

METODA ANALIZY WIELOKRYTERIALNEJ JAKO NARZĘDZIE OCENY DZIAŁALNOŚCI PROJEKTOWEJ NA KIERUNKACH TECHNICZNYCH

THE MULTIPLE-CRITERIA DECISION ANALYSIS METHOD AS A TOOL FOR THE EVALUATION OF PROJECT WORK IN TECHNICAL MAJORS

Marek Błaszczak

Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych
Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 36
20-618 Lublin
e-mail: m.blaszczak@pollub.pl

Abstract: This article presents concepts for the utilisation of the AHP multiple-criteria analysis method as a tool for the evaluation of project solutions developed in the course of design classes at the faculty of mechanics. The selection of method resulted from the need to create a tool which would minimise subjective expert assessment and emphasise the value of structured criteria for the final evaluation. An important feature of this method is the estimation of the significance of the selected criteria, their direct comparison, and, as a result, their impact on the final outcome. Based on the AHP algorithm described in the source literature, an own-design tool operating in the VB 2010 environment is proposed. It allows the direct monitoring of subsequent evaluation stages and their recording in the text format. The obtained end-result can be supplemented by the evaluation of the organisational activities of a given project team, which constitutes a separate decision tree.

Keywords: multiple-criteria decision analysis, decision support, project evaluation, VB environment, app design.

Wprowadzenie

Intensywny rozwój społeczeństwa w obszarze techniki i technologii stawia nowe wyzwania w obszarze kształcenia a w szczególności poszukiwania nowych lepszych metod i form kształcenia. Kolejnym czynnikiem, który w sposób dość istotny wpływa na sposób funkcjonowania obecnych społeczeństw jest ogromna ilość informacji i jej powszechna dostępność.

- Globalizacja jako kolejny bodziec wymusza dobrą politykę edukacyjną, premiując państwa stwarzające dobre warunki do prowadzenia badań naukowych i rozwoju systemu edukacji [1, 2]. Współczesna edukacja musi być również nastawiona na przyszłość, a zatem powinna kształtować ludzi innowacyjnych i aktywnych, przy czym jej celem powinno być przekazywanie wiedzy i kształtowanie umiejętności [3];

- Powiązanie tych czynników umożliwia generowanie, poszerzanie lub uzupełnianie wiedzy, umiejętności czy kompetencji. Elementy te stanowią podstawę kształcenia społeczeństwa opartego na wiedzy nabywanej przez całe życie. Wiedza, jako połączenie doświadczenia, wartości indywidualnych i społecznych, odpowiednio dobranych informacji oraz eksperckiego wglądu w jakies zagadnienie, pozwalają na przeprowadzenie obiektywnej i konstruktywnej oceny. Odpowiednie modelowanie procesem kształcenia studentów (osób dorosłych)

wymaga uwzględnienia innych specyficznych uwarunkowań takich jak: znajomość uczestników ich potrzeb, możliwości, barier oraz stylu uczenia się. Elementy te umożliwiają większą indywidualizację i aktualizację wiedzy, dostosowanie do potrzeb i wymagań środowiska pracy zawodowej [4].

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom uczestników procesu dydaktycznego, bazując na metodzie projektów, stwarza się możliwości samodzielnego zdobywania wiedzy przez indywidualne formułowanie i rozwiązywanie problemów. Metoda, której głównym założeniem jest kształtowanie umiejętności planowania i organizowania pracy własnej i grupy, zbierania i selekcjonowania informacji, rozwiązywania problemów, podejmowania decyzji i komunikowania się. W metodzie tej nauczyciel prowadzący odgrywa rolę „mistrza”, a studenci mogą uczyć się zgodnie ze swoimi zainteresowaniami lub potrzebami.

Za największą zaletę tej metody uważano planowanie, ale także odpowiedzialność uczących się za skutki swojego działania. Taka forma edukacyjna, oparta na planowanym działaniu, najlepiej przygotowuje uczestników procesu edukacyjnego do życia. W metodzie projektów odrzuca się bierne nabywanie wiedzy na rzecz aktywnego uczestniczenia w procesie kształcenia. Istotne jest to, aby studenci brali czynny udział w ustalaniu celu oraz w wyborze i

dopasowywaniu sposobu działania i aby rozwiązywali sytuacje problemowe pochodzące ze środowiska, w którym żyją lub pracują. Przy stosowaniu metody projektu zakłada się:

- samodzielną pracę;
 - świadome planowanie;
 - pracę wszechstronnie aktywizującą i grupową;
 - zakończenie pracy konkretnym rezultatem.
- Założenia te pozwalają na realizację określonych efektów kształcenia, a przede wszystkim rozwój kompetencji społecznych zawartych w krajowych ramach kwalifikacyjnych. Stosując metodę projektów, należy uwzględnić etapy jej realizacji, co powoduje, iż proces edukacyjny jest rozłożony w czasie. Do etapów tych zalicza się [5]
- pomysł, czyli problem wynikający z uwarunkowań rynkowych, który po opracowaniu powraca do rzeczywistości (element praktycznego zastosowania);
 - przedyskutowanie pomysłu pod względem poznawczym i praktycznej użyteczności;
 - określenie zakresu działania i podział zadań pomiędzy uczestników grupy;
 - realizację projektu, czyli aktywne i efektywne działanie w celu rozwiązania postawionego problemu;
 - zakończenie projektu i przedstawienie wyników, dyskusja, ocena.

W celu usprawnienia pracy w poszczególnych grupach można w metodzie projektów określić szczegółowe zasady i wymagania dotyczące realizacji projektu. Ten etap uważany jest przez nauczycieli prowadzących za najtrudniejszy. Wybiera się obszar działania, tematykę, szacuje zasoby i szanse na pozyskanie „sojuszników”. Powstaje możliwie precyzyjny scenariusz działań. W planowaniu może pomóc przygotowana wraz z studentami instrukcja realizacji projektu, w która jako punkty wyjścia może zawierać:

- temat projektu i jego cele;
- źródła, w których można poszukiwać informacji (książki, Internet, eksperci);
- sposoby realizacji projektu;
- zadania, które mają prowadzić do realizacji celów;
- harmonogram realizacji projektu (kto, co, kiedy realizuje);
- sposoby i terminy konsultacji z prowadzącym lub w razie konieczności z ekspertem;
- sposób dokumentowania prac nad projektem (model, prototyp);
- sposób prezentacji;
- kryteria oceny projektu (np. związek z celami, korzystanie z różnorodnych źródeł informacji, atrakcyjny sposób prezentacji, poziom współpracy w zespole.).

Dobierając grupy projektowe, warto zwrócić uwagę na możliwości jej uczestników związane z uzdolnieniami i predyspozycjami, ale również na możliwości, jakie stwarza metoda projektu w zakresie rozwoju umiejętności pod kątem podejmowania decyzji:

- słuchania opinii innych i wyrażania własnych poglądów;
- planowania pracy własnej, jak również pracy innych;

- przeprowadzania samooceny i oceny innych.
- Złożony charakter metody projektów pozwala na wprowadzenie aktywnych metod nauczania i realizację przyjętych efektów kształcenia. Pozytywną cechą tej metody jest również rozwój istotnych umiejętności społecznych a w szczególności:
- przyjmowanie odpowiedzialności;
 - samodzielne uczenie się;
 - planowanie i organizacja pracy;
 - zbieranie i selekcjonowanie informacji;
 - współpraca w grupie;
 - rozwiązywanie problemów;
 - podejmowanie decyzji;
 - komunikowanie się;
 - ocenianie pracy własnej i grupy;
 - prezentacja jej efektów.

Problem oceny – problem decyzyjny

Problem wyboru rozwiązania projektowego sprowadza się do problemu decyzyjnego, najczęściej jest to wybór jednej z spośród co najmniej dwóch koncepcji. Elementem dominującym w tym procesie są kryteria decyzyjne, czyli wytyczne wpływające na ten wybór. Każda decyzja ma określone konsekwencje, część z nich jest oceniana pozytywnie jako korzyści, część negatywnie jako nakłady, pozostała część jest neutralna bądź brak jest pewności co do oceny. Warunkiem kluczowym optymalności wydaje się wybór tych wariantów, które uwzględniają właściwą relację pomiędzy skutkami pozytywnymi i negatywnymi z uwzględnieniem rangi tych relacji. Istotnym wydaje się rozróżnienie pomiędzy rozwiązaniem problemu decyzyjnego a wyborem określonego rozwiązania. W literaturze rozwiązywanie problemów decyzyjnych formułowane jest za pomocą siedmiu kroków [6]:

1. Identyfikacja i definiowanie problemu (i celu decyzyjnego);
2. Identyfikacja i definiowanie możliwych wariantów rozwiązań;
3. Określenie kryteriów wpływających na analizę i wybór rozwiązań (wariantów);
4. Ocena poszczególnych rozwiązań w odniesieniu do wariantów;
5. Wybór najlepszego rozwiązania;
6. Wdrożenie najlepszego rozwiązania;
7. Ocena skutków wdrożenia rozwiązania.

Sam proces podejmowania decyzji jest pojęciem bardziej złożonym, niż rozwiązywanie problemu decyzyjnego, który obejmuje jedynie pięć pierwszych kroków, przy czym trzy pierwsze są określane jako strukturyzacja problemu, zaś dwa kolejne analizą problemu. Właściwy etap podejmowania decyzji i wybór rozwiązania znajduje się w punkcie piątym.

Sformułowanie problemu obejmuje jego szczegółowy opis, na czym polega problem, z czego wynika, jakie są ograniczenia oraz co ma być celem działań. Określając cel działań należy wskazać obszary optymalizacji oraz jakie kryteria warunkują osiągnięcie celu i jakie mogą wystąpić trudności w jego osiągnięciu (ograniczenia).

Złożoność problemu decyzyjnego nie gwarantuje otrzymania optymalnej decyzji i pełnej obiektywności wyników. Wynika to z faktu, że ocena modeli decyzyjnych oparta jest na znaczeniu, jakie tym elementom przypisuje człowiek i zależy od indywidualnych preferencji, motywów, doświadczenia, wiedzy oraz intuicji oceniającego. Kolejnym elementem procesu jest określenie wariantów decyzyjnych nazywanych również kryteriami lub alternatywami decyzyjnymi. Osoba oceniająca wybierając wariant decyzyjny dokonuje analizy tych elementów poprzez porównanie parami z uwzględnieniem wzajemnej eliminacji. Z punktu widzenia decydenta wybór wariantu decyzyjnego ma na celu osiągnięcie za jego pomocą optymalnej konsekwencji, czyli rezultatu wdrożenia danego wariantu, na podstawie którego, uzasadnia lub modyfikuje swoje preferencje. Obiektywna i jednoznaczna ich ocena jest niemożliwa, dlatego wprowadzono pojęcie chmury konsekwencji, która jest poddawana analizie [7]. W przypadkach bardziej złożonych z dużą ilością kryteriów „istotnych” struktury hierarchiczne mają kilka poziomów kryteriów nazywanych subkryteriami, te zaś mogą być uszczegółowiane do sub-subkryteriów.

Ważnym elementem w procesie oceniania jest udział ekspertów, posiadających odpowiednią wiedzę i doświadczenie. Bardzo często ekspert dokonujący oceny utożsamiany jest z decydentem jednak te określenia nie równoznaczne. Decydent posiada kompetencje formalne (mocodawca), materialne (właściciel zasobów, sponsor) i merytoryczne (ekspert). Kluczowe kompetencje merytoryczne często uzupełniane są przez analityka, którego zadaniem jest pomoc w tworzeniu i analizie koncepcji decyzyjnych przy wsparciu narzędzi informatycznych. Ponieważ problemy decyzyjne najczęściej posiadają swoją szczególną specyfikę analityk staje przed koniecznością ich dostosowania. Znaczy poziom adaptacji, wymusza projektowanie dodatkowych narzędzi np. służących weryfikacji wyników w wyniku czego pojawia się alternatywna koncepcja projektowania aplikacji medykowanych opartych na znanych algorytmach i metodach analiz decyzyjnych.

Metoda AHP i optymalizacja decyzji - oceny

Metoda analizy hierarchicznej problemu (Analytic Hierarchy Process, AHP) jest metodą wielokryterialnych analiz decyzyjnych, która ma zastosowanie do rozwiązywania problemów decyzyjnych, zawierających więcej niż jedno kryterium decyzyjne. Łączy ona w sobie pewne koncepcje z dziedziny matematyki i psychologii; umożliwia uporządkowanie problemu decyzyjnego poprzez jego przedstawienie w formie struktury hierarchicznej oraz przyporządkowanie do poszczególnych kryteriów określonych wag.

Optymalizację wielokryterialną najprościej przedstawić w odniesieniu do optymalizacji jednokryterialnej, w której to funkcja celu zwraca jedną wartość. Niejednorodność problemów podejmowanej decyzji, zróżnicowanie kryteriów itp. utrudnia sformułowanie

precyzyjnego celu decyzyjnego, gdyż zamiast jednego liczbowego kryterium oceny, musimy niekiedy uwzględnić cały ich zbiór. Co za tym idzie rozwiązaniem takiego problemu wielokryterialnego nie jest jeden punkt, tylko zbiór punktów.

Metoda AHP ujmuje podejście wielokryterialne, oparte na kompensacyjnej strategii modelowania preferencji i przy założeniu porównywalności wariantów. Uwzględnienie preferencji oceniającego, decydujących o subiektywności ocen, stanowi istotę podejścia wielokryterialnego, traktującego owe preferencje jako zjawisko naturalne dla ocen dokonywanych przez człowieka, w odróżnieniu od pomiarów mających charakter obiektywny.

Metoda AHP uwzględni specyfikę psychologicznych procesów wartościowania, mających przede wszystkim charakter relacyjny i hierarchiczny. Liczne zastosowania tej metody we wspomaganie decyzji ekonomicznych, technicznych czy społecznych potwierdzają jej przydatność szczególnie w tych zastosowaniach, gdzie znaczna część kryteriów oceny ma charakter jakościowy, a doświadczenie oceniającego stanowi główne źródło ocen, mających charakter subiektywny [9].

Modelowanie za pomocą hierarchicznej analizy problemu AHP jest przydatne szczególnie wtedy, gdy nie jest znana zależność funkcyjna między elementami problemu, opisanego w postaci hierarchii czynników, natomiast jest możliwy do oszacowania efekt występowania danych własności i ich efektu praktycznego.

Wnioskowanie domniemanych efektów końcowych (najlepsze rozwiązanie) związanych z rozważanymi wariantami odbywa się przez odwołującą się do doświadczenia ocenę łącznego ich wpływu na spełnienie celu nadrzędnego, znajdującego się na szczycie hierarchicznej struktury decyzyjnej. Cel nadrzędny zdefiniowany jest jako stan docelowy, wynikający z pomyślnego rozwiązania problemu decyzyjnego, np. uzyskania zadowalającego poziomu rozwiązania problemu projektowego jest wynikiem realizacji celów głównych, przyczyniających się do realizacji celu nadrzędnego. Cele główne składają się z celów cząstkowych (pomocniczych, szczegółowych), które w przypadku ocen koncepcji projektowych stanowią specyficzne atrybuty jakościowe rozważanych wariantów, odpowiadające pożądanym własnościom wpływającym na poziom rozwiązania.

Zastosowanie modelu hierarchicznego pozwala ponadto na wykorzystanie kryteriów opisanych jakościowo, związanych z kontekstem sytuacyjnym – społecznym, stanowiących uzupełnienie w sytuacjach, gdy ocena dotyczy kompleksowej działalności projektowej nie tylko przez spełnienie wymagań określonych założeniami technicznymi, ale także przez czynniki sytuacyjne o charakterze społecznym, organizacyjnym czy kulturowym.

Zawężenie obliczeń w metodzie AHP do algebry liniowej i rachunku wektorowego ułatwia implementację komputerową oraz stosowanie metody w praktyce decyzyjnej. Potwierdzają to liczne zastosowania metody do rozwiązywania różnych problemów decyzyjnych o

zróżnicowanym charakterze. Metoda AHP wykazuje swoją przydatność szczególnie w sytuacjach, kiedy:

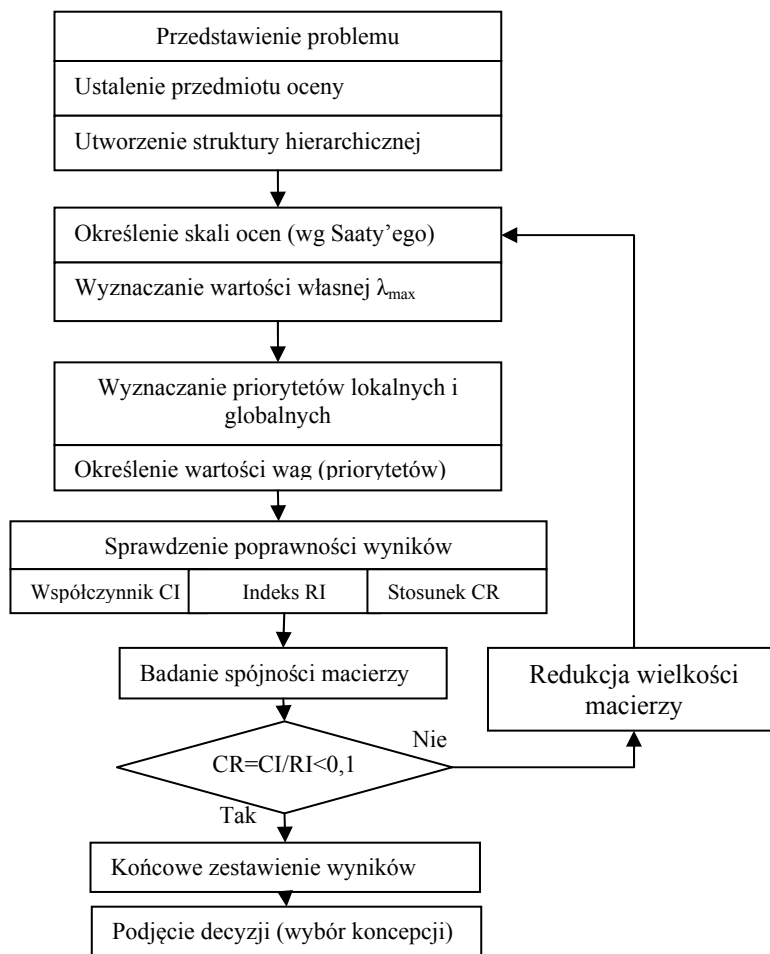
- występuje hierarchia kryteriów oceny, reprezentujących różny poziom szczegółowości, związana z hierarchią celów lub oczekiwanych korzyści;
- większość kryteriów oceny wariantów nie ma charakteru ilościowego lecz jakościowy, a ponadto znaczna część ocen jest obarczonych subiektywnością oceniającego (decydenta);
- występuje pełna porównywalność wariantów, a więc np. gdy porównanie i ocena odbywają się na zbiorze wariantów należących do tej samej klasy.

W metodzie AHP warianty decyzyjne podlegają analizie w ramach oceny porównawczej lub diagnostycznej. Agregacja ocen cząstkowych, zależnie od rodzaju oceny, odbywa się:

- w ocenie porównawczej: przez obliczenie wektora uporządkowania zbioru produktów;

- w ocenie diagnostycznej: przez zastosowanie addytywnej funkcji użyteczności, której wartość stanowi podstawę określenia „odległości” produktu od umownego wzorca.

Ogólny algorytm postępowania według metody AHP został przedstawiony na rys. 1 umożliwia on dokonanie oceny przez grupy eksperckie. Wiele ocen ważności poszczególnych czynników może być przyczyną nieścisłości wynikających z naturalnej rozbieżności preferencji oceniających. Dlatego konieczne jest obliczenie wartości wskaźników niespójności CI i stosunku zgodności CR, które nie powinny przekraczać wartości 0,1.



Rys. 1 Algorytm postępowania według metody AHP stosowany przy większej liczbie decydentów [9].

Zaproponowany algorytm składa się kilku etapów. Pierwszym z nich jest przedstawienie problemu i ustalenie kryteriów. Następnie określa się skalę ocen przez wstawienie do tabeli porównań. Kolejny krok to określenie wartości wag i sprawdzenie poprawności otrzymanych wyników (badanie spójności macierzy).

Ostatnim etapem jest zestawienie wyników i struktury hierarchicznej.

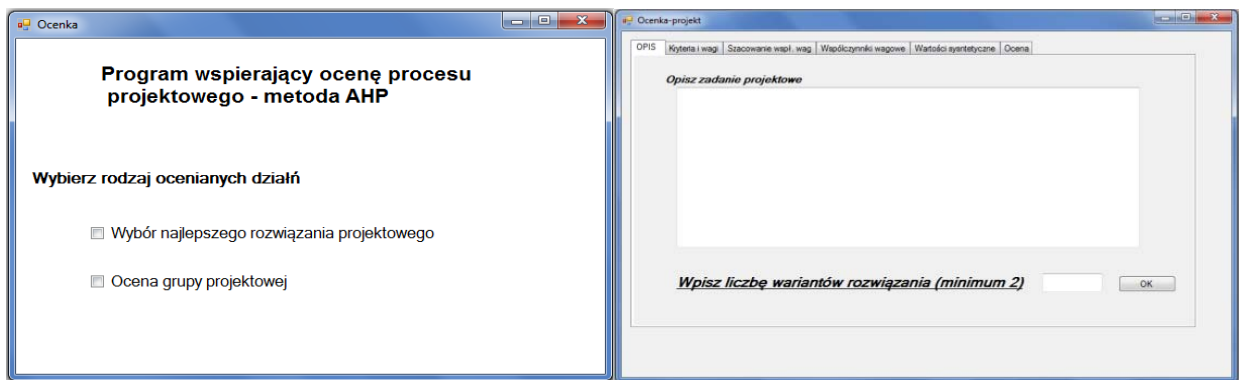
Przedstawienie problemu wraz z jego uwarunkowaniami zostało oparte na podstawie założeń i kryteriów opracowanych przez autora [8].

Projekt aplikacji

Projektowanie narzędzi służących ocenie rozwiązań projektowych wymaga od analityka szerokiej wiedzy nie tylko z zakresu narzędzi programistycznych, ale również wpływu preferencji subiektywnych osób oceniających na decyzję – ocenę końcową. Istotnym jest również uwzględnienie, że w procesie decyzyjnym bierze udział kilku decydentów posiadających wiedzę z różnych dziedzin techniki. W zależności od proponowanej problematyki projektowej mogą być również uwzględniane inne osoby posiadające specjalistyczną wiedzę i doświadczenie a w szczególności z zakresu informacji patentowej i wzornictwa przemysłowego.

Zgodnie z opracowanym algorytmem (rys. 1) po szczegółowym przedstawieniu tematyki projektu utworzone grupy projektowe biorą udział w przygotowaniu struktury hierarchicznej wraz z kryteriami oceny, które będą brane pod uwagę oraz ich poziomem istotności, tzw. wagą.

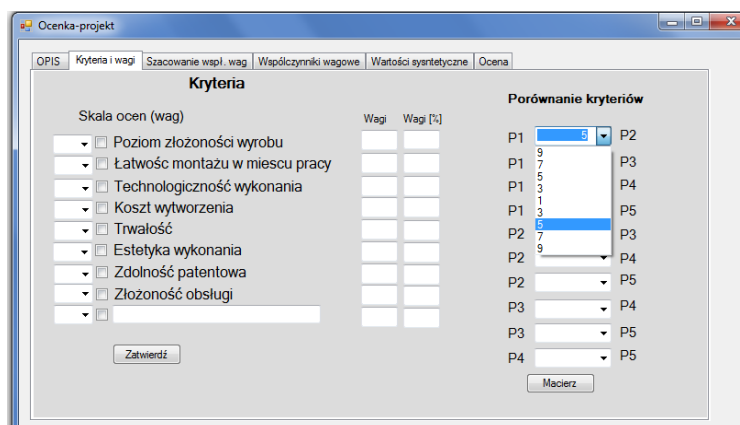
Aplikacja została utworzona w środowisku Visual Studio 2010 i jest uruchamiana w środowisku SO Windows. Przedstawiona wersja beta posiada funkcjonalność narzędzia uruchamianego z poziomu pulpitu. Ekran startowy umożliwia wybór ocenianych działań studentów w aspekcie zrealizowanej działalności projektowej rozumianych jako umiejętności i wiedza, oraz ocenę grupy projektowej w ujęciu kompetencji społecznych (rys. 2).



Rys. 2. Ekran startowy oraz struktura funkcjonalna trybu wyboru projektu.

Kolejną zakładką w zaproponowanym rozwiązaniu są zaproponowane kryteria i szacowanie ich istotności (wag). Poziom istotności został oparty na dziewięciu stopniowej metodzie wag Saaty-ego. Wyboru kryteriów jak i ich istotności dokonuje osoba oceniająca (może być reprezentowana przez zespół oceniający). W przypadku, gdy oceny dokonuje kilku ekspertów waga kryterium jest określana w drodze kompromisu. Wybrane parametry wstępne oceny są niezmiennie dla ocenianej grupy rozwiązań. Wyboru kryteriów dokonuje się poprzez zatwierdzenie w CheckBox. Wybór kryterium związany jest z aktywowaniem pola wielkości kryterium. Wpro-

wadzone wielkości zostają wprowadzone do zdefiniowanej macierzy jednostkowej i porówna ze sobą parami. Wybór kryteriów, które będą brane pod uwagę do ceny projektów została ograniczona do pięciu. Wybrane kryteria są następnie szeregowane w tabeli według kolejność zaznaczonej w zakładce. Kolejnym krokiem jest obliczenie wielkości znormalizowanych i obliczenie średniej arytmetycznej dla każdego wiersza znormalizowanych danych w celu oszacowania wartości współczynników wagowych. Obliczone średnie są wartościami priorytetów dla kryteriów (rys. 3).

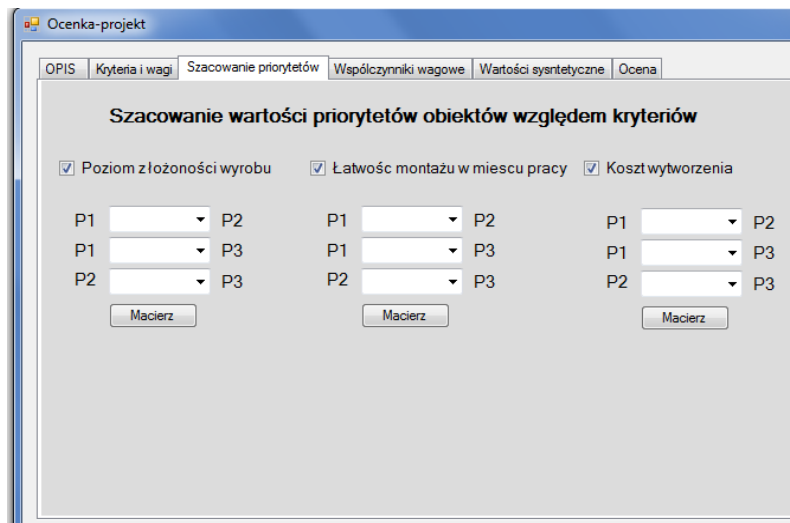


Rys. 3. Okno wyboru kryteriów ich porównanie oraz współczynniki wagowe.

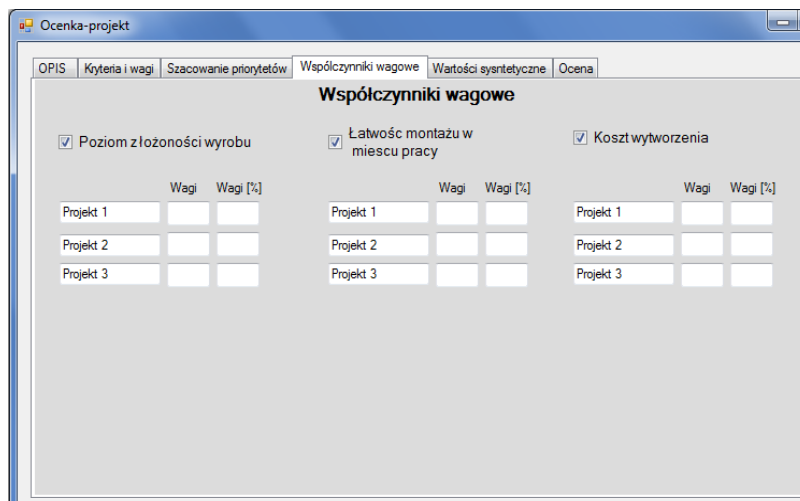
Kolejnym elementem oceny jest oszacowanie wartości projektów względem kryteriów (rys. 4). Ocena odbywa się poprzez porównanie parami według wyróżnionego kryterium z uwzględnieniem preferencji.

Otrzymane wartości można zweryfikować aktywując przycisk „Macierz” generując podgląd macierzy wynikowej. Następnym etapem jest oszacowanie wartości współczynników wagowych (wykorzystując metodę średniej arytmetycznej) z uwzględnieniem wartości znormalizowanych porównań parami oraz współczynników dla kryteriów (rys. 5). Obliczanie wartości

syntetycznych dla poszczególnych rozwiązań jest elementem weryfikującym poprawność przeprowadzonej analizy i wylicza się priorytet dla rozwiązania projektowego. Końcowym elementem jest okno oceny, w którym wylicza się wartości globalne dla projektów z uwzględnieniem wag. Najlepszym rozwiązaniem projektowym jest ten wariant który osiągnie najwyższą wartość sumy („Ocena łączna”- rys. 6). Celem szczegółowej Weryfikacji otrzymanych parametrów szacunkowych jest możliwość wygenerowania raportu (rys. 6) z całego procesu oceny w pliku tekstowym.



Rys. 4. Szacowanie wartości priorytetów obiektów względem kryteriów.



Rys. 5. Współczynniki wagowe.

	Wagi	Wagi [%]	Projekt 2	Projekt 2	Projekt 3
<input type="checkbox"/> Poziom złożoności wyrobu					
<input type="checkbox"/> Łatwość montażu w miejscu pracy					
<input type="checkbox"/> Technologiczność wykonania					
<input type="checkbox"/> Koszt wytworzenia					
<input type="checkbox"/> Trwałość					
<input type="checkbox"/> Estetyka wykonania					
<input type="checkbox"/> Zdolność patentowa					
<input type="checkbox"/> Zdolność obsługi					
<input type="checkbox"/>					
OCENA ŁĄCZNA					

Rys. 6. Okno oceny końcowej.

Podsumowanie

Przedstawiony schemat oceny rozwiązań projektowych umożliwia wykorzystanie w procesie wyboru najlepszego rozwiązania, które należy traktować jako optymalne. Zaproponowana ograniczona liczba kryteriów oceny wynika z doświadczenia, ponieważ zwiększenie ich liczby nie wpływa znacząco na wynik. Przy ich wyborze należy kierować się przesłankami najbardziej istotnymi i zawartymi w założeniach przedstawionego zadania projektowego. Bieżąca weryfikacja poprawności obliczeń i założeń umożliwia ograniczenie poziomu przypadkowej subiektywnej oceny czy oszacowania. Bardzo ważnym elementem oceny jest również udział twórców rozwiązania w procesie jego recenzji i klasyfikacji. Ze względu na swą specyfikę umożliwia ona

wgląd w proces na poszczególnych jej etapach, dzięki czemu możliwe jest wskazanie słabych i mocnych cech rozwiązania. Rozwiązanie to umożliwia również konstruktywną samoocenę zespołu pod kątem jej działań organizacyjnych. Dzięki czemu uwzględniane są efekty kształcenia związane z rozwojem kompetencji społecznych. Wstępne testy wykazały dużą jego użyteczność w przypadku, kiedy jeden przedmiot był prowadzony przez kilka osób.

Przedstawione rozwiązanie wykorzystujące metodę AHP należy do grupy rozwiązań wstępnie oceniających, jest to wersja robocza z otwartym kodem i należy ją traktować jako punkt wyjścia do dalszej jego ewaluacji w kierunku uniwersalności jak i grupowego podejmowania decyzji – oceny.

Bibliografia

1. Davenport, T., Prusak, L., Working Knowledge – How Organisations manager What They Know, Harvard Business School Press, 1998.
2. Horynia, W., Maciejewski, J., Andragogika w ujęciu interdyscyplinarnym. Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław, 2007.
3. Marcinkiewicz, A., Kształcenie podyplomowe wobec rynku pracy, *e-mentor*, 2, 2012, s. 54-60.
4. Matlakiewicz, A., Solarczyk-Szwec, H., Dorośli uczą się inaczej, CKU, Toruń, 2009.
5. www.nowaera.pl/aktualności/jakpracowaćmetodąprojektów (dostęp 20.09.2016).
6. Prusak, A., Stefanow, P., AHP – analityczny proces hierarchiczny. Budowa i analiza modeli decyzyjnych krok po kroku, Wyd. C.H. Beck, Warszawa, 2014.
7. Roy, B., Paradigms and challenges, in: *Multiple Criteria Decision Analysis*, Springer, 2005, pp. 19-39.
8. Błaszczak, M., Technologie IT jako narzędzia wsparcia twórczej dyskusji w rozwiązywaniu problemów inżynierskich, *General and Professional Education*, 1, 2016, s. 3-8.
9. Downarowicz, O., Krause, J., Sikorski, M., Stachowski, W., Zastosowanie metody AHP do oceny i sterowania poziomem bezpieczeństwa złożonego obiektu technicznego, w: *Wybrane metody ergonomii i nauki o eksploatacji*, red. O. Downarowicz, Wyd. Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2000.