Prof. dr inż. WALDEMAR W. KOCZKODAJ[1)]
Laurentian University, Kanada
Dr inż. WOJCIECH TROCHYMIAK[2)]
Politechnika Warszawska

Zastosowanie analizy zgodności ocen w metodzie porównania parami do oszacowania autostradowych kryteriów przetargowych

Program budowy autostrad, ze względu na skalę przedsięwzięcia i odmienny sposób finansowania, został objęty odrębnymi aktami prawnymi [17, 18, 19], w odróżnieniu od obowiązującego trybu zamówień publicznych [16]. Zarówno w polskich, jak i międzynarodowych aktach prawnych podano szczegółowy tryb i procedury regulujące postępowanie przetargowe. Przykładowo, prawo modelowe UNICITRAL (United Nations Commission on the International Trade Law) oraz regulacje Banku Światowego i Unii Europejskiej w zbiorze głównych cech procedury przetargowej zalecają *ujawnienie dostawcom i wykonawcom ściśle sprecyzowanych, obiektywnych i wymiernych kryteriów wykorzystywanych do oceny i porównania ofert* [6].

Jednym z najistotniejszych wymagań trybu przetargowego jest konieczność ujawnienia w dokumentach przetargowych dokładnych danych na temat kryteriów i preferencji używanych do wyboru optymalnej oferty. W związku z tym zespół formułujący specyfikacje i kryteria przetargowe powinien używać najbardziej obiektywnych i mierzalnych kryteriów. Często jednak zachodzi konieczność ustalenia kryterium trudnych do zmierzenia. Z tego powodu zaleca się stosowanie wag w wyżej wymienionych przepisach międzynarodowych.

W przetargach, w których występuje kilka kryteriów, jak również wówczas, gdy występuje bardzo rozbudowany model kryteriów (np. budowa autostrad), powstaje problem oceny kryteriów. W obu wypadkach zespół formułujący kryteria przetargowe musi rozwiązać problem, *które kryterium jest ważniejsze* lub *na ile jest ważniejsze*. Czyli musi określić ich wzajemne relacje.

Autorzy proponują metodę porównania parami do określenia końcowych wag kryteriów, które występują w przetargach autostradowych, na podstawie względnych relacji pomiędzy kryteriami. W artykule przedstawiono, w skróconej formie, teoretyczne podstawy prezentowanej metody, a na podstawie przykładu pokazano jej możliwe praktyczne zastosowanie. Zaprezentowano również odpowiednie oprogramowanie komputerowe umożliwiające poprawianie własnych ocen.

Czy istnieje łatwy sposób oceny kryteriów przetargowych?

Problemy oceny nie są nowe. Mają głębokie korzenie w nowoczesnym zrozumieniu systemów pomiarów. Jednym z większych osiągnięć naszej cywilizacji technicznej jest standaryzacja. Trzeba przyznać rację, że bez standaryzacji szybki rozwój techniczny nie byłby możliwy. Standaryzację należy rozważać jako problem rozumiany w szerokim sensie koncepcyjnym. W wypadku *śrub i nakrętek* (bez których nowe wyroby i części zapasowe byłyby bardziej kosztowne) tym pojęciem jest standardowy gwint.

Obecnie stosujemy standardy w takim zakresie, że często zapominamy o innych możliwościach. Problem polega na tym, że często zakładamy, mamy jakiś standardowy miernik do prawie wszystkiego! Nikt nie kwestionuje praktyczności miary długości (tj. metra lub stopy) lub wagi (kilograma lub funta), lecz niewątpliwie łatwiej wyrażać opinię przez porównanie. Stwierdzenie takie, jak A jest dłuższe niż B (lub A jest cięższe niż B) są co prawda mniej precyzyjne niż długość A wynosi 2,5 m, a długość B wynosi 1,5 m (lub A waży 17 kg, a B waży 9 kg), lecz są bardziej naturalne i łatwiejsze do sformułowania. Co ciekawsze, w obu wypadkach stosujemy porównanie parami! W jaki sposób? Otóż – stwierdzenie, że długość A wynosi 2,5 m jest skutkiem stwierdzenia, że w wyniku porównania A do jednego metra otrzymujemy mnożnik 2,5.

Stosowanie porównań parami jest naturalne i nie musi być niedokładne. Przyzwyczailiśmy się do istnienia standardów tak dalece, że niekiedy jest nam trudno wyobrazić sobie sytuację, w której nie istnieje standardowa miara. *W sytuacji, gdy oszacowanie wszystkiego jest trudne, użyj metody porównania parami.* Dobrym przykładem braku standardowej jednostki miary jest ocena walorów estetycznych realizowanego obiektu inżynierskiego. Dotyczy to zarówno samego obiektu, jak i jego kompozycji z otoczeniem. Opisywana metoda oczywiście pozwala na eleganckie rozwiązanie obu problemów.

Podstawowe pojęcia metody porównania parami

Metodologia porównania parami (po raz pierwszy udokumentowana przez *Thurstone'a* w 1927 r. [15]) może być z powodzeniem zastosowana jako miarodajna podstawa teoretyczna do oceny kryteriów przetargowych w budowie autostrad.

Praktyczną i teoretyczną zaletą metodologii porównania parami jest jej prostota. Celem porównywania parami jest ustalenie względnej preferencji jednego z dwóch kryteriów w sytuacjach, w których jest niepraktyczne (lub czasami nawet bezsensowne) dochodzenie do absolutnych ocen kryteriów. W tym celu ekspert (lub zespół ekspertów) ocenia współczynniki względnych porównań $a_{ij} > 0$, które mają służyć jako aproksymacje ilorazów s_i/s_j nieznanych (lub nawet nieokreślonych) bezwzględnych wartości kryteriów $s_i, s_j > 0$. Ilorazy s_i, s_j są również nazywane niekiedy w literaturze *względnymi wagami*. Współczynniki a_{ij} powinny spełniać pewne naturalne ograniczenia (np. $a_{ii} = 1$, $a_{ij}\, a_{ji} = 1$).

Określmy kwadratową macierz $\mathbf{A}$ (a_{ij}) o wymiarach n na n (poniżej) jako macierz porównywania parami taką, że $a_{ij} > 0$ dla każdego $i,j = 1, \ldots, n$

[1)] Knowledge-based Systems Laboratory, Computer Science, Laurentian University, Ontario, Canada P3E 2C6, e-mail: icci@nickel.laurentian.ca (lub waldemar@ramsey.cs.laurentian.ca).
[2)] Instytut Dróg i Mostów Politechniki Warszawskiej, e-mail: wt@omk.il.pw.edu.pl.

$$\mathbf{A} = \begin{vmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{vmatrix},$$

gdzie a_{ij} jest określoną przez eksperta względną preferencją kryterium s_i w stosunku do s_j.

Macierz porównań parami **A** ma elementy wzajemnie odwrotne (tzn. x oraz $1/x$) względem głównej przekątnej. Wszystkie elementy macierzy muszą spełniać $a_{ij} = 1/a_{ji}$ dla każdego $i, j = 1, ..., n$ (wtedy oczywiście $a_{ii} = 1$ jako odwrotność samego siebie). Macierz porównywania parami **A** nazywa się *zgodną*, jeśli $a_{ik} = a_{ij}a_{jk}$ dla każdego $i, j, k = 1, ..., n$. O ile każda macierz zgodna jest macierzą odwrotną, to przypadek odwrotny na ogół nie zachodzi. Macierze zgodne odzwierciedlają idealną sytuację, w której wszystkie oceny są zgodne (choć niekoniecznie dokładne). Ilorazy $a_{ij} = s_i/s_j$ tworzą macierz porównania parami.

Problem pojawiający się w metodzie porównywania parami jest spowodowany na ogół brakiem zgodności macierzy porównania parami, które spotykamy w praktyce. Dla danej nie w pełni zgodnej macierzy **A** należy znaleźć zgodną macierz **B** (o tym samym wymiarze) tak, aby różnica pomiędzy **A** i **B** była jak najmniejsza (minimalna ze względu na użytą metrykę odległości pomiędzy macierzami; jest nią w większości wypadków metryka *euklidesowa* lub *Czebyszewa*). Jednym z możliwych rozwiązań tego problemu jest propozycja *Saaty'ego* [14]. Niech $\mathbf{s} = (s_1, ..., s_n)$ będzie wektorem własnym macierzy **A** odpowiadającym σ, największej wartości własnej macierzy **A**. Co więcej, wektor **s** można wybrać tak, że będzie miał wszystkie składowe dodatnie.

W jaki sposób możemy znaleźć końcowe wagi? Czy istnieje jakaś teoria, która może nam pomóc? Metoda porównania parami jest odpowiedzią w obu sytuacjach. Każde kryterium ocenia się oddzielnie w tej samej skali od 0 do 5 (zgodnie z ogólnie przyjętą intuicją 0 oznacza ocenę najgorszą, a 5 najlepszą), natomiast odniesienie każdego kryterium do całości oceny oblicza się jako wagę przez porównanie ich parami w skali od 1 do 5 (tabl. 1).

Tablica 1
Skala porównań

Kod	Definicja intensywności lub ważności	Zastosowanie
1	Ważność jednakowa lub nieznana	dwa kryteria wpływają jednakowo na funkcję celu lub brak wiedzy umożliwiający ich porównanie
2	Stała przewaga jednego czynnika nad drugim	doświadczenie i oceny nieco faworyzują jedno kryterium nad drugie
3	Zasadnicza albo duża wartość	doświadczenie i oceny faworyzują jedno kryterium nad drugie
4	Wykazana zdecydowana ważność	kryterium jest mocno faworyzowane, a jego dominacja wykazana w praktyce
5	Absolutna ważność	najwyższy stopień preferowania jednego kryterium nad drugie
2.4 itp.	Oceny pośrednie	gdy jest wymagany kompromis

Przegląd piśmiennictwa i zastosowań

Prace [10, 14, 15] są kluczowymi publikacjami na temat analizy zgodności ocen. Publikacja [10] nie tylko wprowadza nową definicję zgodności, lecz również dostarcza wielu argumentów zachęcających do stosowania metody porównania parami. Na podstawie [7] należy założyć, że analiza zgodności jest bardzo skuteczną techniką zbierania informacji w systemach eksperckich. Praca [15] jest przypuszczalnie pierwszą znaną publikacją na temat porównania parami, a referat [14] należy docenić za wprowadzenie hierarchicznej struktury (proces znany pod nazwą syntezy w analizie systemów) oraz za formalny spis większości koncepcji i definicji w metodzie porównywania parami.

Teoretyczne aspekty metody porównywania parami (mniej istotne dla inżynierów) są wyszczególnione w [5, 8].

Zrozumienie [5] może być trudne bez przeczytania [10]. Jednak żadna z wyżej wymienionych publikacji nie jest niezbędna przy korzystaniu z metody porównywania parami.

Dla inżynierów może być wskazane przestudiowanie niektórych zastosowań wkrótce po przeczytaniu [10] lub może [14]. Praca [9] opisuje (w kategoriach ogólnych), jak można stosować metodę porównania parami wspartą analizą zgodności ocen do przetargów budowlanych. Projekty w skali państwowej, takie jak decyzje o losach elektrowni atomowych w Holandii, są dobrze przedstawione w [11]. Referaty z konferencji [1, 4] odnoszą się do oceny zagrożeń środowiska w prowincji Ontario (można otrzymać je od pierwszego autora po skontaktowaniu się pocztą elektroniczną). Referaty te mogą być trudne do zrozumienia dla tych, którzy nie znają określonej terminologii z dziedziny górnictwa. Natomiast prace [3] oraz [9] są łatwiejsze w czytaniu, lecz o mniejszym znaczeniu.

Referat [12] opisuje inne zastosowanie metody na szczeblu państwowym. Książka [2] przedstawia kilka zastosowań metody porównywania parami i jest zalecana, chociaż była publikowana dosyć dawno.

Zastosowanie metody analizy zgodności ocen do oszacowania kryteriów w przetargach autostradowych

Budowa autostrad ma wiele pozytywnych aspektów (np. rozwój przemysłu budowlanego czy zmniejszenie liczby wypadków), ale ma również aspekty negatywne. W szczególności dotyczy to negatywnego oddziaływania budowanych i eksploatowanych autostrad na środowisko, grunty rolne, leśne oraz dobra kultury.

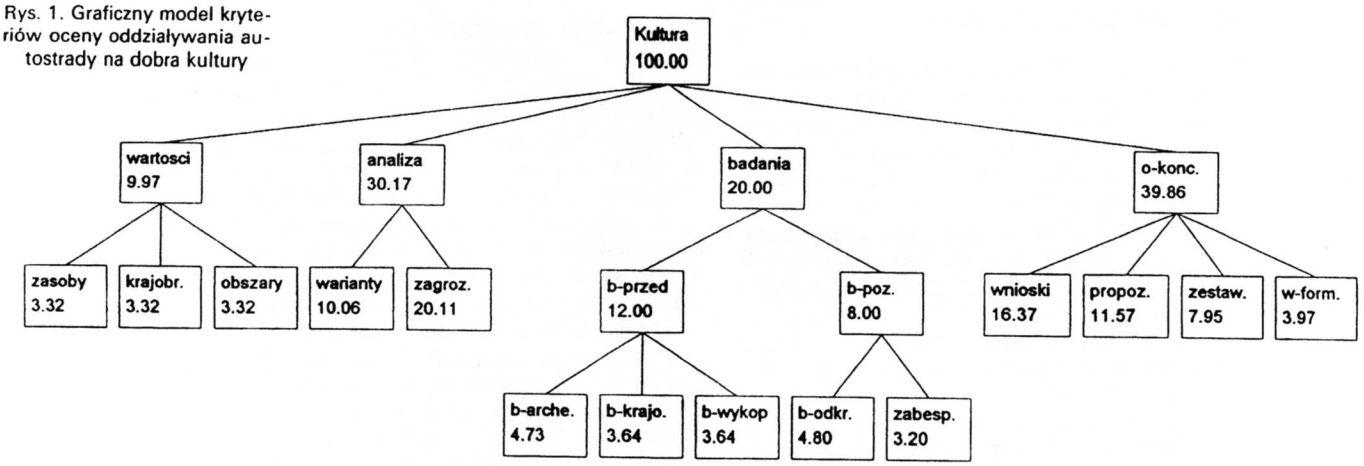
Ustawa o autostradach płatnych [17] określiła, między innymi, tryb i zakres niezbędnych uzgodnień w celu określenia przebiegu trasy autostrad. Natomiast w rozporządzeniu [19] sprecyzowano wymagania, jakim powinny odpowiadać oceny oddziaływania autostrady na środowisko, grunty rolne i leśne oraz dobra kultury objęte ochroną.

W ocenie tak szeroko rozumianej problematyki pojawia się pytanie. W jaki sposób ocenić, co jest ważniejsze: grunty rolne (np. utrata areału zasiewów) czy dobra kultury (np. cmentarzysko sprzed 4 tysięcy lat)?

Metoda porównania parami umożliwia dokonanie takich ocen oraz zwiększa ich precyzję [8]. Prezentowane oceny są jedynie opinią autorów dokonaną w celu zilustrowania metody i jako takie nie pretendują do bezpośredniego użytku (użycie końcowych wag może mieć praktyczny sens jedynie po wprowadzeniu porównań parami przez odpowiednią komisję ekspertów danego problemu). Głównym celem zamieszczonego przykładu jest zaprezentowanie różnych aspektów metody porównania parami. Warto jednak odnotować, że ogłaszający przetarg ma prawo wybrać dowolne kryteria i zaprosić dowolnych ekspertów do określenia ich wzajemnych relacji. Przedstawienie całości problemu zawartego w akcie prawnym [19] nie jest możliwe ze względu na limitowaną objętość niniejszego artykułu. Model z pełnym zestawem kryteriów jest w posiadaniu autorów i może być udostępniony zainteresowanym czytelnikom (o czym wspomniano we wnioskach). Przedstawiono więc tylko rozważania dotyczące oddziaływania autostrady na dobra kultury.

Tablica 2 ilustruje kryteria oceny wraz z przyjętymi skróconymi nazwami, natomiast rys. 1 przedstawia graficzny model analizowanych kryteriów.

Rys. 1. Graficzny model kryteriów oceny oddziaływania autostrady na dobra kultury



Kryteria zamieszczone w tabl. 2 podzielono na 4 główne grupy.

● **Charakterystyka wartości kulturowych (wartości)** – w tej grupie są zawarte kryteria umożliwiające ocenę zasobów i walorów dóbr kultury, krajobrazu kulturowego i obszarów podlegających oraz kwalifikujących się do ochrony.

Analizy i oceny (analiza) – ta grupa kryteriów umożliwia ocenę wariantów przebiegu autostrady, z uwzględnieniem zarejestrowanych dóbr kultury (obiekty archeologiczne, architektoniczne, historyczne, urbanistyczne, etnograficzne) oraz wartości krajobrazu kulturowego. Ponadto, w tej grupie znajdują się kryteria umożliwiające weryfikację sporządzonych analiz i ocen potencjalnych zagrożeń i szkód dla dóbr kultury z ich wskazaniem.

● **Programy prac badawczych (badania)** – w tej grupie znalazły się oceny przyjętych założeń planowanych badań i studiów poprzedzających wydanie pozwolenia na budowę (w tym: uzupełniających archeologicznych badań rozpoznawczych, uzupełniających studiów dotyczących krajobrazu kulturowego, archeologicznych badań wykopaliskowych obiektów narażonych na całkowite zniszczenie). Zawarta tu jest również grupa kryteriów ratowniczych badań obiektów (stanowisk) archeologicznych i historycznych, odkrywanych w fazie prac budowlanych, i programy zabezpieczania istniejących dóbr kultury przed negatywnym oddziaływaniem autostrady.

● **Oceny końcowe (o-konc.)** – zgrupowano tu kryteria odnoszące się do wniosków zmian przebiegu autostrady (v Jniesieniu do wybranych jej odcinków), propozycji przedsięwzięć ograniczających niekorzystne oddziaływanie budowy i eksploatacji autostrady na objęte ochroną dobra kultury. Umieszczono tu również syntetyczne zestawienie dóbr kultury objętych ochroną oraz kryterium oceny wymagań formalnych (mapy, opisy itp.).

W celu przybliżenia przyjętych porównań omówiono kryteria z grupy **o-konc.** (kryterium – Oceny końcowe). Ta grupa kryteriów ocenia między innymi przedstawione wnioski, propozycje, zestawienia oraz spełnienie wymogów formalnych.

Rysunek 2 zawiera macierz względnych porównań (po analizie zgodności ocen). Zastosowano skalę z tabl. 1. W przedstawionym wypadku największą wagę przyłożono do kryterium *wnioski,* które jest kwintesencją całego opracowania. Oceniono ją z wagą 1,5 w porównaniu do *propoz.* (propozycje przedsięwzięć ograniczających niekorzystne oddziaływanie autostrady na dobra kultury).

Przyjęto, że *zestaw.* (syntetyczne zestawienie dóbr kultury) jest mniej ważne w porównaniu z dwoma poprzednimi kryteriami. Natomiast ważność kryterium *wnioski* w stosunku do *zestaw.* została ustalona na 2, co odpowiada w tabl. 1 określeniu *niewielka waga jednego kryterium w stosunku do drugiego.* Kryterium *propoz.* względem *zestaw.* zostało określone na 1,5 (jako ocena kompromisowa pomiędzy 1 i 2). Ostatnim kryterium w grupie **o-konc.** jest *w-form.* (wymagania formalne). Jest ono związane ze spełnieniem wszystkich wymagań formalnych przedkładanego opracowania i dlatego jego ważność jest mniejsza – wszystkie opracowania powinny spełniać określone minimum – w przeciwnym wypadku opracowanie byłoby odrzucone. *Wnioski* są dużo ważniejsze niż *w-form.* (co odpowiada w tabl. 1 poziomowi 4). *Propoz.* w stosunku do *w-form.* ustalono na 3, a *zestaw.* zostało ocenione jako bardziej ważne niż *w-form.,* co zostało uwzględnione przez współczynnik 2 w ostatniej kolumnie trzeciego wiersza.

Jedynki wydrukowane tłustym drukiem na głównej przekątnej są dowolnymi wartościami, ponieważ reprezentują względny stosunek jakiegoś kryterium do samego siebie. Wartości poniżej głównej przekątnej nie muszą być wpisane przez użytkownika. Są one odwrotnościami odpowiednich wartości w górnym trójkącie macierzy (patrz macierz **A** w rozdziale 3).

Tablica 2
Kryteria ocen przyjęte w przykładzie

Oddziaływanie autostrady na dobra kultury (*kultura*)
Charakterystyka wartości kulturowych (*wartości*)
Zasoby i walory dóbr kultury (*zasoby*)
Krajobraz kulturowy (*krajobr.*)
Obszary kwalifikowane do ochrony (*obszary*)
Analizy i oceny (*analiza*)
Analiza wariantów trasy (*warianty*)
Analiza i ocena zagrożeń oraz szkód (*zagroz.*)
Programy prac badawczych (*badania*)
Programy badawcze poprzedzające (*b-przed.*)
Rozpoznawcze badania archeologiczne (*b-arche.*)
Badania krajobrazu kulturowego (*b-krajo.*)
Archeologiczne badania wykopaliskowe (*b-wykop.*)
Pozostałe programy badań (*b-poz.*)
Ratownicze badania obiektów (*b-odkr.*)
Program zabezpieczenia podczas eksploatacji (*zabezp.*)
Oceny końcowe (*o-konc.*)
Wnioski zmiany trasy (*wnioski*)
Propozycje przedsięwzięć (*propoz.*)
Syntetyczne zestawienie (*zestaw.*)
Wymogi formalne (*w-form.*)

	Wnioski	Propoz.	Zestaw.	W-form.
Wnioski	**1,00**	1,50	2,00	4,00
Propoz.		**1,00**	1,50	3,00
Zestaw.			**1,00**	2,00
W-form.				**1,00**

Rys. 2. Względna ocena grupy kryteriów, nazwana **o-konc.**

Analiza zgodności ocen

Uważny czytelnik może być zaciekawiony (jeśli nie skłonny do podejrzliwości), w jaki sposób uzyskano takie wartości, jak 1,50 czy 2,00 jako relatywne oceny. W rzeczywistości ich wartości początkowe były inne. Wartości te zostały uściślone w wyniku analizy zgodności ocen, a końcowe wagi obliczone za pomocą programu. Należy zauważyć, że oceny względne niewymiernych kryteriów (jak np. *propozycje przedsięwzięć*) odzwierciedlają nie tylko niedokładną lub nieprecyzyjną wiedzę, lecz również niezgodność w naszych własnych ocenach. Poprawianie dokładności wiedzy przez sprawdzanie niezgodności ocen ekspertów (zwane również *podejściem wymuszania zgodności ocen*) jest nie tylko pożądane, lecz często konieczne.

W praktyce niezgodność ocen jest nie do uniknięcia, gdy co najmniej trzy czynniki są niezależnie porównywane każdy z każdym. Jeśli np. przyjrzymy się początkowym ilorazom pierwszych trzech kryteriów na rys. 3a: *wnioski* (przyjęto jako *A*), *propoz.* (przyjęto jako *B*), *zestaw.* (przyjęto jako *C*) i *w-form.* (przyjęto jako *D*), to początkowa ocena *A* w stosunku do *B* była 2; *B* do *C* była również *2*. Można tu zauważyć problem, ponieważ iloraz *A* do *C* był również 2. Jest to dosyć częsty wypadek, z którym niechcący się spotykamy i *wszystko wydaje się ważne*.

Powyższe rozumowanie może zilustrować konieczność analizy zgodności ocen. Z ilorazów $A/B = 2$ i $B/C = 2$ możemy wnioskować, że $A/C = 2 \cdot 2 = 4$. Jednak przyjmując, że $C/A = 2$ i $B/C = 2$ wnioskujemy, że $A/B = 1$, co jest różne od naszych początkowych ocen. Faktycznie nie wiemy, która ocena była nieprawdziwa. W szczególności (wypadek, który często występuje w praktyce) każde nasze początkowe oceny mogą być (i zwykle są) *trochę niedokładne*.

a)

	A	B	C	D
A	1,00	2,00	2,00	4,00
B		1,00	2,00	2,50
C			1,00	2,00
wz=0,50 D				1,00

c)

	A	B	C	D
A	1,00	1,50	2,00	4,00
B		1,00	1,50	2,50
C			1,00	2,00
wz=0,17 D				1,00

b)

	A	B	C	D
A	1,00	1,50	2,00	4,00
B		1,00	2,00	2,50
C			1,00	2,00
wz=0,38 D				1,00

d)

	A	B	C	D
A	1,00	1,50	2,00	4,00
B		1,00	1,50	3,00
C			1,00	2,00
wz=0,11 D				1,00

Rys. 3. Macierze względnych porównań w kolejnych etapach analizy zgodności ocen

Wskaźnik zgodności (wz) jest raczej duży, bo wynosi w tym wypadku 0,50 na podstawie definicji $\min(|1 - 2/(2 \cdot 2)|$ i $|1 - (2 - (2 \cdot 2))/4|)$. Wszystkie trzy oceny powinny zostać ponownie rozpatrzone, zanim otrzymamy końcowe obliczenia (np. wagi), ponieważ nie jesteśmy w stanie stwierdzić, który iloraz jest błędny. Szczegóły związane z analizą zgodności ocen są opisane w [10].

W rozważanym wypadku (rys. 3b) stosunek A/B został skorygowany (w naszym wypadku arbitralnie – w praktyce dzieje się to po powtórnym przestudiowaniu problemu). Nowa najbardziej niezgodna triada ocen (2, 2,5; 2) została obliczona programem, ze wskaźnikiem zgodności 0,38 (najbardziej niezgodne triady liczb znajdują się w ramkach na szarym tle). Poprawa oceny $B/C = 2$ na 1,5 (rys. 3c) powoduje kolejne zmniejszenie wskaźnika zgodności do 0,17 dla triady (1,5; 2,5; 2), którą jeszcze korygujemy w wyniku zmiany $B/D = 2{,}5$ na 3 (rys. 3d) otrzymując wskaźnik zgodności ocen 0,11. W praktyce wskaźnik zgodności lepszy niż 0,33 (w naszym przykładzie po drugiej poprawce) gwarantuje dostateczną dokładność końcowej wagi w większości praktycznych zastosowań. Odchylenie wskaźnika zgodności 0,33 występuje, gdy jedna z ocen uwiązanych w triadzie *odstaje* od wartości dającej wskaźnik zgodności 0 tylko o jeden stopień (w skali 1 do 5 lub jej odwrotności). Zachodzi to w wypadku (2, 4, 3), ponieważ najbliższa jej w pełni zgodna triada to (2, 4, 2).

Wszystkie powyższe obliczenia (włączając końcowe wagi) są wykonywane automatycznie za pomocą programu. Pomimo to stosowanie wymuszania zgodności ocen może wydawać się skomplikowane na pierwszy rzut oka. Najbardziej nurtującym problemem wydaje się (dość znana w innych wypadkach) kwestia *od czego zacząć?*

Przypisanie wag wszystkim cechom wydaje się być najodpowiedniejszym posunięciem. Możemy więc przyjąć $A = 40$, $B = 30$, $C = 20$, $D = 10$, po czym wydzielić je i wstawić jako wstępne wagi (dając: $A/B = 1{,}33$, $A/C = 2$, $B/C = 1{,}5$ itp.), które należy uważnie przeanalizować. W zasadzie moglibyśmy poprzestać na tym etapie, jednak po dokładnym przyjrzeniu się macierzy możemy często być zaskoczeni swoimi ocenami. Nic też dziwnego, że większość ekspertów niemalże zawsze będzie skuszona, aby je poprawić, choć te ilorazy powstały w wyniku wydzielenia ich własnych wag! To z kolei prawie zawsze doprowadzi do niezgodności w ocenach, a następnie ich poprawy.

Wstępne wagi ($A = 40$, $B = 30$, $C = 20$, $D = 10$) mogą się wydawać *dostatecznie dokładne*. Niestety, eksperymenty statystyczne opisane w [7] wyraźnie wskazują (na podstawie losowo generowanych odcinków) na poprawę ocen za pomocą porównywania parami o 300% (o czym wspomniano we wnioskach).

Wnioski

Niniejszy artykuł prezentuje podstawy teoretyczne oraz przykład zastosowania teorii do budowy modelu oceny kryteriów w przetargach autostradowych. Przykład pokazuje, jak można otrzymać końcowe wagi, stosując metodę porównania parami, ale nie pretenduje do tego, aby być gotowym przepisem do budowania takiego modelu. Należy podkreślić, że model kryteriów przetargowych może być konstruowany na wiele różnych sposobów. Jednak każdy z nich powinien zawierać czynniki mierzalne i niemierzalne.

Prezentowane podejście pozwala na szybkie i dokładniejsze utworzenie rozbudowanej listy kryteriów z oszacowaniem wektora wag. Publikacja [7] pokazuje, że ocenianie parami poprawia dokładność z 15 na 5% (a więc poprawa względna o 300%!) w przypadku losowo generowanych odcinków. Analiza zgodności oszacowań i ich poprawianie jest oprogramowana i jej używanie jest wysoce zautomatyzowane (poprawki można nanosić myszą lub użyć klawiatury).

Metoda porównywania parami jest narzędziem, którego może używać każdy inżynier i projektant, szczególnie jeśli jest dostępna na komputerze osobistym. Jest to elastyczne i wydajne narzędzie do oceny skomplikowanych modeli i należy się spodziewać, że będzie miało coraz więcej zastosowań w przyszłości.

Przedstawione wyniki otrzymano przy użyciu programu komputerowego *The Concluder* i są dostępne (razem z przedstawionymi modelami) zainteresowanym czytelnikom u autorów po uprzednim zapotrzebowaniu pocztą elektroniczną.

The Concluder pracuje na PC pod systemem MS Windows (wersje 3.1 i '95) i nie wymaga żadnej szczególnej wiedzy matematycznej.

PIŚMIENNICTWO

[1] *Bolger P.M., Duszak Z., Koczkodaj W.W., Mackasey W.O.:* Ontario Abandoned Mine Hazards Prioritizing – an Expert System Approach. In: Preceedings of the 15th Annual Abandoned Mine Land Conference, Jackson, Wyoming, September 13–15, 1993.

[2] *Ching-Lai H., Kwangsun Y.:* Multiply Attribute Decision Making. Methods and Applications. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 1981.

[3] *Duszak Z., Koczkodaj W.W.:* A Consistency – driven Approach to the CD-ROM Selection, Library Software Review, Vol. 13, No. 4/1994.

[4] *Duszak Z., Koczkodaj W.W., Mackasey W.O.:* Towards Better Abandoned Mine Hazard Prioritizing – An Expert System Approach, in The Challenge of Integrating Diverse Perspectives in Reclamation. Proceedings of the 10th National Meeting of ASSMR, Spokane, Washington 1993.

[5] *Duszak Z., Koczkodaj W.W.:* The Generalization of a New Definition of Consistency for Pairwise Comparisons, Information Processing Letters, Vol. 52, 1994.

[6] *Grzeszczyk T.:* Podręcznik zamówień publicznych. Polskie procedury. Zarys systemu. Biblioteka menagera i bankowca, Warszawa 1995.

[7] *Herman M., Koczkodaj W.W.:* Monte Carlo study of pairwise comparisons. Information Processing Letters, 57 (1996).

[8] *Jensen R.E.:* An Alternative Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, Journal of Mathematical Psychology, vol. 28, 1984.

[9] *Koczkodaj W.W., Trochymiak W.:* An Expert System for Construction Tendering Process. Proceedings of the Third Biennal European Joint Conference on Engineering Systems Design and Analysis. ESDA '96. The American Society of Mechanical Engineers, 1996.

[10] *Koczkodaj W.W.:* A New Definition of Consistency of Pairwise Comparisons. Mathematical and Computer Modelling, 18(7), 1993.

[11] *Nijkamp P., Rietvield P., Voogd H.:* Multicriteria Evaluation in Physical Planning, North-Holland, Amsterdam, 1990.

[12] *Saaty T.L.:* The Sudan Transport Study. Interfaces, Vol. 8, No. 1/1977.

[13] *Voogd H.:* Multicriteria Evaluation for Urban and regional Planning. Pion Ltd., London, 1983.

[14] *Saaty T.L.:* A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structure. Journal of Mathematical Psychology, Vol. 15, 1977.

[15] *Thurstone L.L.:* A Law of Comparative Judgments, Psychological Reviews, Vol. 34, 1927.

[16] Ustawa z dnia 10 czerwca 1994 roku o zamówieniach publicznych. Dziennik Ustaw nr 76, poz. 344.

[17] Ustawa z dnia 27 października 1994 r. o autostradach płatnych. Dziennik Ustaw nr 127, poz. 627.

[18] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 12 maja 1995 r. w sprawie szczegółowych zasad postępowania przetargowego na udzielanie koncesji na budowę i eksploatację autostrad płatnych. Dziennik Ustaw nr 58, poz. 306.

[19] Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 5 czerwca 1995 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać oceny oddziaływania autostrady na środowisko, grunty rolne i leśne oraz na dobra kultury objęte ochroną. Dziennik Ustaw nr 64, poz. 332.

Dr inż. MARIA KASZYŃSKA
Politechnika Szczecińska
Prof. dr hab. inż. ROMAN CIESIELSKI
Politechnika Krakowska

KONFERENCJE NAUKOWE

Konferencja Naukowo-Techniczna „Awarie budowlane '96"

Dane organizacyjne i opis przebiegu konferencji

N dniach 22÷25 maja 1996 r. odbyła się w Międzyzdrojach kolejna Konferencja Naukowo-Techniczna **„Awarie budowlane '96"**, zorganizowana przez Wydział Budownictwa i Architektury Politechniki Szczecińskiej, obchodzącej w 1996 roku jubileusz 50-lecia.

Współorganizatorami konferencji byli Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa oraz Instytut Techniki Budowlanej w Warszawie. Konferencja odbywała się pod patronatem Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB, przy współudziale Ministerstwa Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa, Głównego Urzędu Nadzoru Budowlanego i Komitetu Badań Naukowych.

W konferencji udział wzięło 458 uczestników reprezentujących:

– wyższe uczelnie	47,2%,
– firmy consultingowe i wykonawstwo	22,1%,
– biura projektów	15,7%,
– nadzór budowlany, urzędy i administrację	5,2%,
– instytuty naukowe	4,6%,
– inne jednostki	5,2%.

Konferencja składała się z sesji problemowych, w których były prezentowane referaty zamówione przez organizatorów, oraz z sesji tematycznych obejmujących referaty zgłoszone przez uczestników i zakwalifikowane przez Komitet Naukowy Konferencji. Obrady części problemowej były prowadzone w trzech sesjach.

Prezydium podczas otwarcia konferencji „Awarie budowlane '96"

W sesji I pt. „Jakość w budownictwie", której przewodniczyli prof. *Józef Głomb* i doc. *Olgierd Korycki*, przedstawiono 4 referaty problemowe. Doc. *Stanisław Wierzbicki* wygłosił referat pt. „System zapewnienia jakości czynnikiem zapobiegania awariom budowlanym". Mgr *Wanda Brodowska* ze Szczecińskiego Przedsiębiorstwa Budownictwa Przemysłowego ESPEBEPE-Holding S.A. omówiła