

Wybrane aspekty analizy wielokryterialnej w projektowaniu obejść drogowych

Piotr Żabicki, Władysław Gardziejczyk

*Zakład Inżynierii Drogowej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska,
Politechnika Białostocka, e-mail: trafficpz@o2.pl, w.gardziejczyk@pb.edu.pl*

Streszczenie: Analiza wielokryterialna to metoda wspomagania procesu decyzyjnego w sytuacji gdy analizowanych jest wiele wariantów przebiegu tras drogowych. W artykule przedstawiono dwa przykłady wyboru najkorzystniejszego wariantu obejścia miejscowości, położonych w ciągu dróg wojewódzkich. Analizę przeprowadzono w oparciu o normalizację Van Delfta i Nijkampa, Weitendorfa, Peldschusa oraz przyjęte wagi rozpatrywanych kryteriów. Rozważane kryteria opisujące analizowane warianty wyrażone są w różnych jednostkach. Zastosowanie normalizacji ma na celu uzyskanie porównywalności kryteriów.

Słowa kluczowe: analiza wielokryterialna, normalizacja kryteriów, obejście drogowe, porównanie wariantów.

1. Wprowadzenie

Podstawową sieć drogową każdego województwa tworzą drogi krajowe i drogi wojewódzkie. W przypadku województwa podlaskiego drogi krajowe mają długość 975 km, a drogi wojewódzkie - 1188 km. Drogi wojewódzkie stanowią uzupełnienie dróg krajowych i łączą przede wszystkim miasta będące siedzibami powiatów lub są łącznikami pomiędzy drogami krajowymi. Większość dróg wojewódzkich przenosi ruch o charakterze gospodarczym, a także ruch o charakterze turystycznym i rekreacyjnym.

Według pomiarów w roku 2010 średnio dobowe natężenie ruchu na drogach wojewódzkich w województwie podlaskim zawierało się w przedziale od 458 do 17080 pojazdów (średnia wartość SDR na drogach wojewódzkich = 2432 pojazdów na dobę). W potokach ruchu na drogach wojewódzkich zdecydowaną przewagę stanowiły samochody osobowe i dostawcze (ok. 90%). Udział w ruchu pozostałych kategorii pojazdów był znacznie mniejszy i wahał się od około 0,4% dla ciągników rolniczych do około 7% - dla samochodów ciężarowych z przyczepami i bez przyczep.

Drogi wojewódzkie w wielu przypadkach przebiegają przez miejscowości, w pobliżu zabudowy mieszkaniowej. Ograniczenia terenowe i gęsta zabudowa mieszkaniowa uniemożliwiają zastosowanie efektywnych rozwiązań w celu spełnienia wymagań związanych z ochroną środowiska. W takiej sytuacji budowane są obejścia miejscowości, a pierwszym krokiem w całym procesie jest przygotowanie dokumentacji projektowej takich inwestycji. Problemem na tym etapie, podobnie jak przy drogach krajowych, jest porównanie wariantów przebiegu projektowanej

drogi oraz ustalenie najkorzystniejszego rozwiązania zapewniającego transport osób i towarów i spełniającego wymagania związane z ochroną środowiska, zdrowiem i życiem mieszkańców.

Celem artykułu jest przedstawienie wybranych aspektów analizy wielokryterialnej w ocenie wariantów przebiegu przykładowych obejść drogami wojewódzkimi dwóch miejscowości w województwie podlaskim. Przeanalizowano cztery warianty obejścia miejscowości Jelonka położonej w ciągu drogi wojewódzkiej Nr 685 Hajnówka - Kleszczele oraz cztery warianty obejścia miejscowości Juskowy Gród położonej w ciągu drogi wojewódzkiej Nr 686 Michałowo - Jałówka.

2. Analiza wielokryterialna – założenia

Analiza wielokryterialna to metoda wspomagania procesu decyzyjnego w sytuacji, gdy analizowanych jest wiele wariantów. Polega ona na odpowiednim doborze kryteriów oceny oraz wag im przypisanych. Celem analizy wielokryterialnej jest wybór wariantu najkorzystniejszego z punktu widzenia kryteriów o charakterze transportowym, środowiskowym, ekonomicznym i społecznym. Rozpatruje się zbiór określonych wariantów rozwiązań $W=\{W_i: i=1,2,3 \dots,n\}$, dla których przyjmuje się zbiór kryteriów $K=\{K_j: j=1,2,3 \dots,m\}$, według których oceniane są poszczególne warianty. Następnie dla każdego kryterium wyznacza się wartość x_{ij} (miarę wariantu W_i według kryterium K_j) i otrzymujemy macierz danych: $X_{ij}=\{x_{ij}: i=1,2,3 \dots,n; j=1,2,3 \dots,m\}$, w której i -ty wiersz przedstawia wartości wariantu i według kolejnych (wszystkich) kryteriów, a j -ta kolumna - wartości kolejnych (wszystkich) wariantów według określonego kryterium j . W zapisie tablicowym macierz ma postać (1):

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{im} \\ \vdots & \dots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \dots & x_{nj} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

(1)

Kryteria według których oceniane są poszczególne warianty powinny obejmować pełny opis analizowanych wariantów. Przy czym powinno być ich jak najmniej co pozwoli przeprowadzić analizę w sposób czytelny i przejrzysty. Każdemu kryterium jest przypisywana odpowiednia waga. Z obiektywnego punktu widzenia wszystkie kryteria są jednakowo ważne. Mając jednak na uwadze ochronę środowiska naturalnego - najważniejsze stają się kryteria środowiskowe, a dążąc do minimalizacji kosztów - kryteria ekonomiczne. Kryteria przyjęte do analizy wielokryterialnej wyrażone są za pomocą parametrów mierzalnych (np. kryterium długości wyrażone jest w kilometrach) oraz niemierzalnych, opisujących warianty bez ich oceny ilościowej (np. wpływ na krajobraz). W analizie wielokryterialnej możemy uwzględnić zarówno kryteria ilościowe (np. powierzchnia lasów do wycinki) jak i jakościowe (technologia konstrukcji nawierzchni). W odniesieniu do ostatnich musimy dokonać ich kwantyfikacji (nadania wartości liczbowych). Aby możliwe było porównanie i ocena wariantów wszystkim kryteriom należy nadać wartości

liczbowe niemianowane. Proces zastąpienia wartości mianowanej na niemianowaną nazywa się normalizacją. W zależności od kierunku optymalizacji kryteriów mogą być one rozpatrywane jako maksymalizujące lub minimalizujące (stymulanty i destymulanty).

Znanych jest wiele sposobów normalizacji kryteriów. W pracy [1] przedstawiono wybór wariantu korytarza drogowego za pomocą metody standaryzującej kryteria. Normalizację Peldschusa i Van Delfta i Nijkampa zastosowano do wyboru projektu autostrady [2]. Szwabowski i inni [3] zastosowali różne metody normalizacji kryteriów (normowanie, standaryzację, normalizację Weitendorfa, Pattern) w budownictwie ogólnym. Analizę wybranych sposobów normalizacji w teorii gier przedstawiono w pracy [4]. Każdy wymieniony sposób ma swoje zalety jak i wady. W referacie przyjęto do normalizacji macierzy kryteriów trzy sposoby normalizacji: normalizację Van Delfta i Nijkampa (wektorowa normalizacja - WN), Weitendorfa (liniowa normalizacja - LN) Peldschusa (nieliniowa normalizacja - NN), (tabela 1). Zaletą tych sposobów normalizacji jest możliwość porównywania dowolnej liczby kryteriów, a normalizowane wartości zawierają się w przedziale (0;1).

Tabela 1. Metody normalizacji kryteriów.

Lp.	Metoda normalizacji	Preferowana wartość max x_{ij}	Preferowana wartość min x_{ij}
1	wektorowa normalizacja (WN) (Van Delfta i Nijkampa)	$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}}$	$x_{ij}^* = 1 - \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}}$
2	liniowa normalizacja (LN) (Weitendorfa)	$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - x_{ij}^-}{x_{ij}^+ - x_{ij}^-}$	$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}^+ - x_{ij}}{x_{ij}^+ - x_{ij}^-}$
3	nieliniowa normalizacja (NN) (Peldschusa)	$x_{ij}^* = \left(\frac{x_{ij}}{x_{ij}^+} \right)^2$	$x_{ij}^* = \left(\frac{x_{ij}^-}{x_{ij}} \right)^3$

Oznaczenia podane w tabeli 1 określają: x_{ij}^* - znormalizowana wartość kryterium j-tego według wariantu i-tego, x_{ij} - wartość kryterium j-tego według wariantu i-tego, x_{ij}^- , x_{ij}^+ - maksymalna bądź minimalna wartość kryterium j-tego według wariantu i-tego.

Ranking analizowanych wariantów otrzymuje się poprzez obliczenie ocen syntetycznych. Do obliczenia oceny syntetycznej zastosowano wskaźnik sumowania bez i z uwzględnieniem wag ω_i poszczególnych kryteriów obliczony według wzorów (2) i (3):

$$S_j = \sum_{j=1}^m x_{ij}^* \tag{2}$$

$$S_j = \sum_{j=1}^m x_{ij}^* \cdot \omega_i \tag{3}$$

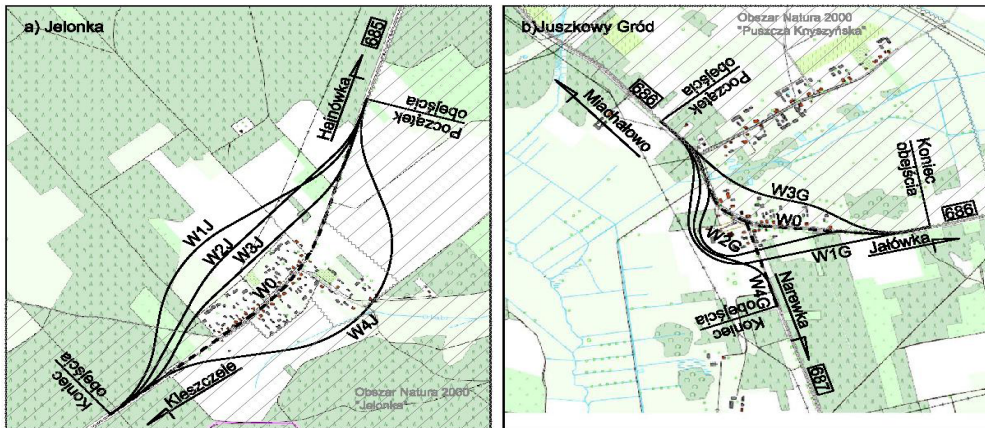
Ocenę końcową analizowanych wariantów obliczono w wyniku sprowadzenia wartości S_j do jedności (4). Im wyższa znormalizowana wartość tym rozwiązanie jest korzystniejsze.

$$S_j^* = \frac{S_j}{\sum_{j=1}^m S_j} \quad (4)$$

w którym S_j^* jest znormalizowaną wartością sumy S_j , ($\sum_{j=1}^m S_j^* = 1$).

3. Wybór wariantów obejść miejscowości Jelonka i Juskowy Gród

Poniżej przedstawiono przebieg wariantów obejścia miejscowości Jelonka i Juskowy Gród. Warianty W1J, W2J, W3J stanowią obejście miejscowości Jelonka po stronie północnej, natomiast wariant W4J po stronie południowej (rysunek 1a). Analizowane drogi są klasy G1x2, mają wspólny początek i koniec. Obejście miejscowości Juskowy Gród analizowano według trzech wariantów po stronie południowej (W1G, W2G, W4G) i wariantu W3G po stronie północnej (rysunek 1b). Warianty W3G i W4G nie realizują w pełni powiązania obu dróg wojewódzkich. Analizowane drogi są klasy G1x2 poza wariantem W2G. Klasę drogi wariantu W2G przyjęto jako Z1x2 ze względu na odstęp między skrzyżowaniami. W obu sytuacjach nie rozważano wariantu W0 polegającego na przebudowie istniejących dróg ze względu na brak możliwości spełnienia wymagań w zakresie ochrony środowiska i bezpieczeństwa ruchu drogowego.



Rys. 1. Schemat przebiegu wariantów obejścia miejscowości: a) Jelonka, b) Juskowy Gród.

4. Założenia do analizy wielokryterialnej

Analizę wielokryterialną wariantów obejść miejscowości Jelonka i Juskowy Gród przeprowadzono w oparciu o kryteria cząstkowe przypisane do grupy kryteriów o charakterze transportowym, środowiskowym, ekonomicznym i społecznym

(tabele 2 i 3). Wartości poszczególnych kryteriów zostały ustalone przez autorów na podstawie własnych obliczeń, oszacowań i kalkulacji.

W kryteriach transportowych uwzględniono długość drogi, krętość drogi, bezpieczeństwo ruchu drogowego wyrażone gęstością skrzyżowań i zjazdów.

Kryteria środowiskowe uwzględniają: kolizję projektowanych wariantów z obszarami Natura 2000 „Jelonka” i „Puszcza Knyszyńska”, długość przebiegu drogi przez tereny leśne oraz zajętość terenu poza pasem drogowym.

Kryteria ekonomiczne obejmują koszty budowy drogi oraz ekonomiczną wartość bieżącą netto $ENPV$ (5). Wartość $ENPV$ obliczono zgodnie z instrukcją [5] przy założeniach: okres analizy 25 lat, stopa dyskontowa 5%, przyjęto rok 2013 za rok bazowy, w którym kończy się proces przedinwestycyjny projektu. Wartość $ENPV$ obliczono ze wzoru:

$$ENPV = \sum_{t=1}^n \frac{NB_t + NC_t}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^t} \quad (5)$$

w którym:

$ENPV$ - ekonomiczna wartość bieżąca netto (warunkiem przyjęcia inwestycji do realizacji jest dodatni $ENPV$)

n - okres,

NB_t - oszczędności użytkowników i środowiska w kolejnym roku t ,

NC_t - koszty drogowe netto w kolejnym roku t ,

r - stopa dyskontowa w %.

Koszty drogowe obejmują koszty budowy odcinka drogi wojewódzkiej, remontu okresowego, remontu cząstkowego, bieżącego utrzymania oraz koszty związane z opracowaniem dokumentacji projektowej i wykupem gruntów. Koszty budowy drogi oszacowano w oparciu o cenę budowy jednego kilometra na poziomie 2,5 mln PLN w przypadku drogi klasy Z 1x2 (szerokość jezdni 6,0 m) i 3 mln PLN drogi klasy G 1x2 (szerokość jezdni 7,0 m). Koszty użytkowników drogi i środowiska obejmują koszty eksploatacji pojazdów samochodowych, czasu w przewozach pasażerskich i towarowych, wypadków drogowych i emisji toksycznych składników spalin.

Kryteria społeczne obejmują liczbę budynków mieszkalnych w odległości 50 m od osi drogi oraz konflikty społeczne związane z planowanymi działkami przewidzianymi do wykupu pod przyszłą inwestycję.

Tabela 2. Kryteria przyjęte do analizy obejścia miejscowości Jelonka.

Lp.	Kryteria	Wagi	*	W1J	W2J	W3J	W4J
TRANSPORTOWE							
K1	Długość drogi [km]	1/12	-	1,876	1,819	1,831	2,197
K2	Krętość drogi [°/km]	1/12	-	69	40	38	76
K3	Gęstość skrzyżowań i zjazdów [1/km]	1/12	-	11,19	13,74	13,65	15,48
ŚRODOWISKOWE							
K4	Kolizja z obszarem Natura 2000 „Jelonka” [ha]	1/12	-	1,52	1,72	1,85	5,2
K5	Zajętość terenu poza pasem drogowym [ha]	1/12	-	3,91	3,26	2,96	4,29
K6	Długość przebiegu drogi przez tereny leśne [km]	1/12	-	1,086	0,910	0,887	0,448
EKONOMICZNE							
K7	Koszty budowy [PLN]	1/8	-	5628000	5457000	5493000	6591000
K8	ENPV [PLN]	1/8	+	7156428	10842975	10280925	-7964185
SPOŁECZNE							
K9	Liczba budynków mieszkalnych w odległości 50m od osi drogi [liczba]	1/8	-	1	3	3	4
K10	Konflikty społeczne (liczba działek do wykupu)[liczba]	1/8	-	22	28	26	65

* „-” destymulanty, „+” stymulanty

Tabela 3. Kryteria przyjęte do analizy obejścia miejscowości Juszkowy Gród.

Lp.	Kryteria	Wagi	*	W1G	W2G	W3G	W4G
TRANSPORTOWE							
K1	Długość drogi [km]	1/12	-	1,617	1,590	1,250	1,083
K2	Krętość drogi [°/km]	1/12	-	160	224	90	190
K3	Gęstość skrzyżowań i zjazdów [1/km]	1/12	-	9,89	13,84	12,80	14,77
ŚRODOWISKOWE							
K4	Kolizja z obszarem Natura 2000 „Puszcza Knyszyńska” [ha]	1/12	-	1,15	1,62	2,10	0,95
K5	Zajętość terenu poza pasem drogowym [ha]	1/12	-	3,41	1,75	2,39	1,77
K6	Długość przebiegu drogi przez tereny leśne [km]	1/12	-	0,425	0,210	0,140	0,265
EKONOMICZNE							
K7	Koszty budowy [PLN]	1/8	-	4851000	3975000	3750000	3276000
K8	ENPV [PLN]	1/8	+	7790902	2294992	19094488	23333585
SPOŁECZNE							
K9	Liczba budynków mieszkalnych w odległości 50m od osi drogi [liczba]	1/8	-	1	5	1	4
K10	Konflikty społeczne (liczba działek do wykupu)[liczba]	1/8	-	17	16	14	13

* „-” destymulanty, „+” stymulanty

5. Wyniki obliczeń i ich analiza

W pierwszym etapie wyboru wariantu najkorzystniejszego wykonano obliczenia bez uwzględnienia wag kryteriów. Wyniki obliczeń oraz ranking wariantów obejścia miejscowości Jelonka przedstawiono w tabeli 4, a wariantów obejścia miejscowości Juskowy Gród w tabeli 5.

Tabela 4. Wyniki analizy wariantów obejścia miejscowości Jelonka bez uwzględnienia wag kryteriów.

Lp.	Metoda normalizacji	W1J	W2J	W3J	W4J
1	Van Delfta i Nijkampa (WN)	0,2783	0,2848	0,2869	0,1500
	Ranking	3	2	1	4
2	Weitendorfa (LN)	0,2991	0,3236	0,3344	0,0429
	Ranking	3	2	1	4
3	Peldschusa (NN)	0,2920	0,2730	0,2839	0,1511
	Ranking	1	3	2	4

Tabela 5. Wyniki analizy wariantów obejścia miejscowości Juskowy Gród bez uwzględnienia wag kryteriów.

Lp.	Metoda normalizacji	W1G	W2G	W3G	W4G
1	Van Delfta i Nijkampa (WN)	0,2293	0,2107	0,2822	0,2778
	Ranking	3	4	1	2
2	Weitendorfa (LN)	0,1735	0,1568	0,3263	0,3433
	Ranking	3	4	2	1
3	Peldschusa (NN)	0,2057	0,1693	0,2954	0,3296
	Ranking	3	4	2	1

Wyniki przeprowadzonych analiz bez uwzględnienia wag kryteriów nie wskazały jednoznacznie najkorzystniejszego wariantu zarówno obejścia miejscowości Jelonka jak i Juskowy Gród. Na ranking wariantów ma wpływ sposób normalizacji macierzy decyzyjnej. Najlepszym wariantem obejścia miejscowości Jelonka według normalizacji wektorowej i liniowej jest W3J natomiast normalizacji nieliniowej - wariant W1J. W analizie wariantów obejścia miejscowości Juskowy Gród najkorzystniejszym wariantem jest W3G według normalizacji wektorowej, a według normalizacji liniowej i nieliniowej wariant W4G.

W drugim etapie rozważań wykonano obliczenia z uwzględnieniem wag poszczególnych kryteriów. Przyjęto podejście o jednakowych wagach, tzn. każdej grupie kryteriów przypisano wagę 0,25. Takie samo podejście zastosowano w odniesieniu do kryteriów cząstkowych. Wyniki obliczeń oraz ranking wariantów obejść miejscowości Jelonka i Juskowy Gród przedstawiono w tabelach 6 i 7.

Tabela 6. Wyniki analizy wariantów obejścia miejscowości Jelonka z uwzględnieniem wag kryteriów.

Lp.	Metoda normalizacji	W1J	W2J	W3J	W4J
1	Van Delfta i Nijkampa (WN)	0,2864	0,2876	0,2892	0,1368
	Ranking	3	2	1	4
3	Weitendorfa (LN)	0,3107	0,3227	0,3313	0,0353
	Ranking	3	2	1	4
2	Peldschusa (NN)	0,3018	0,2715	0,2806	0,1461
	Ranking	1	3	2	4

Tabela 7. Wyniki analizy wariantów obejścia miejscowości Juskowy Gród z uwzględnieniem wag kryteriów.

Lp.	Metoda normalizacji	W1G	W2G	W3G	W4G
1	Van Delfta i Nijkampa (WN)	0,2316	0,2032	0,2851	0,2801
	Ranking	3	4	1	2
2	Weitendorfa (LN)	0,1699	0,1467	0,3321	0,3513
	Ranking	3	4	2	1
3	Peldschusa (NN)	0,2092	0,1634	0,2917	0,3357
	Ranking	3	4	2	1

Analiza wariantów z uwzględnieniem wag kryteriów także nie wskazała jednoznacznie najkorzystniejszego wariantu obejścia miejscowości Jelonka i Juskowy Gród przy przyjętych sposobach normalizacji. Zastosowanie podejścia o jednakowych wagach w obu przypadkach nie wpłynęło na zmianę uszeregowania wariantów w porównaniu z analizą bez uwzględnienia wag kryteriów.

W trzecim etapie analizy wykonano obliczenia przy zróżnicowanym układzie wag, dla czterech scenariuszy preferencji: transportowy, środowiskowy, ekonomiczny i społeczny (tabela 8). Wyniki obliczeń oraz ranking wariantów obejść miejscowości Jelonka i Juskowy Gród przedstawiono w tabelach 9 i 10.

Tabela 8. Wagi grup kryteriów w scenariuszach preferencji [%].

Lp.	Scenariusz preferencji	Grupy kryteriów			
		transportowe	środowiskowe	ekonomiczne	społeczne
1	transportowy	40	20	20	20
2	środowiskowy	20	40	20	20
3	ekonomiczny	20	20	40	20
4	społeczny	20	20	20	40
	Razem	100	100	100	100

Tabela 9. Uszeregowanie wariantów obejścia miejscowości Jelonka w scenariuszach preferencji

Lp.	Metoda normalizacji	Bez wag kryteriów	Podejście o jednakowych wagach	Scenariusz preferencji			
				transportowy	środowiskowy	ekonomiczny	społeczny
1	WN	W3J	W3J	W3J	W3J	W2J	W1J
2	LN	W3J	W3J	W3J	W1J	W3J	W1J
3	NN	W1J	W1J	W1J	W3J	W3J	W1J

Tabela 10. Uszeregowanie wariantów obejścia miejscowości Juskowy Gród w scenariuszach preferencji

Lp.	Metoda normalizacji	Bez wag kryteriów	Podejście o jednakowych wagach	Scenariusz preferencji			
				transportowy	środowiskowy	ekonomiczny	społeczny
1	WN	W3G	W3G	W3G	W4G	W4G	W3G
2	LN	W4G	W4G	W4G	W4G	W4G	W4G
3	NN	W4G	W4G	W3G	W4G	W4G	W4G

Na podstawie przeprowadzonych analiz w oparciu o różne scenariusze preferencji przy trzech sposobach normalizacji macierzy decyzyjnej stwierdzono pew-

ne różnice w wyborze najkorzystniejszego wariantu przebiegu obejść miejscowości Jelonka i Juskowy Gród.

Przy założeniu społecznego scenariusza preferencji, niezależnie od sposobu normalizacji, najkorzystniejszym rozwiązaniem obejścia miejscowości Jelonka okazał się wariant W1J, charakteryzujący się:

- najmniejszą gęstością skrzyżowań i zjazdów,
- najmniejszą kolizyjnością z obszarem Natura 2000,
- najmniejszym oddziaływaniem na zabudowę mieszkaniową,
- najmniejszą liczbą działek do wykupu.

Przy przyjęciu pozostałych scenariuszy preferencji, najkorzystniejszym wariantem obejścia Jelonki może być wariant W1J, W2J lub W3J w zależności od przyjętego sposobu normalizacji macierzy decyzyjnej.

W sytuacji wyboru obejścia miejscowości Juskowy Gród, przy środowiskowym i społecznym scenariuszu preferencji, niezależnie od sposobu normalizacji, najkorzystniejszym okazał się wariant W4G, charakteryzujący się:

- najmniejszą długością,
- najmniejszą kolizyjnością z obszarem Natura 2000,
- najwyższą wartością ekonomicznej wartości bieżącej netto (ENPV).

Przy przyjęciu transportowego i ekonomicznego scenariusza preferencji wybór najkorzystniejszego wariantu jest uzależniony od sposobu normalizacji.

Wyniki powyższej analizy wykazały jak ważne znaczenie przy wyborze najkorzystniejszego wariantu mają przyjęty scenariusz preferencji oraz sposób normalizacji macierzy decyzyjnej.

6. Podsumowanie

Wybór wariantu przebiegu tras drogowych jest problemem złożonym i wymaga uwzględnienia kryteriów o różnym znaczeniu. Analiza wielokryterialna może być bardzo przydatna przy ustaleniu najkorzystniejszego rozwiązania w zakresie kształtowania układu dróg wojewódzkich, projektowania obejść miejscowości. W wyniku przeprowadzonej analizy ustalono, że na ranking wariantów istotny wpływ ma przyjęty sposób normalizacji macierzy decyzyjnej oraz scenariusze preferencji, opisane poprzez wagę poszczególnych kryteriów.

W odniesieniu do rozważanych w artykule wariantów obejścia dwóch miejscowości sprawdzono możliwość zastosowania trzech sposobów normalizacji macierzy decyzyjnej (wektorowa, liniowa i nieliniowa normalizacja), a obliczenia wykonano przy różnych wagach kryteriów. Wykazano, że przy zastosowaniu tego samego scenariusza preferencji, niezależnie od sposobu normalizacji, w jednej sytuacji można w sposób jednoznaczny określić wariant najkorzystniejszy (scenariusz społeczny - wariant W1J), a w innym przypadku wybór wariantu najkorzystniejszego jest uzależnione od sposobu normalizacji (scenariusz społeczny - wariant W3G lub W4G). Oznacza to konieczność prowadzenia dalszych badań nad wpływem sposobu normalizacji macierzy i ustalania wag kryteriów oceny wariantów.

Literatura

- [1] Geneletti D. *Multicriteria analysis to compare the impact of alternative road corridors: a case study in northern Italy*. Impact Assessment and Project Appraisal 23(2) (2005), 135-146.
- [2] Brauers W.K. M., Zavadskas E.K., Peldschus F., Turskis Z. Multi - objective decision – making for road design. Transport 23(3), (2008), 183-193.
- [3] Szwabowski J., Deszcz J. *Metody wielokryterialnej analizy porównawczej*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.
- [4] Zavadskas E.K., Turskis Z. *A new logarithmic normalization method in games theory*. Informatica 19(2), (2008), 303-314.
- [5] Instrukcja oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć drogowych i mostowych dla dróg wojewódzkich. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa luty 2008.

Selected aspects of multicriteria analysis in the design of bypass roads

Piotr Żabicki, Władysław Gardziejczyk

*Division of Road Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering,
Białystok University of Technology, e-mail: trafficpz@o2.pl, w.gardziejczyk@pb.edu.pl*

Abstract: The multicriteria analysis is a method of supporting the decision process in a situation where there are many road alignment variants analyzed. The paper presents two examples of choosing the most beneficial variant for bypassing a town, located in the course of regional roads. The analysis was conducted basing on normalization methods by Van Delft and Nijkamp, Weitendorf, Peldschus and the weight of the considered criteria. The considered criteria describing the analyzed variants are usually expressed in different units. The use of normalization is necessary to achieve the comparability of the criteria.

Keywords: multicriteria analysis, normalization of criteria, bypass, comparison of alternatives.