

Łukasz Wachstiel

Uniwersytet Śląski w Katowicach

ZASTOSOWANIE METODY AHP DO WYBORU OPTYMALNEGO ZINTEGROWANEGO SYSTEMU INFORMATYCZNEGO WSPOMAGAJĄCEGO ZARZĄDZANIE UCZELNIĄ

Wprowadzenie

Wdrożenie zintegrowanego systemu informatycznego w dowolnej organizacji jest zaliczane do projektów wysokiego ryzyka [Lech, 2003, s. 84]. Związane jest to z szeregiem czynników decydujących o końcowym powodzeniu wdrożenia, czyli spełnieniu założonych celów głównych i szczegółowych. Jedną z najczęściej przyjmowanych miar sukcesu realizacji projektów informatycznych jest spełnienie wszystkich wymagań czasowych, budżetowych i jakościowych, określonych na poszczególnych etapach wdrożenia [Dzega, Olejniczak, 2008, s. 3]. W celu wypełnienia tych kryteriów ważny jest wybór optymalnego narzędzia, które pozwoli zrealizować wytyczony plan, ograniczając tym samym ryzyko jego niepowodzenia do minimum.

W artykule przedstawiono problem, który można zaliczyć do kategorii wielokryterialnych, hierarchicznych problemów decyzyjnych, polegający na znalezieniu bezpiecznego i nowoczesnego, zintegrowanego systemu informatycznego, wspierającego wszystkie najważniejsze procesy szkoły wyższej. Specyfika tego rodzaju instytucji wymaga, aby rozpatrywać je z innego poziomu niż standardowe przedsiębiorstwa usługowe, biorąc dodatkowo pod uwagę takie procesy, jak: obsługa toku studiów czy badań naukowych.

W obecnej chwili istnieje mało rozwiązań rynkowych, które integrują w sobie wszystkie te procesy w sposób kompleksowy z jednoczesnym zachowaniem ich złożoności. Decydentowi, w ostatecznej fazie wyboru, pozostaje najczęściej kilka systemów (2-3), bardzo zbliżonych do siebie parametrami, dlatego posiadanie odpowiedniego narzędzia wspomagającego końcową selekcję bywa niezwykle przydatne.

Jednym ze sposobów rozwiązania powyższego problemu (narzędziem decyzyjnym) jest wykorzystanie metody AHP – *Analytic Hierachy Process*, skonstruowanej przez Thomasa L. Saaty'ego w 1990 r. [Saaty, 1990, s. 9-26]. Pozwala ona sprowadzić złożony problem decyzyjny do skończonego zbioru kilku wariantów decyzyjnych, wykorzystując zarówno dane ilościowe, jak i jakościowe. Metoda ta została wybrana również z powodu jej ugruntowanych podstaw teoretycznych oraz licznych potwierdzeń zastosowań w praktyce.

Praca została podzielona na trzy główne części. W pierwszej przedstawiono charakterystykę zintegrowanego systemu informatycznego wspierającego zarządzanie szkołą wyższą. W opisie uwzględniono ogólne parametry charakteryzujące systemy tego rodzaju, a następnie dokonano ich uszczegółowienia w kontekście uczelnianych procesów. Druga część artykułu zawiera opis metody AHP, na podstawie której, w końcowej części pracy, przeprowadzona została hierarchiczna analiza problemu decyzyjnego, wymienionego w temacie pracy.

1. Charakterystyka zintegrowanych systemów informatycznych

Wzrost liczby procesów biznesowych w organizacji oraz ich złożoność zapoczątkowały rozwój zintegrowanych systemów informatycznych. Na szczególną uwagę zasługują systemy klasy ERP (*Enterprise Resource Planning*), które są przykładem dynamicznie zmieniającego się modułowego oprogramowania [Lernart, 2010, s. 321; Maciejczyk, 2010, s. 229]. Głównym jego odbiorcą stały się duże i średnie przedsiębiorstwa, których łańcuch wartości obejmuje wiele różnego typu powiązanych ze sobą działań. Do tej grupy można zaliczyć także uczelnie zarządzające pracownikami naukowymi, dydaktycznymi, naukowo-dydaktycznymi, administracyjnymi oraz studentami. Dokładając różnorodność ról, wykonywanych przez poszczególnych członków wymienionych społeczności akademickich, otrzymuje się bardzo złożony obraz procesów zachodzących w omawianej organizacji. Nasuwa się zatem podstawowe pytanie: czy istnieje jedno oprogramowanie informatyczne, którego stopień funkcjonalności pozwoli na odpowiednie zarządzanie uczelnią?

W obecnej chwili pytanie to można zaliczyć do kategorii retorycznych i pozostawić otwartym. Pomimo faktu, iż wiele procesów zachodzących w uczelni określa się mianem standardowych (w odniesieniu do organizacji różnego typu), to pozostaje znaczna część specyficznych dla tego sektora, który dodatkowo dzieli się ze względu na rodzaj, formę, najogólniej ujmując – model kształcenia. Każda uczelnia, oprócz zadań statutowych, realizuje dodatkowo swój własny „cel biznesowy”, polegający przykładowo na podniesieniu własnego prestiżu wśród innych jednostek lub uzyskaniu określonej liczby studentów w danym roku akademickim.

Nie można zatem odpowiedzieć na tak postawione pytanie w sposób jednoznaczny. Warto się zastanowić nad problemem istnienia pewnego zbioru parametrów, który będzie charakteryzował system informatyczny wspierający główne procesy zarządzania szkołą wyższą. Pozwoli to wstępnie ograniczyć liczbę możliwych rozwiązań, które następnie, po zastosowaniu bardziej szczegółowych kryteriów, będą mogły zostać poddane dalszej analizie porównawczej.

W celu dokonania wstępnej charakterystyki zintegrowanego systemu informatycznego, należy sformułować na początku cele biznesowe, które mają być przy pomocy niego realizowane. Każde takie rozwiązanie powinno dostarczać organizacji określoną wartość – usuwać ograniczenia w obecnie funkcjonujących procesach lub dodawać nowe, usprawniające działania użyteczności. Zdefiniowanie głównych celów biznesowych wyraża się zazwyczaj w misji projektu wdrożeniowego. Misja ta powinna mieć odzwierciedlenie w strategii uczelni, szczególnie w obszarze wsparcia i rozwoju jej kluczowych kompetencji. Przeprowadzając analizę dokumentów różnych uczelni publicznych, zawierających ich strategię rozwoju, wyodrębniono zestaw celów podstawowych, wokół których koncentrują się operacyjne zadania uczelni*. Zaliczono do nich:

- wzmocnienie procesów odpowiedzialnych za rozwój nauki: stworzenie silnych zespołów badawczych, rozwój nowoczesnej infrastruktury badawczej, podniesienie rangi badań naukowych,
- doskonalenie procesu kształcenia: dostosowywanie programów i kierunków kształcenia do oczekiwań rynku, ustawiczne podnoszenie jakości kształcenia, zwiększanie kompetencji kadry dydaktycznej, wyrównywanie szans edukacyjnych kandydatów oraz podwyższanie poziomu wiedzy absolwentów,

* Analizowano strategię szkół wyższych na lata 2010-2020. Wykorzystano w tym celu dokumenty umieszczone w serwisach głównych następujących uczelni: Uniwersytetu Warszawskiego, Uniwersytetu Jagiellońskiego, Uniwersytetu Śląskiego, Uniwersytetu Opolskiego, Uniwersytetu Szczecińskiego, Uniwersytetu Rzeszowskiego.

- optymalizacja struktury organizacyjnej i zarządzania: poprawa wykorzystania zasobów i zmniejszenie kosztów jednostkowych działalności, wsparcie dla wszystkich działań podstawowego łańcucha wartości (finanse, kadry, zaopatrzenie itd.),
- integracja z wewnętrznym i zewnętrznym otoczeniem: współpraca krajowa i międzynarodowa w kontekście wymiany studentów, doktorantów, organizacji i prowadzenia badań naukowych, współpraca ze społecznościami lokalnymi i samorządowymi, jednostkami edukacyjnymi różnego szczebla oraz szeroko rozumianym biznesem.

Na podstawie wybranych celów strategicznych stworzono wstępną charakterystykę zintegrowanego systemu informatycznego wspierającego ich wypełnianie w konkretnych działaniach operacyjnych. Przyjęto, iż system powinien zapewniać następujące funkcjonalności:

- obsługa badań naukowych,
- obsługa toku studiów,
- obsługa księgowości i finansów,
- zarządzanie logistyczne,
- zarządzanie zasobami ludzkimi,
- obsługa zamówień publicznych,
- zapewnienie mechanizmów kontroli, nadzoru i raportowania.

Powyższa lista nie uwzględnia funkcji charakteryzujących większość zintegrowanych rozwiązań informatycznych. Zaliczono do nich:

- centralną bazę danych (globalne repozytorium danych),
- jednolity interfejs użytkownika i schemat logowania,
- system ról dostosowany do grup użytkowników o podobnych uprawnieniach,
- dostęp do danych (informacji) w czasie rzeczywistym,
- łatwa skalowalność,
- elastyczność funkcjonalna i strukturalna [Lech, 2003, s. 7-11].

Wymienione atrybuty tworzą pewien ogólny obraz zintegrowanego systemu informatycznego. Podsumowując, oprogramowanie wchodzące w jego skład powinno wspierać wszystkie najważniejsze procesy uczelni, zapewniając jednocześnie ich operacjonalizację i racjonalizację. Dane muszą być widoczne dla autoryzowanych użytkowników w momencie ich wprowadzenia i zatwierdzenia, tak aby dostęp do informacji był natychmiastowy dla różnych grup interesariuszy. System powinien wspierać podejmowanie decyzji na wszystkich szczeblach zarządczych, dzięki mechanizmom analiz i raportów oraz gromadzeniu zwiększonej ilości potrzebnych decyzyjnych danych. Charakterystycznymi cechami narzędzia winny być elastyczność i skalowalność, ażeby dodawane i dostoso-

wywane do potrzeb klienta nowe funkcjonalności integrowały się w łatwy sposób z już istniejącymi. Kolejnym atrybutem jest otwartość systemu, rozumiana jako umiejętność współpracy z dotychczasowo wspieranym w organizacji oprogramowaniem. Ułatwia to w znacznej mierze migracje danych, jeżeli zostanie podjęta decyzja o całkowitym lub częściowym wycofaniu wcześniejszych rozwiązań.

Biorąc pod uwagę liczbę i złożoność wymagań stawianych przed oprogramowaniem tego typu, można założyć, iż przy końcowym wyborze pozostanie jedynie kilku producentów. Zazwyczaj są to dwa lub trzy proponowane systemy, które spełniają wszystkie wymienione założenia funkcjonalne. Nie mniej ważnymi kryteriami, które należy wziąć pod uwagę, są koszty oferowanego przez dostawcę oprogramowania oraz jego reputacja (rekomendacje) na rynku zintegrowanych narzędzi informatycznych [Onut, Efendigil, 2010, s. 372].

2. Metoda AHP jako optymalne narzędzie decyzyjne

Mnogość metod wspomagających podejmowanie decyzji może w łatwy sposób wprowadzić decydenta w wir błędnego koła. Do najszerzej stosowanych zalicza się rozwiązania należące do kategorii wielokryterialnych metod podejmowania decyzji (MCDM – *Multiple Criteria Decision Making*), z których najpopularniejszymi i jednocześnie najprostszymi w zastosowaniu są modele sum i iloczynów ważonych (WSM – *Weighted Sum Model*, WPM – *Weighted Product Model*). Inne, używane powszechnie metody, to najczęściej pewne udoskonalenia tych dwóch wymienionych, powstałe w konsekwencji odkrywania ich wad w konkretnych zastosowaniach praktycznych.

Wybór optymalnego narzędzia jest uzależniony od charakterystyki problemu, który zostanie poddany analizie. Należy wziąć pod uwagę przede wszystkim postać i ilość danych, jakimi dysponuje się na wejściu oraz liczbę kryteriów i subkryteriów, które trzeba rozpatrzyć, aby porównać różne alternatywy. Wszystko to składa się na złożoność rozwiązywanego problemu decyzyjnego, którego definicja w literaturze nie jest jednak jednoznaczna*.

Metoda AHP potwierdza swoje praktyczne zastosowanie dla problemów, w których dane wejściowe są bardzo zróżnicowane, wyrażane nie tylko w postaci liczb czy wprost mierzalnych jednostek, ale także w formie danych o charakterze jakościowym – opinii ekspertów, rad konsultantów, wywiadów itp. Opiera

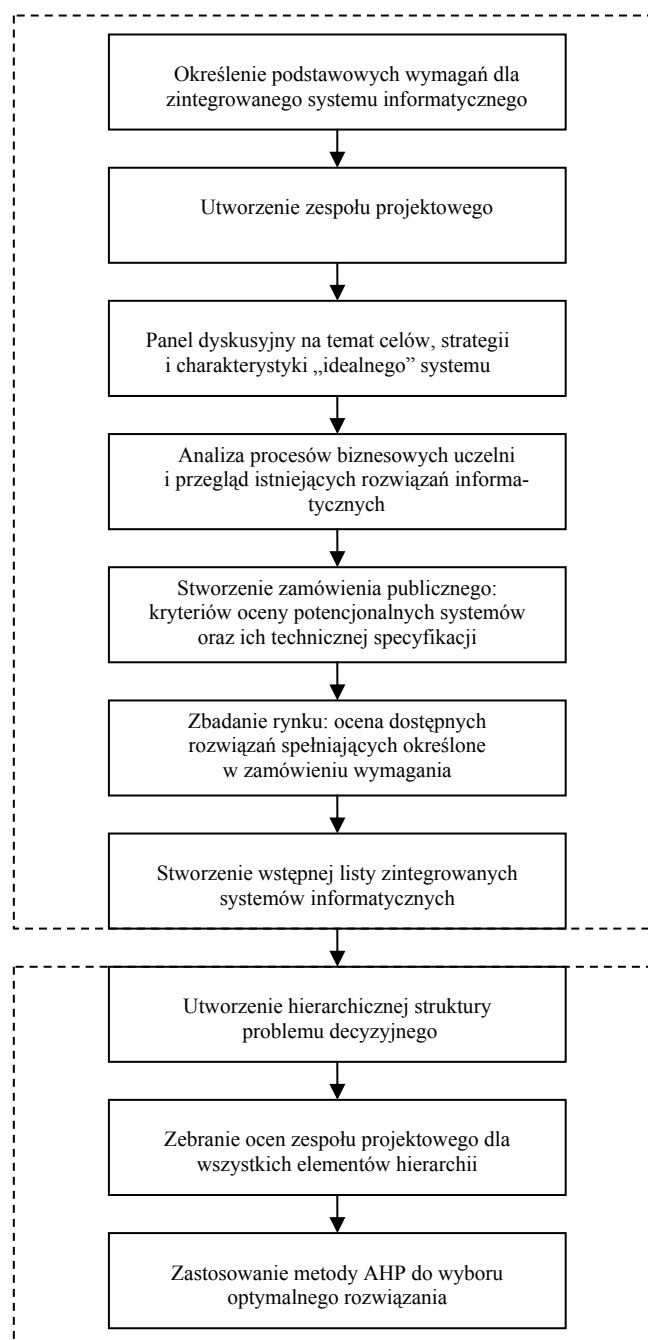
* Złożoność problemu decyzyjnego jest definiowana w sposób jednoznaczny w teorii obliczeń, jednak nie każdy problem można łatwo sprowadzić do problemu funkcyjnego (obliczeniowego).

się na łączeniu w pary i porównywaniu kryteriów znajdujących się na tym samym poziomie ważności, co znacznie przyspiesza podjęcie ostatecznej decyzji, zwłaszcza w przypadku dużej ilości kryteriów i subkryteriów. Na podstawie dokonanych ocen budowana jest macierz preferencji oraz obliczany współczynnik spójności (lub niespójności), który umożliwia decydentowi sprawdzenie poprawności przyjętych priorytetów.

Opisywana metoda jest proponowana w literaturze naukowej do podejmowania złożonych, strategicznych i wielokryterialnych decyzji, takich jak optymalizacja wykorzystania zasobów organizacji czy wprowadzenie nowej technologii wytwarzania w firmie produkcyjnej. W szczególności została ona rozważana przy ocenie pakietów oprogramowania, gdzie zbadano jej skuteczność w następujących aspektach:

- definiowanie wag i priorytetów dla poszczególnych kryteriów na wszystkich szczeblach hierarchicznej struktury podejmowania decyzji,
- jako narzędzia agregacji do obliczenia rankingu na różnych poziomach hierarchii kryteriów,
- jako narzędzia służącego analizie preferencji produktów w odniesieniu do konkretnego kryterium [Min, 1992, s. 42-52].

Niewątpliwym atutem metody AHP jest systemowe podejście do rozwiązywanego problemu. Dzięki metodom grupowania danych według odpowiednich kryteriów i poziomów ważności, otrzymany „model decyzyjny” jest syntetyczny i ustrukturyzowany. Ma widocznie zaznaczone wejścia i wyjścia oraz dokładnie określony cel analizy problemu decyzyjnego. Przebieg procesu decyzyjnego został przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Model procesu decyzyjnego wyboru optymalnego systemu informatycznego zarządzającego szkołą wyższą

Powyższy model możemy podzielić na dwa podstawowe bloki. Pierwszy z nich opisuje czynności związane z wyborem alternatyw oprogramowania spełniających założone przez uczelnię wymagania. Początkowy etap to utworzenie zespołu projektowego, który może składać się z kierowników poszczególnych działów oraz władz uczelni wyższego szczebla. Powinni oni porozumieć się w zakresie ustalenia celów, misji oraz strategii projektu, czego efektem jest wstępna charakterystyka systemu. Następną czynnością jest tak zwana analiza procesów biznesowych uczelni oraz przegląd istniejących rozwiązań informatycznych odpowiedzialnych za ich realizację. Warto pamiętać szczególnie o tym ostatnim aspekcie, gdyż wiele istniejących „dobrych” praktyk może być z korzyścią przeniesiona do nowego, zintegrowanego narzędzia, a te „złe” wyeliminowane we wczesnej fazie projektu. Kolejny etap to tworzenie specyfikacji zamówienia, uwzględniającej kryteria oceny poszczególnych wytwórców oprogramowania i ich produktów. Końcowy dokument musi zawierać parametry funkcjonalne systemu na jak największym poziomie szczegółowości. Większość z nich została opisana w punkcie 2 pracy, przy czym należy zaznaczyć, że zostały one sformułowane na wyższym stopniu ogólności, co oznacza, iż końcowa specyfikacja zamówienia będzie w rzeczywistości różniła się dla konkretnych instytucji. Po analizie dostępnych na rynku, zintegrowanych systemów informatycznych, na wyjściu z omawianego bloku otrzymuje się zazwyczaj od 2 do 3 rozwiązań spełniających przedstawione kryteria. Przekazywane są one w formie wejścia do drugiego bloku modelu, w którym dzięki zastosowaniu metody AHP, otrzymuje się optymalne rozwiązanie problemu decyzyjnego. Poszczególne elementy procesów, wchodzące w skład drugiego bloku, zostały opisane dokładnie w kolejnym paragrafie.

3. Zastosowanie metody AHP do rozwiązania problemu decyzyjnego

Przedstawione przez producentów lub ich przedstawicieli, różne wersje zintegrowanego oprogramowania są zazwyczaj do siebie zbliżone ceną, funkcjonalnością, oferowanym wsparciem i innymi parametrami. Z tego powodu zespół projektowy może nie dojść do porozumienia w kwestii ostatecznego wyboru optymalnego rozwiązania. W takich przypadkach pomocne są narzędzia wspomagające podejmowanie decyzji, takie jak metoda AHP.

Należy założyć, że do wyboru są dwa, alternatywne, zintegrowane systemy informatyczne, oznaczone następująco: System A i System B. W celu utworzenia hierarchicznej struktury procesu decyzyjnego posłużono się trzema głównymi

kryteriami: jakością (1), kosztami (2) oraz reputacją (3) oprogramowania, które następnie podzielono na odpowiednią liczbę subkryteriów [Onut, Efendigil, 2010, s. 372].

Jakość oprogramowania (1) to jeden z najważniejszych czynników charakteryzujących produkty tego rodzaju. Jest to pojęcie bardzo ogólne, dlatego w celu umożliwienia decydom wyrażenia dokładnej opinii i nadania im odpowiednich wag, zastosowano poniższe subkryteria:

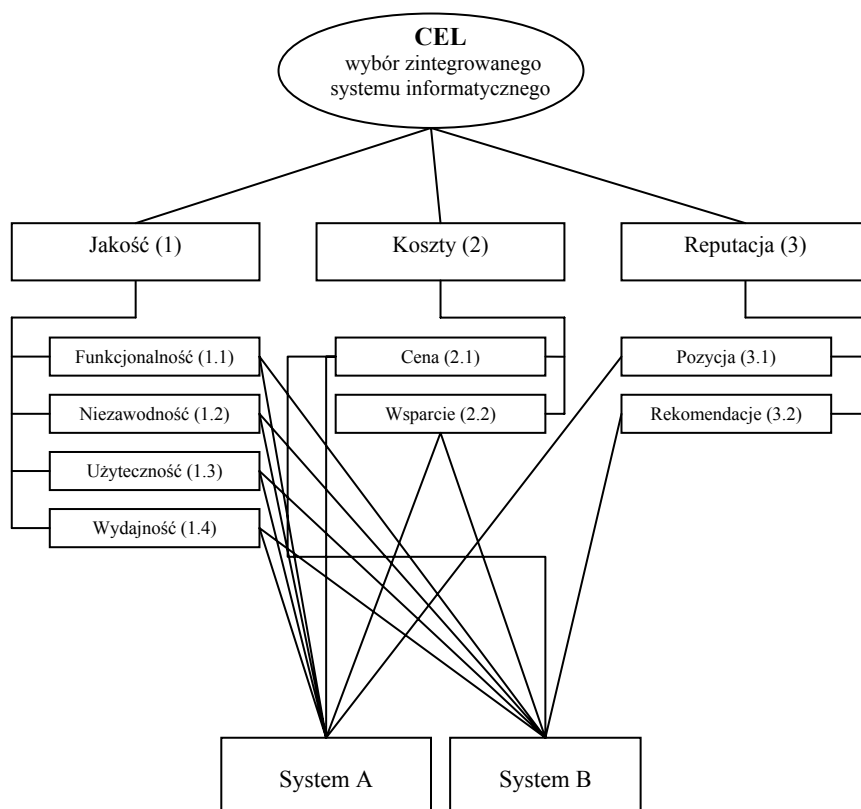
1. Funkcjonalność (1.1) – oznacza zbiór funkcji systemu realizujących potrzeby biznesowe klienta. Idealne rozwiązanie musi nie tylko wspierać podstawowe procesy, ale również zawierać moduły dostosowane do charakteru działalności szkoły wyższej (np. obsługa badań naukowych, prowadzenie toku studiów itp.).
2. Niezawodność (1.2) – zintegrowane oprogramowanie musi zapewniać wysoki poziom dostępności, gdyż dostęp do informacji musi być ciągły i szybki.
3. Użyteczność (1.3) – inaczej „używalność” oprogramowania. Należy pamiętać, iż każdy system informatyczny, oprócz swojej funkcjonalności, powinien być przyjazny dla użytkownika, tak aby jego nauka i późniejsza praca z nim nie sprawiała większych problemów. Zintegrowane oprogramowanie jest przeznaczone dla różnych kategorii odbiorców w organizacji (również tych „niezaawansowanych komputerowo”), dlatego jego interfejs musi być przejrzysty i intuicyjny.
4. Wydajność (1.4) – to kolejny ważny aspekt zintegrowanych systemów informatycznych. Liczba i złożoność pojedynczych modułów nie powinna wpływać na wydajność pracy całego systemu*.

Zintegrowane systemy informatyczne to zazwyczaj rozwiązania drogie. Dlatego istotne jest porównanie **kosztów** (2) poszczególnych systemów. Muszą one uwzględniać nie tylko cenę zakupu samego rozwiązania (2.1), również ważne są aspekty wsparcia i utrzymania danego systemu (2.3).

Trzecim kryterium jest **reputacja** producenta danego rozwiązania (3). Powinna ona uwzględniać jego pozycję na lokalnym rynku usług informatycznych (3.1) oraz liczbę rekomendacji powdrożeniowych (3.2). Zmniejsza to ryzyko, iż producent niespodziewanie wycofa się z rynku lub straci zdolność wywiązywania się z zawartych zobowiązań.

Hierarchiczna struktura problemu decyzyjnego została przedstawiona na rysunek 2.

* Subkryteria zostały oparte na wytycznych ISO 9126 odnośnie oceny jakości oprogramowania.



Rys. 2. Hierarchiczna struktura problemu decyzyjnego

W celu wyboru optymalnego systemu, zespół projektowy dokonuje ocen poszczególnych kryteriów i subkryteriów znajdujących się na tym samym poziomie w hierarchii struktury ważności. Chcąc nadać odpowiednie wagi poszczególnym kryteriom, metoda AHP wykorzystuje porównywanie elementów parami. Decydenci wyrażają swoje preferencje za pomocą skali ocen od 1 do 9, gdzie 1 oznacza równowagę porównywanych elementów, a 9 jest synonimem ekstremalnej preferencji jednego elementu względem drugiego. Wynik jest przedstawiany w postaci kwadratowej macierzy preferencji. Dla przykładowych danych może ona wyglądać następująco:

<i>Kryterium</i>	(1)	(2)	(3)	
(1)	1	$\frac{3}{1}$	$\frac{4}{1}$	(W1),
(2)	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{2}{1}$	
(3)	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	

gdzie: współczynnik $\frac{3}{1}$ w komórce (1,2) macierzy (W1) oznacza, że kryterium (1) jest „trzy razy bardziej preferowane” od kryterium (2).

Łatwo zauważyć, że tak skonstruowana macierz jest spójna parami, tzn. $w_{ij} \cdot \frac{1}{w_{ji}} = 1$, gdzie w_{ij} , $i, j \in \{1,2,3\}$ są elementami macierzy (W1)*. Kolejnym krokiem w metodzie AHP jest obliczenie wektora własnego macierzy preferencji. Saaty dowiódł [1990], iż takie podejście jest optymalne w celu znalezienia końcowego rankingu dla rozważanego kryterium. Zastosowano do tego zadania dogodną w obliczeniach numerycznych metodę wyznaczenia wektora własnego, polegającą na podniesieniu macierzy preferencji do kwadratu, a następnie zsumowaniu jej kolumn i znormalizowaniu otrzymanego wektora. Operację tę trzeba powtarzać, aż do momentu uzyskania „stałego” wektora wag, to znaczy różniącego się w kolejnej iteracji, maksymalnie o stałą ε . Dla ustalenia uwagi przyjęto $\varepsilon = 0,001$. Na przykładzie macierzy (W1), zilustrowano algorytm obliczania wektora własnego:

1 iteracja:

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 0,333 & 1 & 2 \\ 0,25 & 0,5 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 0,33 & 1 & 2 \\ 0,25 & 0,5 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,999 & 8 & 14 \\ 1,166 & 2,999 & 5,332 \\ 0,667 & 1,75 & 3 \end{bmatrix} \quad (W2)$$

$$\begin{bmatrix} 2,999 \\ 1,166 \\ 0,667 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 8 \\ 2,999 \\ 1,75 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 14 \\ 5,332 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 24,999 \\ 9,497 \\ 5,417 \end{bmatrix} \quad (W3)$$

$$\begin{bmatrix} 24,999 \\ 9,497 \\ 5,417 \end{bmatrix} \times \frac{1}{24,999 + 9,497 + 5,417} = \begin{bmatrix} 0,626 \\ 0,238 \\ 0,136 \end{bmatrix} \quad (W4)$$

* W celu zbadania globalnej spójności macierzy stosuje się dwa współczynniki: CI (*Consistency Index*) oraz CR (*Consistency Ratio*). Pozwalają one ocenić, czy preferencje decydenta powinny ulec przededefiniowaniu, jednak dopuszcza się również przypadki, w których macierz preferencji nie jest spójna globalnie [por. Saaty, 1990].

2 iteracja:

$$\begin{bmatrix} 2,999 & 8 & 14 \\ 1,166 & 2,999 & 5,332 \\ 0,667 & 1,75 & 3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 2,999 & 8 & 14 \\ 1,166 & 2,999 & 5,332 \\ 0,667 & 1,75 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 27,653 & 72,484 & 126,642 \\ 10,547 & 27,653 & 48,311 \\ 6,039 & 15,83 & 27,662 \end{bmatrix} \quad (\text{W5})$$

$$\begin{bmatrix} 27,653 \\ 10,547 \\ 6,039 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 72,484 \\ 27,653 \\ 15,83 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 126,642 \\ 48,311 \\ 27,662 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 226,779 \\ 86,511 \\ 49,531 \end{bmatrix} \quad (\text{W6})$$

$$\begin{bmatrix} 226,779 \\ 86,511 \\ 49,531 \end{bmatrix} \times \frac{1}{226,779 + 86,511 + 49,531} = \begin{bmatrix} 0,625 \\ 0,238 \\ 0,137 \end{bmatrix} \quad (\text{W7})$$

$$\begin{bmatrix} 0,625 \\ 0,238 \\ 0,137 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0,626 \\ 0,238 \\ 0,136 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,001 \\ 0 \\ 0,001 \end{bmatrix} \quad (\text{W8})$$

Widać, że wartość błędu wektora (W7) względem wektora (W4) nie przekracza w drugiej iteracji założonego ε (W8), dlatego można zakończyć algorytm na tym etapie. Otrzymany wektor wag jest jednocześnie rankingiem dla pierwszego kryterium, w którym co widać, jakość oprogramowania znacznie przewyższa pozostałe czynniki.

W ten sam sposób oblicza się ranking dla każdego z subkryteriów:

<i>Subkryterium</i>	(1.1)	(1.2)	(1.3)	(1.4)	
(1.1)	1	$\frac{5}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{5}{1}$	$\Rightarrow \begin{bmatrix} 0,578 \\ 0,13 \\ 0,212 \\ 0,081 \end{bmatrix} \quad (\text{W9})$
(1.2)	$\frac{1}{5}$	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{1}$	
(1.3)	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{1}$	1	$\frac{2}{1}$	
(1.4)	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	

$$\begin{array}{l}
 \text{Subkryterium} \\
 \begin{array}{ccc}
 (2.1) & (2.1) & (2.2) \\
 (2.1) & 1 & \frac{2}{1} \\
 (2.2) & \frac{1}{2} & 1
 \end{array}
 \Rightarrow \begin{bmatrix} 0,667 \\ 0,333 \end{bmatrix} \text{ (W10)} \\
 \text{Subkryterium} \\
 \begin{array}{ccc}
 (3.1) & (3.1) & (3.2) \\
 (3.1) & 1 & \frac{3}{1} \\
 (3.2) & \frac{1}{3} & 1
 \end{array}
 \Rightarrow \begin{bmatrix} 0,75 \\ 0,25 \end{bmatrix} \text{ (W11)}
 \end{array}$$

Chcąc uzyskać ranking końcowy, należy w pierwszej kolejności zestawić systemy A i B ze wszystkimi subkryteriami, a następnie przemnożyć je przez odpowiadający im wektor wag. W tym przypadku można tak samo jak poprzednio użyć macierzy preferencji i wyznaczyć jej wektor własny lub zastosować alternatywną metodę. Przykładowo, dla subkryterium pozycji na rynku może to być miejsce danego systemu w pierwszej setce najlepiej sprzedających się rozwiązań ubiegłego roku. Rekomendacje natomiast, mogą być wyrażone wprost, np. w postaci liczby wdrożeń zakończonych sukcesem. Otrzymane dane są dodatkowo standaryzowane:

$$\begin{array}{l}
 \text{Subkryteria} / \text{Alternatywy} \\
 \begin{array}{ccc}
 (3.1) & (3.2) \\
 \text{System A} & \frac{23}{100} & \frac{10}{10} \\
 \text{System B} & \frac{15}{100} & \frac{5}{10}
 \end{array}
 \times \begin{bmatrix} 0,75 \\ 0,25 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,423 \\ 0,238 \end{bmatrix} \text{ (W12)}
 \end{array}$$

Ostatni krok to porównanie wyników rankingów dla poszczególnych subkryteriów z wektorem wag najwyższego kryterium w hierarchii (W7):

$$\begin{array}{l}
 \text{Kryteria} / \text{Alternatywy} \\
 \begin{array}{cccc}
 (1) & (2) & (3) & \\
 \text{System A} & 0,182 & 0,623 & 0,423 \\
 \text{System B} & 0,239 & 0,331 & 0,238
 \end{array}
 \times \begin{bmatrix} 0,625 \\ 0,238 \\ 0,137 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,32 \\ 0,26 \end{bmatrix} \text{ (W13)}
 \end{array}$$

Podsumowanie

Wektor wag otrzymany z prowadzonych metodą AHP obliczeń wskazuje na wybór systemu A jako optymalnego zintegrowanego narzędzia do zarządzania uczelnią. Pomimo iż obliczenia były dokonywane na przykładowych danych, to w praktyce różnice pomiędzy alternatywnymi rozwiązaniami też będą niewielkie [Bevilacqua, Braglia, 2000; Onut, Efendigil, 2010]. Potwierdza to początkowe przypuszczenie o trudności rozważanego problemu decyzyjnego, którego optymalne rozwiązanie zostaje uzyskane poprzez analizę wszystkich założonych kryteriów. Dodatkowo, dzięki ich hierarchizacji można nadać odpowiednie wagi elementom na poszczególnych poziomach. Przeprowadzona w poprzednim paragrafie symulacja miała również na celu pokazanie, iż metodę AHP daje się łatwo zastosować w obliczeniach komputerowych. Jest to szczególnie ważne przy dużej liczbie porównywanych kryteriów i subkryteriów.

Użycie metody AHP pozwala na podzielenie złożonego problemu na mniejsze części, a co za tym idzie, wydzielenie odpowiednich kompetencji w zespole projektowym. Nie zakłada ona żadnych ograniczeń na rodzaj oraz typ porównywanych danych, co wpływa na różnorodność zespołu, który może składać się z ekspertów i konsultantów wyrażających swoje opinie, jak również analityków dostarczających ścisłych danych statystycznych.

W obliczu podejmowania strategicznej dla uczelni decyzji o wyborze zintegrowanego systemu informatycznego, należy podjąć wszelkie możliwe kroki, aby powziąć tę optymalną. Istnieje wiele różnych metod, dzięki którym można się zbliżyć do tego celu, jednak żadna nie daje gwarancji stuprocentowego sukcesu. Spowodowane jest to nie tylko złożonością problemu, ale również dynamiką otoczenia, w jakiej działają – na równi z innymi organizacjami – szkoły wyższe.

Metoda AHP ma zarówno swoich zwolenników, jak i przeciwników, a ciekawa wymiana zdań na temat jej skuteczności została zapoczątkowana przez Holdera [1990, s. 1073-1076] już w 1990 r. i trwa do dziś. Celem pracy nie było wejście w tę otwartą polemikę, a skupienie się na przybliżeniu głównej idei i wachlarza możliwości metody AHP w kontekście poruszanego problemu decyzyjnego. Decydenci, którzy wybiorą inne narzędzie, mogą niewielkim nakładem sił i kosztów zastosować metodę AHP jako punkt odniesienia do uzyskanych rezultatów.

Literatura

- Bevilacqua M., Braglia M. (2000): The Analytic Hierarchy Process Applied to Maintenance Strategy Selection. „Reliability Engineering and System Safety”, 70(1).
- Dzega D., Olejniczak W. (2008): Wielowymiarowa ocena ryzyka projektów informatycznych. W: Inżynieria oprogramowania od teorii do praktyki. Red. Z. Huzar, Z. Mazur. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.

- Holder R.D. (1990): Some Comment on the Analytic Hierarchy Process, „Journal of the Operational Research Society”, 41, 11 s. 1073-1076.
- Lech P. (2003): Zintegrowane systemy zarządzania ERP/ERP II. Wykorzystanie w biznesie, wdrażanie. Difin, Warszawa.
- Lenart A. (2010): Uwarunkowania pozyskiwania zintegrowanych systemów informatycznych zarządzania. W: Informatyka Ekonomiczna 17. Systemy informacyjne w zarządzaniu. Przegląd naukowo-dydaktyczny. Red. A. Nowicki, I. Chomiak-Orsa, H. Sroka. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Wrocław.
- Maciejczyk M. (2010): Roll-out jako metoda wdrożeń systemów zintegrowanych. W: Informatyka Ekonomiczna 18. Systemy informacyjne w zarządzaniu. Zastosowania praktyczne. Red. I. Chomiak-Orsa, H. Sroka, J. Sobieska-Karpińska. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Wrocław.
- Min H. (1992): Selection of Software: The Analytic Hierarchy Process. „International Journal of Physical Distribution and Logistics Management”, 22(1).
- Onut S., Efendigil T. (2010): A Theoretical Model Design for ERP Software Selection Process under the Constraints of Cost and Quality: A Fuzzy Approach. „Journal of Intelligent & Fuzzy Systems”, 21.
- Saaty T.L. (1990): How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. „European Journal of Operational Research”, Vol. 48. 1.

APPLICATION OF THE AHP METHOD TO SELECT THE OPTIMAL INTEGRATED SYSTEM SUPPORTING MANAGEMENT OF THE INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION

Summary

The main goal of the paper is to introduce the tool which may be useful in the multicriterial decision making process of selecting the best software for integrating the core business operations in the institutions of higher education. The article was divided into three parts. The first one includes an overview of the integrated software systems. It also contains a description of the main university processes which have to be operationalized and rationalized within integrated application. In the second part, the analytic hierarchy decision making method has been proposed as a solution in questioned decision making problem. It is justified why the AHP method is worth applying when considering the optimal solution. The last part of the article presents practical use of the AHP method, which can be easily adjusted to the specific university environment.