

OCENA WIELOKRYTERIALNA SYSTEMÓW LOGISTYCZNYCH ZAOPATRZENIA W BUDOWNICTWIE

Artykuł przedstawia propozycję zastosowania analizy wielokryterialnej do oceny trzech modeli systemu logistycznego zaopatrzenia przy realizacji przedsięwzięcia budowlanego. W pierwszym modelu obsługę logistyczną zapewnia centrum logistyczne, utworzone na potrzeby danej inwestycji. W drugim modelu system logistyczny zarządzany jest przez generalnego wykonawcę przedsięwzięcia, zaopatrującego swoich podwykonawców. Trzeci model przewiduje zaopatrzenie indywidualne – podwykonawcy zaopatrują się w dany materiał za pomocą własnych służb logistycznych.

WSTĘP

W przedsięwzięciach związanych z wykonywaniem obiektów i realizacją innych robót budowlanych istnieje wiele zadań logistycznych w sferze zaopatrzenia w wyroby budowlane, surowce, urządzenia a także w obszarze przepływów środków finansowych i informacji. Logistyka produkcji budowlanej obejmuje także wywóz ziemi z wykopów i odpadów, obsługę urządzeń transportu pionowego i poziomego, komunikację wewnętrzną na budowie, koordynację terminów i miejsc dostaw, bezpieczeństwo i ochronę zdrowia w procesach logistycznych [9]. Biorąc pod uwagę zakres zadań oraz duży potencjał redukcji kosztów ich realizacji każde przedsiębiorstwo działające w branży budowlanej powinno przywiązywać dużą uwagę do sektora logistyki zaopatrzenia.

Ze względu na indywidualny charakter każdego przedsięwzięcia (lokalizacja, warunki komunikacyjne) nie można wskazać uniwersalnego systemu, który będzie w optymalny sposób zaspokajał potrzeby wielu zamierzeń budowlanych. Procesy związane z zaopatrzeniem, zakupami czy dostawami warunkują niezakłócony przebieg realizacji inwestycji budowlanej. Odpowiednia gospodarka materiałowa, sprawność jednostek zaopatrzeniowych czy terminowość dostaw są jednymi z wielu czynników mających wpływ na efektywność realizacji robót budowlanych. Zapewnienie odpowiednich zapasów wyrobów, w ilościach i terminach odpowiadających zapotrzebowaniu na nie gwarantuje zachowanie rytmu prowadzo-

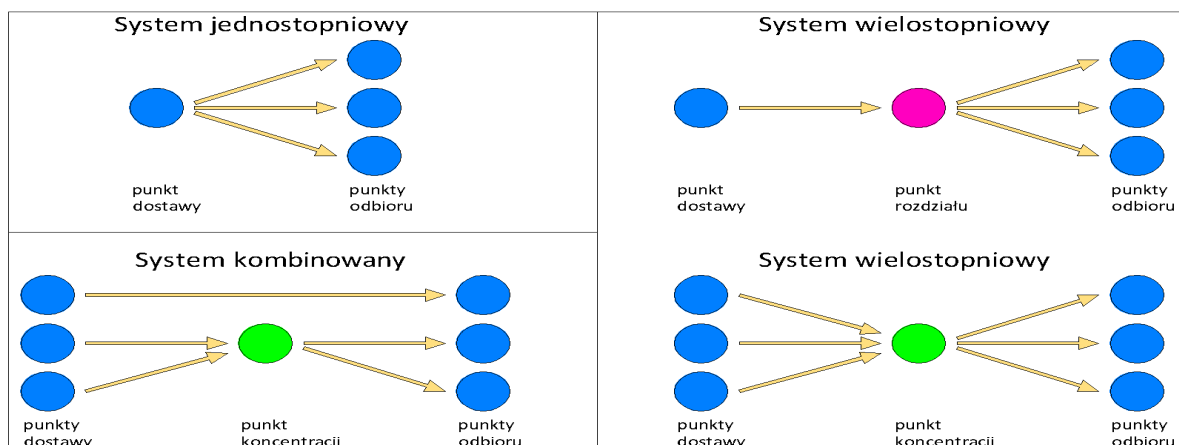
nych prac. Istotnym jest więc dobór odpowiedniego modelu systemu logistycznego zaopatrzenia, w celu zapewnienia ciągłości produkcji budowlanej a także redukcji kosztów logistycznych.

1. SYSTEMY LOGISTYCZNE ZAOPATRZENIA

Wszystkie procesy logistyczne związane z przepływem zasobów fizycznych, informacyjnych i finansowych, zachodzące pomiędzy poszczególnymi elementami struktury przedsiębiorstwa składają się na jego system logistyczny [8]. Analiza struktury systemów logistycznych pozwala na wyróżnienie kilku ich typów i ich klasyfikację względem przyjętych kryteriów, które uwzględniają zakres systemu i zróżnicowany stopień jego agregacji. Biorąc pod uwagę liczbę i rodzaj węzłów łańcucha dostaw, w zakresie systemów logistycznych wyróżnia się struktury:

- jednostopniowe (bezpośredni przepływ zasobów),
- wielostopniowe (pośredni przepływ zasobów),
- kombinowane (możliwe są przepływy bezpośrednie i pośrednie) [4].

Systemy jednostopniowe cechują się bezpośrednim przepływem zasobów (od punktu dostawy do punktu odbioru), bez dodatkowych procesów logistycznych. Natomiast funkcjonowanie systemów wielostopniowych bazuje na przesyłaniu zasobów z punktu nadania do punktu odbioru, poprzez przynajmniej jeden dodatkowy punkt pośredni. W punkcie tym zasoby podlegają procesom manipulacji (rozdział, koncentracja, przeładowanie) lub magazynowania.



Rys. 1. Podstawowe struktury systemów logistycznych. Źródło: [6].

Z punktu pośredniego produkty trafiają do odbiorców docelowych. W ostatnim rodzaju systemu występują równolegle pośrednie i bezpośrednie przepływy zasobów.

W literaturze znaleźć można próby przeprowadzenia oceny systemów logistycznych w budownictwie przy pomocy m.in. analiz kosztowych oraz symulacji, a także analizy wielokryterialnej wpływu struktury systemu logistycznego na gospodarkę zapasami. Wybór systemu natomiast zależy od ekonomicznych, fizycznych i organizacyjnych warunków przedsięwzięcia budowlanego [1], [10].

1.1. Modele systemów poddane ocenie

W artykule przedstawiono koncepcję metody oceny trzech modeli systemu logistycznego zaopatrzenia w wyroby do robót wykończeniowych na przykładzie budowy wielopiętrowego biurowca (obiekt fikcyjny). W pierwszym modelu (CL) obsługę logistyczną zapewnia centrum logistyczne, zaopatrujące również inne budowy. Jest to jednostka doskonale wyposażona, zaopatrzona i z informatyzowana, zarządzana przez zewnętrzną firmę. Magazyny centrum logistycznego zlokalizowane są poza terenem inwestycji, na obrzeżach miejscowości. Na budowie znajduje się punkt zarządzania, należący do centrum, do którego wykonawcy kierują zamówienia. Punkt zbiera dyspozycje i wprowadza je do wewnętrznego systemu centrum logistycznego. Pracownicy magazynu przygotowują, odpowiednio opisują zamówienia kierowane do konkretnych wykonawców, a następnie wysyłają transport samochodem zbiorczym. Centrum logistyczne dysponuje harmonogramem wykonywanych na budowie prac, dzięki czemu ma możliwość na bieżąco uzupełniania stanu magazynowego tak, aby w każdej chwili dysponować materiałami, jakie mogą być potrzebne na budowie.

Drugi model (GW) wzorowany jest na systemie wielostopniowym. Obsługa logistyczna zapewniona jest przez generalnego wykonawcę przedsięwzięcia budowlanego. Podwykonawcy, w określonych czasie przed planowaną dostawą, wysyłają informację o zapotrzebowaniu na dany materiał do działu logistycznego generalnego wykonawcy. Stamtąd zamówienie kierowane jest do właściwych dostawców. Transporty wysyłane są w określonych dniach i kierowane do wyznaczonej strefy rozładunkowej, znajdującej się na terenie inwestycji. Na miejscu dostawy są kontrolowane przez generalnego wykonawcę pod kątem kompletności i zgodności z zamówieniem, a następnie kierowane do odbiorców docelowych.

Trzeci model (DB) jest przykładem systemu jednostopniowego i przewiduje zaopatrzenie indywidualne – podwykonawcy i generalny wykonawca zaopatrują się w wyroby budowlane za pomocą własnych służb logistycznych. Zamówienia składane są bezpośrednio u dostawców (hurtownie, producenci) a następnie dostarczane do konkretnych odbiorców środkami transportowymi tychże dostawców. Rozładunek następuje w miejscach wyznaczonych i zorganizowanych przez generalnego wykonawcę inwestycji.

2. OCENA WIELOKRYTERIALNA

Teoria decyzji opisuje i wyjaśnia zachowania złożonego systemu składającego się z zasobów ludzkich i informacyjnych. Za decyzję uważa się wybór sposobu postępowania w celu rozwiązania konkretnego problemu. Wybór ten oparty jest najczęściej na dostępnych informacjach. Przez decyzję można rozumieć łańcuch połączonych ze sobą czynności, często określanymi w literaturze jako proces podejmowania decyzji. W procesie tym decydujący dokonuje świadomego wyboru jednego spośród kilku dostępnych, uznanych za możliwy do realizacji, wariantów działania [11].

Efektom zestawienia preferencji decydującego oraz różnych wariantów decyzyjnych będzie znalezienie subiektywnego rozwiązania, które w najlepszym stopniu spełni kryteria decyzyjne.

Ocena systemów logistycznych zaopatrzenia dokonana została w przykładzie za pomocą metody ELECTRE I. Jest to metoda wykorzystująca koncepcję relacji wzajemnego przewyższania, według której nawet jeśli dwa warianty nie dominują się wzajemnie matematycznie, decydujący akceptuje ryzyko traktowania jednego wariantu, jako prawie na pewno lepszego od wariantu drugiego. Metoda ELECTRE I polega na porównywaniu parami wariantów decyzyjnych sprawdzając przede wszystkim w jakim stopniu wagi preferencji są w zgodzie z relacją dominacji par (zgodność) oraz stopień w jakim obliczenia wagowe różnią się między sobą (niezgodność).

Efektom stosowania większości metod wielokryterialnej optymalizacji dyskretnej jest ranking decyzji (alternatyw, obiektów). Natomiast celem metody ELECTRE I jest stworzenie grup preferencji [2]. Podstawową regułą stosowaną w tej metodzie jest porównywanie każdego wariantu ze wszystkimi pozostałymi. Sprawdza się w ten sposób czy istnieją argumenty pozwalające uznać, że jeden z wariantów dominuje nad pozostałymi. Chcąc odwzorować analizowany problem decyzyjny w jak najlepszym stopniu wprowadza się progi równoważności i preferencji w celu budowy relacji przewyższania [3].

2.1. Przykład

Przedsięwzięcie realizowane jest w centrum miasta na bardzo ograniczonym placu budowy. Prace wykonywane przez 15 podwykonawców muszą zakończyć się przed upływem terminu 3 miesięcy. Koszt materiałów jakie muszą zostać dostarczone jest bardzo wysoki co generuje duży stopień ryzyka w związku z kompensacją środków finansowych pozwalających na zakup wyrobów budowlanych.

Rozpatrzono problem wielokryterialnego podejmowania decyzji, w którym trzy warianty decyzyjne systemu logistycznego zaopatrzenia są oceniane (w skali od 1 do 10) ze względu na następujące kryteria:

- Możliwość realizacji zamówień w systemie Just-in-time (system CL ze względu na wysoką specjalizację w obsłudze inwestycji otrzymuje 10 punktów, system DB z uwagi na indywidualny charakter zamówień otrzymuje 4 punkty).
- Terminowość dostaw (systemy CL oraz GW ze względu na centralne zarządzanie dostawami otrzymują po 10 punktów).
- Możliwość realizacji zamówień awaryjnych (ze względu na zamówienia bezpośrednio u producenta system DB otrzymuje 10 punktów, system GW z uwagi na terminy składania zamówień otrzymuje 6 punktów).
- Koszty infrastruktury magazynowej (utworzenie składowisk i ich obsługa – system CL z uwagi na dysponowanie własną infrastrukturą magazynową otrzymuje ocenę 10, natomiast system DB ze względu na konieczność tworzenia osobnych składowisk dla każdego podwykonawcy otrzymuje 5 punktów).
- Liczba przeładunków (w aspekcie strat materiałowych i kosztów przeładunków – w systemie DB dostawa dociera do odbiorcy bez punktów pośrednich dlatego otrzymuje najwyższą ocenę).
- Możliwość kredytowania zakupów podwykonawców do momentu rozliczenia z generalnym wykonawcą i długością odroczonego okresu płatności (z uwagi na długotrwałą współpracę z instytucją centrum logistycznego system CL otrzymuje 10 punktów).
- Stopień kompensacji zamówień (ze względu na możliwość zestawienia wielu wyrobów w jedną dostawę system CL otrzymuje 10 punktów a system DB ocenę najniższą).
- Możliwość uzyskiwania rabatów (z uwagi na najwyższe koszty operacyjne system CL otrzymuje 6 punktów).

Uwzględniając warunki realizacji przedsięwzięcia budowlanego oraz preferencje decydującego za najważniejsze kryteria przyjęto możliwość realizacji dostaw w systemie Just-in-time, terminowość do-

staw oraz możliwość kredytowania zakupów, mając na uwadze kolejno ograniczoną zdolność magazynową, opóźnienia mogące generować dodatkowe koszty a także wysoki współczynnik relacji środków finansowych i czasu zakończenia prac. Kryteria te przyjmują zatem współczynniki wagowe na poziomie: $w_1=0,32$, $w_2=0,25$, $w_6=0,2$.

Stopień kompensacji zamówienia, możliwość realizacji zamówień awaryjnych i uzyskania rabatów przyjęto jako kryteria drugorzędne ze względu na możliwość zmiany decyzji inwestora co do zastosowanych materiałów oraz ewentualną konieczność zastosowania wyrobów sprzyjających przyspieszonej realizacji inwestycji. Dlatego współczynniki wagowe tych kryteriów wynoszą: $w_7=0,1$, $w_3=0,05$, $w_8=0,05$.

Jako najmniej istotne kryteria uznano koszty związane z infrastrukturą magazynową oraz liczbę przeładunków. Ich wagi przyjęto na poziomie: $w_4=0,01$, $w_5=0,02$,

Oceny wariantów decyzyjnych względem kryteriów przedstawiono w Tab. 1.

Tab. 1. Kryteria i ocena systemów logistycznych

Kryteria oceny	Waga kryterium	Ocena systemu		
		CL	GW	DB
1. Możliwość realizacji zamówień w systemie Just-in-time	0,32	10	8	4
2. Terminowość dostaw	0,25	10	10	6
3. Możliwość realizacji zamówień awaryjnych	0,05	8	6	10
4. Koszty infrastruktury magazynowej	0,01	10	8	5
5. Liczba przeładunków	0,02	6	8	10
6. Możliwość kredytowania zakupów	0,20	10	9	5
7. Stopień kompensacji zamówień	0,1	10	5	1
8. Możliwość uzyskania rabatów	0,05	6	8	10

Przy pomocy metody ELECTRE I dokonano agregacji kryteriów oraz przeprowadzono analizę problemu wyboru.

Wyznaczono zbiór wariantów decyzyjnych A (wzór (1)):

$$A = \{a_1, a_2, a_3\} \quad (1)$$

gdzie:

a_i – wariant decyzyjny,

oraz zbiór kryteriów G , według wzoru (2):

$$G = \{g_1, g_2, \dots, g_8\} \quad (2)$$

gdzie:

g_k – kryterium wyboru.

Kolejnym krokiem w tej metodzie jest porównanie każdego wariantu z pozostałymi, weryfikując hipotezę preferencji (a_i preferowane nad a_j) w dwóch sytuacjach: zgodności i braku niezgodności.

W celu zbadania pierwszego warunku wyznaczyć należy zbiór zgodności, obliczając dla każdej pary warunków (a_i, a_j) współczynnik zgodności według (3):

$$c(a_i, a_j) = \sum_{k=1}^K w_k \cdot \varphi_k(a_i, a_j) \quad (3)$$

gdzie:

φ_k – relacja na zbiorze A^2 dla kryterium k ,

w_k – waga k -tego kryterium.

Relacja φ przyporządkowuje wartości binarne parze wariantów (a_i, a_j) według wzoru (4):

$$\varphi_k = \begin{cases} 1, & g_k(a_i) \geq g_k(a_j) \\ 0, & g_k(a_i) < g_k(a_j) \end{cases} \quad (4)$$

gdzie:

$g_k(a_i)$ – wartość i -tego obiektu według k -tego kryterium.

Zatem zbiór zgodności składa się z następujących relacji:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \begin{bmatrix} - & 1 & 1 \\ 0 & - & 1 \\ 0 & 0 & - \end{bmatrix}, & \varphi_1 \cdot w_1 &= \begin{bmatrix} - & 0,32 & 0,32 \\ 0 & - & 0,32 \\ 0 & 0 & - \end{bmatrix}, \\ \varphi_2 &= \begin{bmatrix} - & 1 & 1 \\ 1 & - & 1 \\ 0 & 0 & - \end{bmatrix}, & \varphi_2 \cdot w_2 &= \begin{bmatrix} - & 0,25 & 0,25 \\ 0,25 & - & 0,25 \\ 0 & 0 & - \end{bmatrix}, \\ \varphi_3 &= \begin{bmatrix} - & 1 & 0 \\ 0 & - & 0 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix}, & \varphi_3 \cdot w_3 &= \begin{bmatrix} - & 0,05 & 0 \\ 0 & - & 0 \\ 0,05 & 0,05 & - \end{bmatrix}, \\ \varphi_4 &= \begin{bmatrix} - & 1 & 1 \\ 0 & - & 1 \\ 0 & 0 & - \end{bmatrix}, & \varphi_4 \cdot w_4 &= \begin{bmatrix} - & 0,01 & 0,01 \\ 0 & - & 0,01 \\ 0 & 0 & - \end{bmatrix}, \\ \varphi_5 &= \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 1 & - & 0 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix}, & \varphi_5 \cdot w_5 &= \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 0,02 & - & 0 \\ 0,02 & 0,02 & - \end{bmatrix}, \\ \varphi_6 &= \begin{bmatrix} - & 1 & 1 \\ 0 & - & 1 \\ 0 & 0 & - \end{bmatrix}, & \varphi_6 \cdot w_6 &= \begin{bmatrix} - & 0,2 & 0,2 \\ 0 & - & 0,2 \\ 0 & 0 & - \end{bmatrix}, \\ \varphi_7 &= \begin{bmatrix} - & 1 & 1 \\ 0 & - & 1 \\ 0 & 0 & - \end{bmatrix}, & \varphi_7 \cdot w_7 &= \begin{bmatrix} - & 0,1 & 0,1 \\ 0 & - & 0,1 \\ 0 & 0 & - \end{bmatrix}, \\ \varphi_8 &= \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 1 & - & 0 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix}, & \varphi_8 \cdot w_8 &= \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 0,05 & - & 0 \\ 0,05 & 0,05 & - \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

W rozpatrywanym przykładzie zbiór zgodności c ma następującą postać:

$$c(a_i, a_j) = \begin{bmatrix} - & 0,93 & 0,88 \\ 0,32 & - & 0,88 \\ 0,12 & 0,12 & - \end{bmatrix}$$

$$c(a_i, a_j) \geq s \wedge s \in \langle 0,5; 1 \rangle \quad (5)$$

Warunek zgodności ma postać (5):

Na tej podstawie buduje się zbiór zgodności C_s z par wariantów (a_i, a_j) spełniających ten warunek, według wzoru (6):

$$C_s = \{(a_i, a_j) \in A^2 : c(a_i, a_j) \geq s \wedge s \in \langle 0,5; 1 \rangle\} \quad (6)$$

W tym momencie należy przyporządkować wartość wskaźnikowi s (próg zgodności), który jest odpowiedzialny za tworzenie podziału zbioru wariantów decyzyjnych na podzbiory o różnych poziomach dominacji. Wielkość ta musi zawierać się w przedziale $\langle 0,5; 1 \rangle$ i można ją wyznaczyć zgodnie ze wzorem (7):

$$s = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N a_{ij}}{N \cdot (N-1)} \quad (7)$$

$$s = \frac{3,25}{3 \cdot (3-1)} = 0,541(6)$$

Próg zgodności przyjęto na poziomie $s=0,54$.

Zgodnie ze wzorem (6) zbiór zgodności C_s w rozpatrywanym przypadku równa się:

$$C_{0,54} = \{(a_1, a_2), (a_1, a_3), (a_2, a_3)\}.$$

Następnie dla każdego kryterium należy wyznaczyć wartość progową v_k (próg weta) w celu zbadania warunku braku niezgodności. Przekroczenie tej wartości oznacza, że jakiś wariant dominuje nad innym, pod względem danego kryterium, tak bardzo, że pozostałe kryteria nie mogą wpłynąć na zmianę tej relacji. Wysokość progu weta ustalono matematycznie na podstawie różnicy maksymalnej i minimalnej wartości kryterium. Progi weta są stałe i wynoszą: $v_1[g_1(a_i)]=5$, $v_2[g_2(a_i)]=4$, $v_3[g_3(a_i)]=4$, $v_4[g_4(a_i)]=5$, $v_5[g_5(a_i)]=4$, $v_6[g_6(a_i)]=5$, $v_7[g_7(a_i)]=9$, $v_8[g_8(a_i)]=4$.

Warunek braku niezgodności można przedstawić za pomocą wzoru (8):

$$\forall_k g_k(a_i) + v_k [g_k(a_j)] \geq g_k(a_j) \quad (8)$$

gdzie:

$v_k[g_k(a)]$ – wartość progu weta dla k -tego kryterium.

Warunek braku niezgodności sprawdzamy jedynie dla tych wariantów, dla których spełniony jest warunek zgodności.

Zbiór niezgodności D_v tworzony jest z par wariantów (a_i, a_j) spełniających warunek przeciwny do (8), według wzoru (9):

$$D_v = \{(a_i, a_j) \in A^2 : \exists_k g_k(a_j) > g_k(a_i) + v_k [g_k(a_i)]\} \quad (9)$$

- $d_1(a_1, a_2) : (10 + 5 \geq 8)$ - brak niezgodności,
- $d_1(a_1, a_3) : (10 + 5 \geq 5)$ - brak niezgodności,
- $d_1(a_2, a_3) : (8 + 5 \geq 5)$ - brak niezgodności,
- $d_2(a_1, a_2) : (10 + 4 \geq 10)$ - brak niezgodności,
- $d_2(a_1, a_3) : (10 + 4 \geq 6)$ - brak niezgodności,
- $d_2(a_2, a_3) : (10 + 4 \geq 6)$ - brak niezgodności,
- $d_3(a_1, a_2) : (8 + 4 \geq 6)$ - brak niezgodności,
- $d_3(a_1, a_3) : (8 + 4 \geq 10)$ - brak niezgodności,
- $d_3(a_2, a_3) : (6 + 4 \geq 10)$ - brak niezgodności,
- $d_4(a_1, a_2) : (10 + 5 \geq 8)$ - brak niezgodności,
- $d_4(a_1, a_3) : (10 + 5 \geq 5)$ - brak niezgodności,
- $d_4(a_2, a_3) : (8 + 5 \geq 5)$ - brak niezgodności,
- $d_5(a_1, a_2) : (6 + 4 \geq 8)$ - brak niezgodności,
- $d_5(a_1, a_3) : (6 + 4 \geq 10)$ - brak niezgodności,
- $d_5(a_2, a_3) : (8 + 4 \geq 10)$ - brak niezgodności,
- $d_6(a_1, a_2) : (10 + 5 \geq 9)$ - brak niezgodności,
- $d_6(a_1, a_3) : (10 + 5 \geq 5)$ - brak niezgodności,
- $d_6(a_2, a_3) : (9 + 5 \geq 5)$ - brak niezgodności,
- $d_7(a_1, a_2) : (10 + 9 \geq 5)$ - brak niezgodności,
- $d_7(a_1, a_3) : (10 + 9 \geq 1)$ - brak niezgodności,
- $d_7(a_2, a_3) : (5 + 5 \geq 1)$ - brak niezgodności,
- $d_8(a_1, a_2) : (6 + 4 \geq 8)$ - brak niezgodności,
- $d_8(a_1, a_3) : (6 + 5 \geq 10)$ - brak niezgodności,
- $d_8(a_2, a_3) : (8 + 5 \geq 10)$ - brak niezgodności.

Zatem zbiór niezgodności w postaci binarnej w przykładzie jest równy:

$$D_v = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 0 & - & 0 \\ 0 & 0 & - \end{bmatrix}$$

Natomiast zbiór przeciwny (braku niezgodności) jest następujący:

$$\bar{D}_v = \begin{bmatrix} - & 1 & 1 \\ 1 & - & 1 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix}$$

Kolejnym etapem jest zbadanie czy między wariantami zachodzą przewyższenia poprzez stworzenie zbioru $S(s, v)$, który można wyznaczyć jako część wspólną zbiorów C_s oraz \bar{D}_v , co przedstawia wzór (10):

$$S(s, v) = C_s \cap \bar{D}_v \quad (10)$$

W wyniku analizy wielokryterialnej (CL) przeprowadzonej na przykładzie otrzymano relację przewyższenia równą:

$$S(s, v) = C_s \cap \bar{D}_v = \{(a_1, a_2), (a_1, a_3), (a_2, a_3)\}.$$

Rozumieć przez to należy, że najwyżej oceniony został pierwszy system (CL), ponieważ przewyższa zarówno system drugi (GW) jak i trzeci (DB). Dlatego przy założonych parametrach obliczeniowych i warunkach w jakich realizowane jest przedsięwzięcie budowlane, należy przedstawić decydentowi wariant, w którym obsługę logistyczną zapewnia centrum logistyczne, jako najlepszy z dostępnych do wyboru.

PODSUMOWANIE

Prawidłowe funkcjonowanie każdego przedsiębiorstwa budowlanego często zakłóca jest przez pojawienie się wielu problemów decyzyjnych, do których z pewnością zaliczyć można trudności związane z zakupami i dostawami materiałów i surowców budowlanych.

Przeprowadzona analiza nie rozwiązuje w pełni problemu decyzyjnego jakim jest selekcja systemów logistycznych z uwagi na to, że nie dotyczy zaopatrzenia całego przedsięwzięcia budowlanego a jedynie jego części – robót wykończeniowych. Zasadne jest więc dokonanie kolejnych analiz badających wpływ rodzaju dostarczanych wyrobów budowlanych na wybór systemu logistycznego.

BIBLIOGRAFIA

1. Hamzeh F. R., Tommelein I. D., Ballard G, Kaminsky P. M.: Logistics Centers to Support Project-Based Production in the Construction Industry. Proceedings IGLC-15, July 2007, Michigan, USA, p. 181-191.
2. Miszczyński M., Wielokryterialna optymalizacja dyskretna. Wybrane metody. Uniwersytet Łódzki. Łódź 2007.
3. Nowak M., Metody Electre w deterministycznych i stochastycznych problemach decyzyjnych. Decyzje nr 2, 12/2004.
4. Nowakowski T., Niezawodność systemów logistycznych, systemów logistycznych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2011.
5. Pfohl H.-Ch., Systemy logistyczne, ILiM, Poznań 1998.
6. Puszek-Machowczyk K., Bujak A., Modelowanie systemów logistycznych w budownictwie, „Logistyka” 2011, nr 3.
7. Sądadek D., Logistyka zaopatrzenia w budownictwie, „Logistyka” 2012, nr 3.
8. Sobotka A., Logistyka przedsiębiorstw i przedsięwzięć budowlanych, Wydawnictwa AGH, Kraków 2010.

9. Sobotka A., Zarządzanie logistyczne w przedsiębiorstwach budowlanych, *Górnictwo i Geoinżynieria*, Rok 29, Zeszyt 3/1, 2005.
10. Sobotka A., Czarnigowska A., Stefaniak K.: Logistics of construction projects. *Foundations of Civil and Environmental Engineering*, No. 6, 2005, p. 203-2016.
11. Stachowiak K.: Wielokryterialna analiza decyzyjna w badaniach ekonomiczno-przestrzennych.
http://www.zprie.amu.edu.pl/pliki/stachowiak_td.pdf.

Multi-attribute decision making method to evaluate of logistics systems of supply in construction

The paper presents the proposal of use a multi attribute decision making method to evaluate three models of the logistics system of supply during the implementation of a construction project. In the first model, logistics service is provided by logistics center, created for the project needs. In the second model, logistics system is managed by the general contractor of the project, supplying his subcontractors. The third model provides for individual supply – subcontractors and general contractor procure the material using their own logistics services.

Autorzy:
mgr inż. **Łukasz Rzepecki** – Politechnika Lubelska