wzorca rozwoju. Zastosowano 7 kombinacji wag. Przedstawiono je w tabeli 3.

Tabela 3. Kombinacje wag nadawanych zmiennym

Kombinacje	Odległość $x_1^*$	Stopień zaspokojenia zapotrzebowania $x_2$	Liczba innych produktów w sąsiedztwie $x_3$
K1	0,333	0,333	0,333
K2	0,500	0,250	0,250
K3	0,250	0,500	0,250
K4	0,250	0,250	0,500
K5	0,400	0,400	0,200
K6	0,400	0,200	0,400
K7	0,200	0,400	0,400

Źródło: opracowanie własne.

Powodem nadania takich systemów wag było sprawdzenie, jak zachowa się metoda w sytuacji, gdy wszystkie zmienne są jednakowo ważne, gdy jedna zmienna ma znacznie wyższą wagę niż dwie pozostałe oraz gdy dwie zmienne mają wyższe wagi od pozostałej zmiennej. Zgodnie z celem artykułu szczególne znaczenie będą miały kombinacje K4, K6 i K7, a więc te, w których dużą wagę przypisano zmiennej  $x_3$ .

Ranking lokalizacji dla produktu P1 przy zastosowaniu powyższych systemów wag przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Rankingi lokalizacji dla produktu P1 przy zastosowaniu poszczególnych systemów wag

P1	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
0B-12-04-30	6	6	5	5	6	6	5
0B-10-08-10	2	4	1	2	4	3	1
0B-15-06-40	7	7	7	8	7	8	7
0B-07-02-30	4	5	2	3	5	4	2
0A-03-02-40	1	1	6	1	2	1	4
0A-07-08-10	5	3	3	6	1	5	6
0A-12-11-20	3	2	4	4	3	2	3
0C-28-01-10	9	11	9	10	9	11	9
0C-25-06-20	10	10	10	11	10	10	10
0C-12-08-20	11	9	11	7	11	7	11
0C-01-01-10	8	8	8	9	8	9	8

Źródło: opracowanie własne.

Jak widać z tabeli 4, ranking lokalizacji silnie zależy od systemu wag. W 4 przypadkach najbardziej atrakcyjną lokalizacją okazała się lokalizacja 0A-03-02-40, raz lokalizacja 0A-07-08-10, a dwa razy lokalizacja 0B-10-08-10. Widać, że pierwsze dwie lokalizacje były szczególnie preferowane w przypadku, gdy ważna była odległość (są położone najbliżej punktu startowego). Lokalizacja 0B-10-08-10 była szczególnie preferowana, gdy ważny był stopień zaspokojenia zapotrzebowania i liczba innych produktów w sąsiedztwie lokalizacji. Widać także, że odległość i liczba innych produktów w sąsiedztwie silnie preferują lokalizację 0A-03-02-40, mimo że zapotrzebowanie jest w niej zaspokojone jedynie w 40%. Dlatego odwiedzając tę lokalizację, należy również odwiedzić inną (tę, która jest druga w rankingu).

Podobną analizę przeprowadzono dla pozostałych produktów. Po wybraniu lokalizacji do odwiedzenia wyznaczono trasę za pomocą heurystyki *s-shape* (Tarczyński, 2012), gdyż taka jest stosowana w przedsiębiorstwie. Wybrane lokalizacje, trasę oraz łączną odległość pokonaną przez magazyniera dla każdej kombinacji wag przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Kolejność odwiedzania lokalizacji oraz łączna odległość pokonana przez magazyniera dla poszczególnych kombinacji wag

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Odwiedzane lokalizacje	0A-03-02-40	0A-03-01-30	0A-04-12-10	0A-03-01-30	0A-03-02-40	0A-03-01-30	0A-04-12-10
	0A-04-12-10	0A-03-02-40	0A-03-07-20	0A-03-02-40	0A-04-12-10	0A-03-02-40	0A-03-07-20
	0A-03-07-20	0A-04-12-10	0A-03-07-30	0A-04-12-10	0A-03-07-20	0A-04-12-10	0A-03-07-30
	0A-03-07-30	0A-03-07-20	0A-11-03-50	0A-03-07-20	0A-03-07-30	0A-03-07-20	0B-03-05-20
	0A-11-03-50	0A-03-07-30	0B-03-05-20	0A-03-07-30	0A-07-08-10	0A-03-07-30	0B-09-05-10
	0B-03-05-20	0A-12-11-20	0B-09-05-10	0B-03-05-20	0A-11-03-50	0A-12-11-20	0B-09-04-20
	0B-09-05-10	0A-11-03-50	0B-10-08-10	0B-08-08-40	0B-03-05-20	0A-11-03-50	0B-10-08-10
	0B-10-08-10	0B-03-05-20	0B-11-04-20	0B-10-08-10	0B-09-05-10	0B-03-05-20	0B-11-04-20
	0B-11-04-20	0B-08-08-40	0C-20-05-30	0B-09-04-20	0B-11-04-20	0B-08-08-40	0C-20-05-30
	0C-20-05-30	0B-09-05-10		0B-09-05-10	0C-20-05-30	0B-09-05-10	0A-04-12-10
	0C-20-05-30		0C-20-05-30		0C-20-05-30		
Pokonany dystans	130	127	130	85	145	127	92

Źródło: opracowanie własne.

Jak widać z tabeli 6, magazynier pokona najkrótszą drogę, jeżeli wagi nadane zmiennym wyniosą odpowiednio: 0,25/0,25/0,5 (K4), następnie 0,2/0,4/0,4 (K7). Tak więc w obu przypadkach grupowanie lokalizacji przyniosło zamierzony efekt, czyli skrócenie drogi, którą pokona magazynier. Trzecią kombinacją, w której zmienna  $x_3$  miała dużą wagę, była kombinacja K6 (0,4/0,2/0,4). Dała ona trzeci, jeżeli chodzi o pokonaną drogę, wynik (razem z kombinacją K2 – 0,5/0,25/0,25). Oczywiście jest to wynik osiągnięty tylko dla jednego zlecenia. W toku dalszych badań należałoby przeprowadzić badania symulacyjne albo w odniesieniu do rzeczywistych zleceń kompletacyjnych. Ich celem byłoby sprawdzenie, czy istotnie grupowanie lokalizacji skraca drogę pokonywaną przez magazyniera w procesie kompletacji. Wydaje się, że dodatkową zmienną, która powinna mieć także dużą wagę w przypadku współczynnika *TMAL*, powinna być zmienna  $x_2$  (stopień zaspokojenia zapotrzebowania), mimo że w tym przykładzie taka kombinacja wag dała nieco gorszy wynik.

## Podsumowanie

Celem artykułu było zbadanie, czy grupowanie lokalizacji do odwiedzenia w procesie kompletacji skraca drogę, którą pokonuje magazynier. W opracowaniu wykorzystano rzeczywiste dane dotyczące zlecenia kompletacyjnego w przedsiębiorstwie. Lokalizacje, które ma odwiedzić magazynier, wybrano za pomocą Taksonomicznej Miary Atrakcyjności Lokalizacji (*TMAL*) będącej prostym Syntetycznym Miernikiem Rozwoju. Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że pogrupowanie lokalizacji do odwiedzenia (poprzez nadanie dużej wagi zmiennej oznaczającej liczbę lokalizacji zawierających inne kompletowane produkty, a znajdujących się w sąsiedztwie badanej lokalizacji) skraca drogę pokonywaną przez magazyniera.

Aby potwierdzić ten wynik, należy przeprowadzić badanie symulacyjne albo wziąć pod uwagę większą liczbę zleceń kompletacyjnych w celu stwierdzenia, czy otrzymany w niniejszym artykule wynik można uogólnić. Dodatkowo można się pokusić o utworzenie systemu, który będzie badał dla różnych zleceń różne kombinacje systemu wag nadawanych zmiennym opisującym lokalizacje. System taki liczyłby wartości *TMAL* dla różnych kombinacji wag i wybierał tę, dla której droga pokonywana przez magazyniera będzie najkrótsza.

## 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, Atlanta, GA 30332-0205 USA.
- 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*. Berlin: Springer; Heidelberg: Verlag. DOI: 10.1007/978-3-642-24367-7.
- Nowak, E. (1990). *Metody taksonomiczne w klasyfikacji obiektów społeczno-gospodarczych*. Warszawa: PWE.
- Ostasiewicz, W. (red.). (1998). *Statystyczne metody analizy danych*. Wrocław: Wyd. AE we Wrocławiu.
- 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, 105–120.

## LOCATIONS GROUPING IN THE PROCESS OF ORDER-PICKING

### Abstract

In modern warehouses the dominant type of storing is shared storage. It means that the given product can be stored in theoretically unrestricted number of locations and *vice versa*, given location can store unrestricted number of various products. Therefore, when the decision maker wants to select locations for order-picking, many criteria should be used. Their examples are: the distance from the start, the degree of demand satisfaction, storage time or the number of other picked products in the neighbourhood of analysed location. In the article particular attention will be put on the last feature. Putting more weight on it may cause that maybe more distant location will be selected, but many products from locations placed closer to each other can be picked. "Attractiveness" of each location will be determined by means of synthetic variable, named Taxonomic Measure of Location's Attractiveness (Polish abbreviation – TMAL).

*Translated by Krzysztof Dmytrów*

**Keywords:** order-picking, supply chain management, optimisation

**JEL Codes:** C44, C61