

METODA PORÓWNYWANIA PARAMI I JEJ POTENCJALNE ZASTOSOWANIA W MOSTOWNICTWIE¹

Karol BUCHOLC, Wojciech TROCHYMIAK
Politechnika Warszawska

Referat przedstawia skrótoowo metodę porównywania parami, z zastosowaniem programu Concluser, współczesnego narzędzia do analizy *PC*, rozwijanego przez profesora Waldemara Koczkodaję. Referat dotyczy jednej z funkcji systemu eksperckiego, opartej na opiniach grupy znających materię fachowców, którzy jednak nie zawsze są zgodni w swoich sądach. Opinie te należy zebrać celem uzyskania materiału badawczego. Każdy taki zespół może mieć inne zdanie i może analizować problem inaczej, choć zakładamy, że nie znacząco różny w najważniejszych zagadnieniach, choć i z tym można sobie poradzić powołując kilka zespołów. Po „uzgodnieniu” tych opinii można uzyskać interesujące nas kryteria w formie zapisu liczbowego. Referat zawiera przykład analizy wielu kryteriów przetargowych, w którym cena nie jest jedynym kryterium. Stanowi także próbę ożywienia dyskusji na temat doboru, ważności i wzajemnych uwarunkowań kryteriów przetargowych stosowanych w przetargach infrastrukturalnych, w szczególności w przetargach, w których mogą wystąpić kryteria niejednoznaczne i trudno porównywalne. W podsumowaniu odniesiono się również do kierunku dalszych prac.

Słowa kluczowe: metoda porównania parami, kryteria przetargowe, program Concluser, systemy ekspertowe.

1. WPROWADZENIE

W życiu często mamy do czynienia z wyborem wielokryterialnym (wieloma kryteriami wyboru). Na przykład dotyczy to zastosowania do wielorakich problemów oceny w budownictwie, w szczególności budownictwie infrastrukturalnym. Jaką metodą, według jakich kryteriów wybrać najlepsze rozwiązanie? Jak dobrać kryteria przetargu? Które kryterium jest ważniejsze lub na ile jest ważniejsze? Przy czym nie zawsze kryteria są ściśle zdefiniowane. Przykładowo – wagi kryteriów przetargowych. Czy cena powinna stanowić 60%, a pozostałe kryteria resztę, czy też 50% lub zdecydowanie jeszcze inaczej? Który most remontować jako pierwszy, jeśli dysponujemy ograniczonym budżetem i wieloma

¹ DOI 10.21008/j.1897-4007.2018.26.04

czynnikami (kryteriami) wpływającymi na podjęcie decyzji? Odpowiedzi, wyrażonej w postaci matematycznej możemy poszukiwać stosując znaną w świecie, w tym i budownictwie metodę porównywania parami (*ang. pairwise comparison* – w skrócie *PC*, lub *consistency-driven pairwise comparisons method - CDPC*).

2. SYSTEMY EKSPERTOWE

Wszędzie tam, gdzie kryteria nie są jednoznaczne z definicji, bo nie można ich zmierzyć, np. piękno mostu, lub trudno je ocenić z różnych powodów, ponieważ nie dysponujemy pełnymi informacjami o obiekcie (np. trudny do oceny stan techniczny) pomocne mogą być systemy ekspertowe.

Założenia systemów eksperckich przedstawiają autorzy pracy [1] powołując się na pracę [2], w szczególności są to:

- wariantowanie decyzji przy niepełnej informacji, problemy wieloznaczne, czyli opisowe lub wynikające z informacji sprzecznych – słowem: słabo ustrukturalizowane,
- „praca z użytkownikiem w systemie dialogowym”, dziś powiedzielibyśmy – interaktywność systemu, oczywiście z przyjaznym (*user-friendly*) interfejsem.

Warunkiem tego jest „szeroki” dostęp takiego systemu do baz wiedzy. Dziś w ogólnym sensie tę rolę pełni Internet, ale taki system mógłby też dzięki niemu kontaktować się z dedykowanymi bazami na całym świecie lub choćby w Polsce (np. w zakresie systemu utrzymania mostów), co też pośrednio zakłada pewną standaryzację danych – dane muszą być „zrozumiałe” dla systemu.

Według klasycznych definicji [1, 2] każdy system ekspertowy (ekspercki) składa się zasadniczo z trzech modułów:

- bazy wiedzy (pamięci długoterminowej),
- procedury wnioskowania (mechanizmu wnioskowania lub kontroli),
- pamięci dynamicznej (krótkoterminowej),

oraz trzech dodatkowych czynników, które okazały się bardzo ważne przy osiągnięciu bardziej dostępnych i trwałych systemów takich jak: możliwość poszerzenia wiedzy, ułatwienie dotyczące wyjaśnień, oraz interfejs użytkownika.

Podobne elementy wymienia Wikipedia pod hasłem „System ekspertowy”. Sednem lub „mózgiem” systemu są procedury wnioskowania, w których „doświadczenie ekspertów zostaje wymodelowane i sformalizowane w programie komputerowym, gdzie wiedza na temat danej dziedziny zostaje syntetyzowana, testowana i udostępniona większej liczbie użytkowników”.

Przykładem zastosowania w polskim mostownictwie są prace [10, 11, 12, 13] dotyczące m.in. wdrożenia funkcji ekspertowej FEST (Funkcja Ekspertowa Stanu Technicznego) w Systemie Zarządzania Mostami Kolejowymi SMOK opisanym w [10,11]. Podobnym systemem zarządzania infrastrukturą mostową jest SZOK – System Zarządzania Obiektami Komunikacyjnymi.

Rozwój systemów ekspertowych jest obecnie intensywny i znajduje liczne zastosowania w wielu dziedzinach życia, czasem tworząc zaskakujące połączenia wiedzy z różnych, wydawałoby się, obszarów, takich jak mosty i medycyna [14]. W tabelicy 1 wyszczególniono podział systemów zarządzania obiektami mostowymi na pięć generacji wynikający z ich rozwoju [12,13]. Obecnie jesteśmy na etapie drugiej i niekiedy trzeciej generacji, ale oczekujemy, że intensywne prace badawczo-rozwojowe umożliwią pojawienie się kolejnych generacji.

Tablica 1. Generacje systemów wspomaganych komputerowo [13]

Generacja systemów	Wykorzystane technologie				
	Bazy danych	Procedury decyzyjne	Bazy wiedzy i systemy ekspertowe	Systemy uczące się	Sterowanie parametrami konstrukcji
I	•				
II	•	•			
III	•	•	•		
IV	•	•	•	•	
V	•	•	•	•	•

Przydatności zastosowania komputerów w mostownictwie dziś nikt nie kwestionuje, a wręcz są one niezbędne i żaden inżynier nie potrafi sobie wyobrazić pracy bez komputera. Jednakże oprócz coraz nowszych generacji oprogramowania i sprzętu komputerowego istnieje konieczność przechowywania danych – formatów plików cyfrowych, a także fizycznych możliwości sprzętowych w sensie kompatybilności, np. dziś starych dysków nie podłączymy do nowego sprzętu. Dane w odpowiednim czasie wymagają transformacji do nowego systemu, na nowy nośnik danych albo praktycznie staną się bezużyteczne.

Nie zmieni się tylko sedno – procedura wnioskowania. W systemach opartych na algorytmie, musi istnieć właściwy algorytm, a w systemie eksperckim – należy zaimplementować wiedzę ekspertów, czyli ludzi z dużym doświadczeniem za pomocą odpowiedniego narzędzia. To coś jest „wewnętrzne” w stosunku do „zewnętrznych” możliwości obliczeniowych. Sprawdzone algorytmy nie starzeją się, w przeciwieństwie do sprzętu. Zatem zrozumienie i rozwój teoretyczny metod ma tu kluczowe znaczenie, większe, niż obsługujący je system, czy język programowania.

3. METODA PC

Jedną z uniwersalnych metod jest metoda porównywania parami (PC), która umożliwia „ująć” niezbyt precyzyjne opinie, czy oceny słowne i wyrazić je za pomocą „chłodnych cyfr”. Umożliwia ona także zebrać i uporządkować wiedzę

ekspertów w hierarchiczny system kryteriów z określoną miarą, a w oparciu o wyniki liczbowe podejmować decyzje z większą precyzją [3].

Metoda PC została szczegółowo przedstawiona i opisana w wielu publikacjach, choćby w pracy o znaczeniu historycznym, jak praca Thurstone'a z 1927 r. [18] czy pracach [3, 8, 17]. Można też znaleźć wiele prac naukowych dotyczących tej metody w zastosowaniu do innych dziedzin. W artykule przytoczono tylko główne założenia i skrótowy opis metody PC.

Sama metoda jest bardzo prosta. Stosowana jest w sytuacji, kiedy niekoniecznie interesuje nas bezwzględne kryterium oceny, a wystarczy tylko wybranie jednej z dwóch porównywanych kryteriów (cech, atrybutów), oczywiście kryteriów może być więcej. Celem porównania parami jest ustalenie względnej preferencji jednego z dwóch porównywanych kryteriów w sytuacjach, w których jest niepraktyczne dochodzenie do absolutnych ocen kryteriów. Każde kryterium ocenia się oddzielnie w tej samej skali od 0 do 5 (0 - ocena najgorsza, 5- ocena najlepsza), natomiast odniesienie każdego kryterium do całości oceny oblicza się jako wagę przez porównanie ich parami w skali od 1 do 5 (tablica 2).

Tablica 2. Skala porównań [3]

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	Doświadczenia i oceny nieco faworyzują jedno kryterium nad drugie
3	Zasadnicza albo duża wartość	Doświadczenie i oceny faworyzują jedno kryterium nad drugie
4	Wykazana zdecydowana wartość	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

Należy jednak zaznaczyć, że docelowo interesuje nas decyzja np. którą ofertę przetargową wybrać jako najkorzystniejszą lub który most remontować jako pierwszy (po ustaleniu końcowych wag kryteriów).

Podczas porównywania pary kryteriów (cech, atrybutów) [8, 17] ekspert lub cały zespół ocenia względne współczynniki porównań $a_{ij} > 0$, jak się ma przykładowo rozpatrywana cecha i do cechy j . Współczynnik a_{ij} jest aproksymacją nieraz nieznanymi ilorazów cech $s_i/s_j > 0$ bezwzględnych wartości kryteriów. Ilorazy s_i, s_j nazywamy względnymi wagami. Interesuje nas określenie ile razy cecha „ i ” jest dla nas ważniejsza, niż „ j ”, przy czym zachodzi związek $a_{ij} = 1/a_{ji}$, można

zauważyć także, że $a_{ii}=1$. Oczywiście wszystko dla $i,j=1,\dots,n$. W ten sposób tworzymy macierz porównań $A (a_{ij})$ o wymiarach $n \times n$, która ma elementy wzajemnie odwrotne względem głównej przekątnej. Macierz A nazywamy zgodną, jeśli $a_{ik}=a_{ij} \cdot a_{jk}$ dla każdego $i,j,k=1,\dots,n$. Jest to przypadek idealny, kiedy wszystkie oceny ekspertów są zgodne. Na ogół tak nie jest i należy osobno rozważyć matematyczny problem niezgodności, znaleźć macierz B do nie w pełni zgodnej macierzy A , tak, aby odległość A i B w określonej metryce (euklidesowej lub Czebyszewa) była jak najmniejsza. Cały ten proces można zautomatyzować i znaleźć odpowiednie wagi – np. za pomocą programu Concluder [7], który wyszukuje i poprawia niezgodne triady współczynników.

Wszystko zatem opiera się na opiniach ekspertów, którzy jednak nie zawsze są zgodni w swoich sądach. Opinie te, odpowiednie kryteria i wagi, należy zebrać celem uzyskania materiału badawczego i wprowadzić do programu Concluder (rys. 1). Każdy taki zespół może mieć inne zdanie i może analizować problem inaczej, choć zakładamy, że nie znacząco różny w najważniejszych zagadnieniach. Po „uzgodnieniu” tych opinii za pomocą programu możemy uzyskać interesujące nas wagi kryteriów w postaci liczb.

Metoda PC znajduje szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach życia w analizie różnych zagadnień. Jednym z nich może być zastosowanie do oszacowania wartości przedmiotów, np. ciągnika rolniczego podanego w pracy [15] lub wartości nieruchomości, gdzie Rozporządzenie RM [16] wprost nakazuje stosować podejście porównawcze, stąd na rynku nieruchomości jest powszechnie stosowane. Stale jest rozwijany aparat matematyczny metody, a sama metoda jest z powodzeniem stosowana nawet w takich obszarach jak edukacja, medycyna czy psychologia. Przykłady można mnożyć, a zainteresowanych odsyłamy do literatury dotyczącej „pairwise comparison” publikowanej przez naukowców z całego świata.

4. ZARZĄDZANIE OBIEKTAMI MOSTOWYMI

Metoda PC może być przydatna w zarządzaniu i utrzymaniu infrastruktury, w szczególności obiektów mostowych. Oceny stanu technicznego obiektów mostowych dokonuje się w Polsce poprzez średnią ocenę poszczególnych elementów, jak i całego obiektu. W „Instrukcjach” (dotyczących przeglądów bieżących, podstawowych i rozszerzonych, oraz szczegółowych) są zawarte skale oceny (od 0-awaryjny do 5-odpowiedni) oraz podana metodologia oceny jako najmniejsza z odpowiednich średnich arytmetycznych ocenianych elementów [9]. Ten typ oceny stanu technicznego obiektów mostowych (w ciągach dróg krajowych) został opracowany z inicjatywy GDDKiA, który został zaadoptowany przez innych zarządców dróg, choćby przez warszawski Zarząd Dróg Miejskich (ZDM). Od wielu lat mostowe obiekty kolejowe również podlegają, zgodnie z odpowiednimi instrukcjami, ocenie stanu technicznego.

Przykładowo w warszawskim ZDM od 2000 roku zlecano regularne przeglądy mostów, aby dokonać ich oceny. Klasyfikowano obiekty – wytypowując najgorsze, wymagające natychmiastowego remontu lub wymiany. W ten sposób powstała „czarna lista ZDM” wspomniana w pracy [4]. Obecnie ZDM (jak i inni zarządcy) dysponuje dużą bazą danych wynikającą z wieloletnich przeglądów „swoich” obiektów mostowych. Ale podejmowanie decyzji dotyczących które obiekty remontować, modernizować, wyburzać i zastępować nowymi wymaga uwzględnienia wielu technicznych i nietechnicznych, planowanych i nieplanowanych (awarie) remontów inwestycji czynników (kryteriów).

Zaletą metody PC jest możliwość wspomaganie decyzji utrzymaniowych, poprzez ocenę wzajemnych uwarunkowań utrzymaniowych, które uwzględnią, oprócz stanu technicznego obiektu, także ważność obiektu w sieci drogowej, kolejność remontu obiektów w mieście, możliwość objazdu, koszty społeczne, wybór terminu realizacji robót i inne, ale również dostępne środki finansowe, zasoby ludzkie i sprzętowe. Wymienione uwarunkowania nieraz nie są łatwe do uwzględnienia i wymagają wiedzy ekspertów, aby przyjąć najwłaściwszą strategię utrzymaniową przez daną instytucję.

5. KRYTERIA PRZETARGOWE

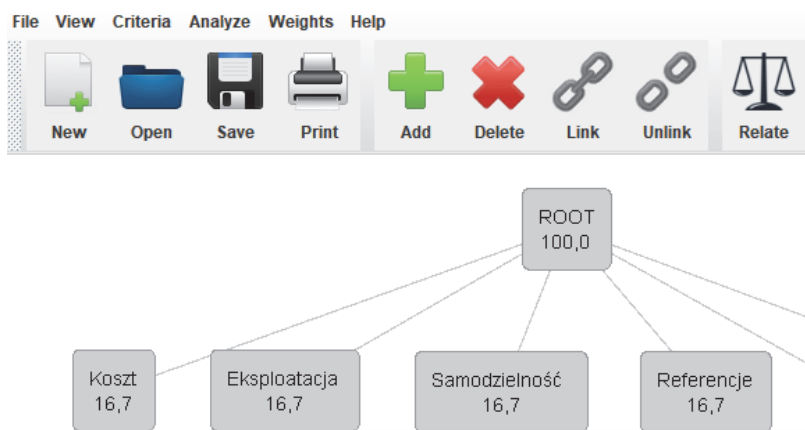
Metodę PC można także zastosować do określenia relacji między kryteriami podczas wyboru najlepszej oferty przetargowej. Jak wiemy z powszechnej praktyki w większości przetargów infrastrukturalnych dominującym kryterium była i jest cena. Chodziłoby o zmianę tej sytuacji w praktyce, poprzez stosowanie również innych kryteriów pozacenowych, do czego zachęcają nowe regulacje prawne. Taka praktyka nie była dotąd powszechnie stosowana, być może także z braku odpowiedniego wsparcia merytorycznego i trudności w przyjęciu większej liczby kryteriów.

Ustawa o zamówieniach publicznych wymienia przykładowe kryteria ocen możliwe do zastosowania. Mogą to być zgodnie z ust.2 art. 91: „*Kryteriami oceny ofert są cena lub koszt albo cena lub koszt i inne kryteria odnoszące się do przedmiotu zamówienia, w szczególności:*

- 1) *jakość, w tym parametry techniczne, właściwości estetyczne i funkcjonalne;*
- 2) *aspekty społeczne, w tym integracja zawodowa i społeczna osób, o których mowa w art. 22 warunki ubiegania się o zamówienie ust. 2, dostępność dla osób niepełnosprawnych lub uwzględnianie potrzeb użytkowników;*
- 3) *aspekty środowiskowe, w tym efektywność energetyczna przedmiotu zamówienia;*
- 4) *aspekty innowacyjne;*
- 5) *organizacja, kwalifikacje zawodowe i doświadczenie osób wyznaczonych do realizacji zamówienia, jeżeli mogą mieć znaczący wpływ na jakość wykonania zamówienia;*

6) *serwis posprzedażny oraz pomoc techniczna, warunki dostawy, takie jak termin dostawy, sposób dostawy oraz czas dostawy lub okres realizacji.*”

Należy jednak podkreślić, że mają one dotyczyć przedmiotu zamówienia, a nie właściwości wykonawcy, z czym współbrzmi treść art. 91 ust. 3 ustawy PZP (z wyjątkiem dot. zakresu ochrony, związanych z konwojowaniem pieniędzy i kosztowności, oraz usług socjalnych - art. 5 ust.1 ustawy PZP) – w szczególności jego wiarygodności ekonomicznej, technicznej lub finansowej. Zastosowanie terminu wykonania zamówienia, w tym przewidziany harmonogram, jako kryterium można jednak uznać za dopuszczalne.



Rys. 1. Przykład graficznej ilustracji kryteriów decyzyjnych – fragment okna startowego program Concluder [7]

Zwróćmy jednak uwagę, że „doświadczenie wykonawcy, czy też posiadanie przez niego znajomości określonej branży, zdobytej w trakcie wykonywania podobnych zamówień” [5] może stanowić warunek w postępowaniu, przy czym wymaga się zachowania zasad uczciwej konkurencji, to znaczy, że może być jednak brane pod uwagę w inny sposób.

Zgodnie z zapisem ust. 8 art. 91 ustawy Prawo zamówień publicznych (PZP), gdzie w drodze rozporządzenia minister właściwy do spraw gospodarki określi te kryteria. Dopóki jeszcze nie są określone w środowisku mostowym powinna toczyć się ożywiona dyskusja celem wybrania najlepszej możliwości.

Przykładowe kryteria przetargowe podano w pracy [6], które zestawiono w tabelicy 3. Jest to propozycja warta zastanowienia. Uważamy jednak, że propozycji powinno być więcej, ponieważ nie są nam znane inne, autorzy podejmą próbę „zmobilizowania środowiska do wypowiedzenia się na ten temat”.

Tablica 3. Kryteria przetargu wielokryterialnego [6]

Lp.	Nazwa kryteriów	Waga [%]
1	Koszt wykonania	15
2	Koszt eksploatacji	15
3	Samodzielne wykonanie	10
4	Liczba referencji	10
5	Okres wykonania	10
6	Okres gwarancji	5
7	Potencjał sprzętowy	5
8	Innowacyjność	5
9	Kwalifikacje zawodowe	5
10	Doświadczenie zawodowe	5
11	Warunki pracy	5
12	Aktywizacja niepełnosprawnych	5
13	Rozwój kadry	5
SUMA:		100

Tablica 4. Kryteria przetargu ograniczone do przedmiotu zamówienia [6]

Lp.	Kryteria/Warunki	Waga [%]
1	Koszt wykonania	20
2	Koszt eksploatacji	20
3	Samodzielne wykonanie *)	15
4	Liczba referencji *)	15
5	Okres wykonania	15
6	Okres gwarancji	15
SUMA:		100
*) Przyjęto, że kryteria odnoszą się do przedmiotu zamówienia wg [6]		

Po ograniczeniu wyszczególnionych w tablicy 3 kryteriów ich liczba zmniejszy się do 6. (tab. 4). Można zadać jednak pytanie – czy jest to najlepsza propozycja? Skąd wiadomo, że proponowane podziały „muszą” być okrągłe? W życiu rzadko kiedy mamy do czynienia z idealnie równymi wartościami – stąd próba dyskusji i przeliczenia ich na nowo z większą liczbą ekspertów, gdzie każdy może mieć swoje zdanie. Pomocne byłoby przeprowadzenie szerszej ankiety w środowisku inżynierów – specjalistów – ekspertów z zakresu budownictwa infrastrukturalnego, w tym inżynierów mostowców, drogowców, kolejarzy itp. W ten sposób eksperci z zakresu infrastruktury komunikacyjnej mogą przyczynić się do rozwiązania postawionego problemu, choć ich opinie nie zawsze muszą być zgodne.

6. PRZYKŁAD

Dyskusję rozwiązań w oparciu o własne kryteria (inne wagi) przedstawiono poniżej. Użyty program Concluder, rozwijany przez Waldemara Koczkodaję [7] służy tu jedynie za narzędzie obliczeniowe. Istotą przeprowadzonego postępowania jest przyjęcie własnych wag kryteriów metodą PC za pomocą zdefiniowania na ile jedno kryterium np. koszt wykonania (cena), jest ważniejsze niż drugie np. gwarancja. Przejęto kryteria zestawione w tablicy 5) za [3] a wagi według skali z tablicy 2.

Tablica 5. Przyjęte kryteria oceny i ich wzajemne porównanie użyte w programie Concluder ważności pierwszego kryterium względem drugiego.

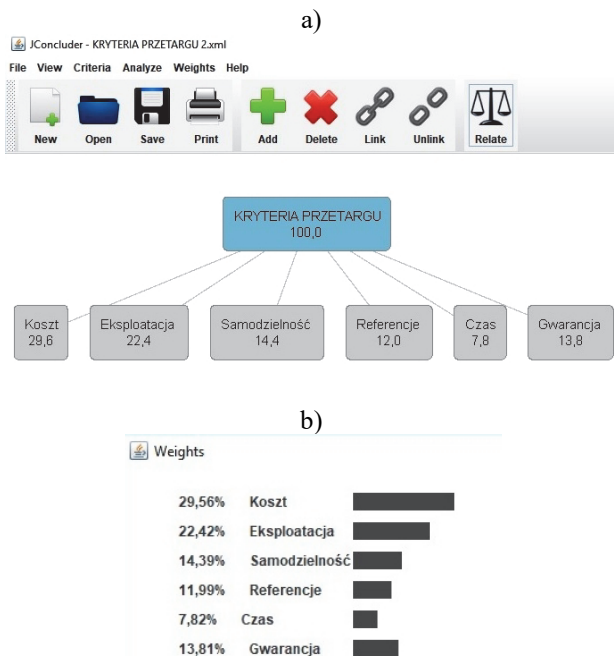
Nazwa kryterium nr 1	Waga	Nazwa kryterium nr 2
Koszt wykonania	1,50	Koszt eksploatacji
Koszt wykonania	1,50	Samodzielne wykonanie
Koszt wykonania	3,00	Liczba referencji
Koszt wykonania	2,00	Okres wykonania
Koszt wykonania	4,00	Okres gwarancji
Koszt eksploatacji	1,40	Samodzielne wykonanie
Koszt eksploatacji	2,45	Liczba referencji
Koszt eksploatacji	1,80	Okres wykonania
Koszt eksploatacji	2,50	Okres gwarancji
Samodzielne wykonanie	1,20	Liczba referencji
Samodzielne wykonanie	1,20	Okres wykonania
Samodzielne wykonanie	1,05	Okres gwarancji
Liczba referencji	2,50	Okres wykonania
Liczba referencji	0,85	Okres gwarancji
Okres wykonania	0,20	Okres gwarancji

Wyjaśnienie do tablicy 5: przykładowo na pozycji pierwszej są porównywane dwa kryteria: *Koszt wykonania* i *Koszt eksploatacji*. Jeśli uważamy, że *Koszt wykonania* jest nieco ważniejszy, niż *Koszt eksploatacji*, dajemy mu wagę 1,50. Na pozycji ostatniej odwrotnie: *Okres gwarancji* jest najważniejszy wg przyjętego kryterium, niż *Okres wykonania* dlatego dajemy mu wagę 5,00 (absolutna ważność). Stąd *Okres wykonania* to odwrotność tej wagi, czyli 1/5 (patrz punkt 3. METODA PC). Zatem *Okres Wykonania* posiada wagę 0,20 w stosunku do *Okresu gwarancji*.

Po przeprowadzeniu analizy niezgodności – znalezieniu odpowiednich współczynników macierzy, uzyskujemy ostateczny wynik w postaci odpowied-

nich wag kryteriów (rys. 2). Oczywiście zależą one od przyjętych założeń (współczynników macierzy zgodności w tabelicy 5).

Autorzy poczynili pewne założenia dotyczące badanego zagadnienia słuszne wg nich. Inni autorzy mają prawo przyjąć własne kryteria. Powinno tych opinii być jak najwięcej, aby można było zbadać „całą” opinię środowiska inżynierów budownictwa infrastrukturalnego, w tym mostowego, celem przyjęcia jak najlepszej metody realizacji przedmiotu zamówienia.



Rys. 2. Graficzna ilustracji uzyskanych wag za pomocą program Concluder [7];
a) fragment „drzewa kryteriów; b) procentowe i wizualne wagi kryteriów

7. PODSUMOWANIE

W odniesieniu do wyników przytoczonego przykładu (rys. 2) można stwierdzić, że otrzymano inne, „nierówne” wyniki. Czy tak otrzymane rozwiązanie jest słuszne? Czy jest bliższe prawdy? Stanowi to punkt wyjścia do dalszych badań, czy wagi kryteriów przetargowych są odpowiednie, oraz poszukiwania praktycznych zastosowań posiadanego narzędzia do innych celów, przykładowo w zastosowaniu do utrzymania obiektów mostowych.

Jakie jednak zastosować kryteria do problemów utrzymania i remontów? Jak budować system ekspercki? Czy następujące kryteria są wystarczające: konstruk-

cja obiektu, data zbudowania, stan techniczny, koszt remontu, wartość budżetu, pilność remontu, ważność obiektu, wyczerpanie nośności lub wprowadzenie ograniczeń, możliwość wyznaczenia objazdu, koszty społeczne, itp.

A może jeszcze należy dodać inne? Jakie? Narzuca się jednak dodatkowa podpowiedź wynikająca z doświadczenia – kryteriów nie powinno być z drugiej strony zbyt dużo, bo nie rozjaśnia to rozwiązywanego problemu i wydłuża czas analizy i obliczeń. Zaleca się ograniczenie do około siedmiu [por. 8]. Jeśli kryteriów będzie więcej, to przypuszczalnie i tak z dużą pewnością można wskazać kilka znaczących, ograniczając ich liczbę, bez utraty precyzji wskazania. W celu dokładniejszej analizy należy powołać kilka zespołów ekspertów celem analizy opinii w w/w sprawie.

Podsumowując – autorzy dostrzegają przydatność metody porównania parami w mostownictwie, w szczególności w zarządzaniu i utrzymaniu infrastruktury komunikacyjną, w tym obiektów mostowych, wyznaczaniu strategii utrzymaniowych, systemie przetargowym itp. Omawiana metoda może być również zastosowana podczas opracowywanych systemów eksperckich przeznaczonych dla mostownictwa.

LITERATURA

1. Radomski W., Trochymiak W., *Zastosowanie komputerów w mostownictwie, Metody komputerowe w Inżynierii Lądowej*, Tom 2, Nr 1-2, 1992, s.43–64.
2. Kisielnicki J., *Systemy ekspertowe*. PC Kurier 9/91.
3. Koczkodaj W., Trochymiak W., *Zastosowanie analizy zgodności ocen w metodzie porównywania parami do oszacowania autostradowych kryteriów przetargowych*, Inżynieria i Budownictwo, Nr 9/1996.
4. Bucholc K., Trochymiak W., Biernawski M., Chrzanowski R., *Warszawskie obiekty inżynierskie z „czarnej listy” ZDM po 15. Latach* Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej / Politechnika Poznańska, 2017, Nr 24.
5. <https://www.uzp.gov.pl/baza-wiedzy/interpretacja-przepisow/opinie-archiwalne> – *Kryteria oceny ofert a warunki udziału w postępowaniu w kontekście wymagania przez zamawiającego od wykonawców określonego doświadczenia*.
6. Rymśza J., *Kryteria oceny ofert oraz warunki udziału w przetargach drogowych*. Pomorskie Forum Drogowe, Gdynia, 14 października 2016 r.
7. <https://sourceforge.net/projects/concluder>.
8. Koczkodaj W. i inni, *How to reduce the number of rating scale items without predictability loss?*. *Scientometrics* (2017) 111:581–593, DOI 10.1007/s11192-017-2283-4.
9. Praca zespołowa: *Instrukcje przeprowadzania przeglądów drogowych obiektów inżynierskich*. Załącznik do Zarządzenia nr 14 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 7 lipca 2005 roku.
10. Bień J., Rewiński S., *SMOK – kompleksowy system zarządzania mostami kolejowymi*, Inżynieria i Budownictwo, nr 3, 1996.
11. Bień J., Król D., Rawa P., Zwolski J., *Komputerowe wspomaganie przeglądów obiektów mostowych w systemie SMOK*, Inżynieria i Budownictwo, nr 7–8, 2006.

12. Bień J., *Modelowanie obiektów mostowych w procesie ich eksploatacji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002.
13. Bień J., *Uszkodzenia i diagnostyka obiektów mostowych. Rozdział 9.*. Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2010.
14. Bień J., Gładysz-Bień M., *Diagnostyka mostów w świetle wiedzy medycznej*. Inżynieria i Budownictwo. Nr 11/2017, R. 73, s. 577-581.
15. Borcz J., Kowalczyk Z., *Zastosowanie metody porównywania parami w szacowaniu wartości ciągnika rolniczego*, Inżynieria Rolnicza, Nr 06/2005.
16. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 21 września 2004 r. w sprawie wyceny nieruchomości i sporządzania operatu szacunkowego (DzU Nr 207, poz. 2109, z późniejszymi zmianami) – § 28.1 o stosowaniu podejścia porównawczego.
17. Strzałka D., *Concluder – narzędzie analizy zgodności par*. <https://www.researchgate.net/publication/320322941>, Wrzesień 2017.
18. Thurstone L.L., *A Law of Comparative Judgments*. Psychological Review, 1927 <https://doi.org/10.1037/h0070288>.

PAIRWISE COMPARISON METHOD AND POTENTIAL APPLICATIONS IN BRIDGE ENGINEERING

Summary

The paper briefly presents the pairwise comparison method with the use of the Concluder software, a state-of-the-art PC-based analytical tool which has been developed by Professor Waldemar Koczkodaj. The paper focuses on one function of an expert system, namely on the function relying on the opinions of a group of experts whose judgments are not always unanimous. The opinions need to be collected for the purpose of obtaining research material. Each team can be given a different task and may be analyzing a problem in a different way, though we assume that there will be no significant differences in the key items. Still, even if such differences occur, they can be dealt with by appointing several teams. Once the opinions are "agreed," we can obtain, in a numerical form, the criteria we are interested in. The paper contains an example of analysis of numerous criteria in a bidding process where price was not the only criterion. It is an attempt to stir the discussion on the selection, the importance and the mutual relations of the selection criteria used in infrastructure related tenders, especially in the tenders where the criteria are vague and difficult to compare. The conclusion also contains the reference to the further direction of work.