

ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY

WYDZIAŁ INFORMATYKI

ROZPRAWA DOKTORSKA

Katarzyna Sikora

**Model systemu informatycznego do oceny  
użyteczności zdobywanych kompetencji  
zawodowych**

Promotor rozprawy:

**prof. ZUT dr hab. inż. Emma Kusztna**

Szczecin 2011



# Spis treści

<b>WSTĘP .....</b>	<b>3</b>
<b>1. KOMPETENCJE W EDUKACJI I NA RYNKU PRACY.....</b>	<b>8</b>
1.1. DEFINICJA I STRUKTURA KOMPETENCJI.....	12
1.2. STANDARYZACJA OPISU KOMPETENCJI .....	16
1.3. MODELOWANIE KOMPETENCJI .....	23
<b>2. SYSTEMY INFORMATYCZNE WSPARCIA KANDYDATÓW NA STUDIA (I STUDENTÓW).....</b>	<b>27</b>
2.1. DORADZTWO ZAWODOWE ŚRODOWISK AKADEMICKICH .....	27
2.2. REALIZOWANE FUNKCJE DORADCZE W SYSTEMACH INFORMATYCZNYCH.....	28
2.3. ANALIZA DIAGNOSTYCZNA STOSOWANYCH ROZWIĄZAŃ INFORMATYCZNYCH	29
<b>3. WARUNKI FORMALIZACJI SYSTEMU DO OCENY UŻYTECZNOŚCI ZDOBYWANYCH KOMPETENCJI ZAWODOWYCH .....</b>	<b>41</b>
3.1. MIEJSCE SYSTEMU INFORMATYCZNEGO NA RYNKU KOMPETENCJI.....	43
3.2. CHARAKTERYSTYKA KANDYDATA (STUDENTA) I SYTUACJI DECYZYJNEJ.....	47
3.3. ANALIZA ŹRÓDEŁ, NATURY I ILOŚCI INFORMACJI W SYSTEMIE.....	50
<b>4. KONCEPCJA FUNKCJONOWANIA INFORMATYCZNEGO SYSTEMU WSPARCIA W WYBORZE EDUKACJI I NA RYNKU PRACY .....</b>	<b>61</b>
4.1. MODEL INFRASTRUKTURY INFORMATYCZNEJ SYSTEMU .....	62
4.2. ALGORYTMIZACJA PREDYSPOZYCJI UŻYTKOWNIKA.....	66
4.3. METODY WYBORU KIERUNKU STUDIÓW I SPECJALNOŚCI.....	70
4.4. PREZENTACJA WYNIKÓW Z UWZGLĘDNIENIEM RANKINGÓW UCZELNI I PERSONALIZACJI OFERT EDUKACYJNYCH .....	95
<b>5. ZASTOSOWANIE WYBRANYCH OPCJI SYSTEMU DO OCENY UŻYTECZNOŚCI ZDOBYWANYCH KOMPETENCJI ZAWODOWYCH (STUDIUM PRZYPADKU).....</b>	<b>102</b>
5.1. OKREŚLENIE POSZUKIWANEJ SPECJALNOŚCI .....	102
5.2. OCENA ZGODNOŚCI OFERT EDUKACYJNYCH Z WYMAGANIAMI.....	102
5.3. WZBOGACENIE OCENY OFERT O POZYCJE UCZELNI W RANKINGACH .....	111

5.4. PERSONALIZACJA WYNIKÓW OCENY ZGODNOŚCI OFERT EDUKACYJNYCH Z WYMAGANIAMI I PREZENTACJA OSTATECZNEGO RANKINGU .....	112
<b>ZAKOŃCZENIE .....</b>	<b>115</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>119</b>
<b>SPIS RYSUNKÓW .....</b>	<b>129</b>
<b>SPIS TABEL .....</b>	<b>131</b>
<b>A. PRZYKŁAD OPRACOWYWANIA LINGWISTYCZNEJ BAZY WIEDZY SŁUŻĄCEJ PERSONALIZACJI OCENY OFERT EDUKACYJNYCH.....</b>	<b>133</b>

## Wstęp

Wszechpostępująca globalizacja nie jest zjawiskiem nowym i nie dotyczy tylko aspektu ekonomicznego (jak kwestia wymiany dóbr), to także sytuacja na rynku pracy, jak i coraz bardziej na rynku edukacyjnym. Zwłaszcza w kontekście coraz większego zorientowania pracodawców na zarządzanie wiedzą oraz poszukiwanie, zatrzymywanie i rozwijanie kompetencji, sytuacja ta powoduje wiele zmian związanych z kształceniem. Pojawiają się nowe możliwości, ale także i nowe problemy.

Zgodnie z założeniami Procesu Bolońskiego [8], do którego przystąpiła większość krajów europejskich i około-europejskich, każdy obywatel krajów członkowskich ma możliwość studiowania w dowolnym z nich, mając pewność, że zdobyte kwalifikacje zostaną rozpoznane w krajach pozostałych [23]. Celem przeprowadzanych w ramach procesu reform i restrukturyzacji jest transformacja systemów edukacyjnych krajów członkowskich we wspólny obszar usług edukacyjnych opartych o przyjęty system transferu ocen. Podstawowe rozwiązania wprowadzone w tym celu to system transferu punktów ECTS, Suplement do Dyplomu oraz Europejskie (a także narodowe) Ramy Kwalifikacji, w obrębie których opracowywane są standardy dotyczące treści kształcenia. Realizacja założeń procesu jest monitorowana co kilka lat, a badania wskazują na stały postęp w zakresie promowania i umożliwiania mobilności studentów [24, 90, 91].

Głównym celem Procesu Bolońskiego, którego realizację zaplanowano na rok 2010, było stworzenie jednolitej platformy edukacyjnej zwanej Europejskim Obszarem Kształcenia Wyższego (ang. European Higher Education Area - EHEA) [59]. Cel ten został osiągnięty i platforma została uruchomiona w marcu 2010 [31], w związku z czym wyznaczono cel działania na kolejną dekadę, jakim jest konsolidacja utworzonego obszaru kształcenia [125].

Wprowadzenie zjednoczonego obszaru edukacji wyższej umożliwia wybór miejsca dalszego kształcenia niezależnie od tego gdzie ukończono poprzedni poziom edukacji, a jednolite podejście do edukacji zapewnia sytuację, w której informacja o kraju w jakim zdobyto edukację nie będzie miała wpływu na decyzję potencjalnego pracodawcy, gdyż będzie on w stanie dokładnie zrozumieć otrzymane kwalifikacje. Ponadto, większy wybór możliwości kształcenia to lepsze szanse na znalezienie oferty

edukacyjnej jak najbardziej dopasowanej do wymagań przyszłego studenta, a także do wymagań przyszłego pracodawcy. Niestety w tym miejscu często pojawiają się dodatkowe komplikacje.

Istnieje wiele osób, które nie potrafią dokonać prawidłowej oceny, czy to swoich predyspozycji i możliwości odnośnie nauczania, czy to wymagań rynku, czy też wreszcie samej oferty edukacyjnej, w rezultacie czego trafiają na nieodpowiednie studia. Przy tym niemały procent osób wybierając studia w ogóle nie kieruje się myślą o przyszłości zawodowej. Przykładowo, pomimo wciąż wzrastającego zapotrzebowania na specjalistów-inżynierów, absolwentów kierunków technicznych oraz ścisłych, liczba studiujących takie kierunki w Polsce na przestrzeni ostatnich 8 lat (jak pokazuje raport [99]) zmalała o 42%, podczas gdy liczba osób studiujących kierunki społeczne, pedagogiczne i humanistyczne wzrosła odpowiednio o 39%, 47% oraz 59%, mimo, że zapotrzebowanie na absolwentów tych kierunków wciąż spada.

Taka sytuacja oznacza, że istnieje spora liczba kandydatów, którzy nie mają na celu zaspokajania potrzeb rynku poprzez zdobywanie na studiach odpowiednich kompetencji, lub też nie wiedzą jak tego dokonać. Wiąże się to jednak także z innymi konsekwencjami:

- część kandydatów uważa, że liczy się posiadanie dyplomu, a nie to, czego ów dyplom dotyczy - może to doprowadzić do sytuacji, gdy rzeczywiście większość pracodawców również przyjmie takie założenie;
- w takim przypadku dyplom uczelni wyższej zdecydowanie traci na wartości;
- w rezultacie zyskują na wartości szkolenia prowadzące do uzyskania certyfikatów różnych umiejętności, pracodawcy postanawiają sami kształcić swoich pracowników, niejako od zera, albo też odwracają się zupełnie od posiadaczy jedynie dyplomów akademickich na rzecz osób z doświadczeniem (lub przynajmniej wykształceniem) czysto zawodowym, co jednak w przypadku pracowników wiedzy byłoby bardzo trudne;
- taka sytuacja powoduje, że tracą zarówno uczelnie: brak studentów = brak środków = upadek; pracodawcy: większy koszt zdobycia wykwalifikowanego pracownika; jak i sami kandydaci, marnujący czas na niepotrzebną edukację, czego rezultatem jest gorszy start w życie zawodowe.

Sposobem na zmianę, czy też zapobieżenie, takiej sytuacji jest z jednej strony wspomaganie kandydata na studia w ocenie własnych predyspozycji (istnieją już różne rozwiązania przeznaczone do tego celu, np. [26]), a z drugiej w ocenie możliwości kształcenia pod względem użyteczności zdobywanej wiedzy. W rozumieniu słownikowej definicji użyteczności, mówimy w tym momencie o wiedzy, która przynosi komuś pożytek, jest do czegoś przydatna. W przypadku kształcenia oznacza to, że po zakończeniu edukacji możliwe jest jak najszybsze podjęcie pracy w wybranym zawodzie, gdyż wiedza zdobyta w trakcie nauczania jest w tym celu wystarczająca.

Patrząc z punktu widzenia zarządzania wiedzą oraz trendów z tym związanych, możemy stwierdzić że niezwykle istotnym pojęciem, pojawiającym się zarówno kontekście zawodowym jak i edukacyjnym, jest pojęcie kompetencji. Powstał szereg prac służących definicji kompetencji z punktu widzenia różnych dziedzin i zastosowań (w tym nawet standard ISO [47]), prowadzone są działania w kierunku standaryzacji struktury opisu kompetencji, w zależności od obszaru jej wykorzystania (np. RCD [22] w edukacji, HR-XML [43] w zarządzaniu zasobami ludzkimi), opracowywane są również metody pozwalające na modelowanie kompetencji (np. zbiory kompetencji [124]), a także bazy kompetencji wykorzystywane głównie wewnątrz firm do opisu stanowisk pracy, standardy służące opisaniu profili zawodowych (np. [76]) oraz profili kształcenia (np. [73]) przy pomocy kompetencji. Wszystko to wynika z potrzeby wprowadzenia rozwiązań pozwalających na pracę z kompetencjami, które coraz częściej zastępują pojęcie samej wiedzy, jako że obejmują zarówno wiedzę teoretyczną jak i umiejętności praktyczne z nią związane. Możemy więc mówić o potrzebie oceny użyteczności nie tyle zdobywanej wiedzy, co zdobywanych kompetencji. Kompetencje będą zaś przydatne, jeżeli w chwili zakończenia edukacji do nich prowadzącej będzie istniało na rynku zapotrzebowanie na osobę, która je posiada.

Zapotrzebowania rynku zmieniają się w sposób dynamiczny: to, co potrzebne jest dziś, za kilka tygodni może okazać się zbędne. Z tego powodu przy rozpatrywaniu (czy też przygotowywaniu) oferty edukacyjnej ważne jest skupienie się nie tyle na obecnych wymaganiach rynku, co przede wszystkim na przewidywanym zapotrzebowaniu jakie będzie występować w chwili zakończenia danego programu nauczania. Konieczne jest tu uwzględnienie także tego, że treść i zawartość kompetencji może się zmieniać wraz z rozwojem nowych metod i technologii, choć nazwa i ogólne określenie tej kompetencji mogą pozostać takie same.

Naturalnie nie jest możliwe określenie przyszłej sytuacji na rynku ze stu procentową pewnością, istnieją jednak firmy, organizacje, zajmujące się badaniem tendencji rynkowych, a także gromadzeniem danych statystycznych według których prognozy mogą być tworzone (np. Gartner [119]). Trendy w rozwoju różnego rodzaju rozwiązań teoretycznych i praktycznych związane są również niewątpliwie z nauką i mogą być określone w oparciu o przyznawane patenty oraz o liczbę publikacji naukowych związanych z opracowaniem i analizą nowych metod, technologii czy narzędzi. Należy przy tym wziąć pod uwagę fakt, że zmiany na rynku edukacyjnym nie następują w sposób tak dynamiczny jak na rynku pracy. Związane jest to z ograniczeniami dotyczącymi cyklu nauczania i cyklu życia organizacji edukacyjnej: zmiany w programie z reguły mogą następować tylko w określonych momentach czasu (np. na początku roku akademickiego układany jest plan zajęć, który w obrębie tego roku nie może ulec zmianie, podobnie zdobycie nowego wyposażenia, nowych technologii, wymaga czasu).

Pozostaje zatem do rozwiązania następujący problem: w jaki sposób kandydat na studia ma wybrać ofertę edukacyjną, która zapewni mu wykształcenie jak najbardziej zgodne z przyszłymi wymaganiami rynku, a zarazem będzie dostosowana do jego indywidualnych preferencji i możliwości, w sytuacji, gdy liczba dostępnych ofert wzrasta wraz z ekspansją rynku edukacyjnego, a ich samodzielna, dokładna analiza jest niemożliwa.

Rozwiązaniem takiego problemu, o czym wspomniano już w [97], jest wprowadzenie odpowiedniego systemu wspomaganie decyzji, który będzie w stanie przeanalizować i wykorzystać informacje pochodzące z rynku pracy i z rynku edukacyjnego – informacje o wymaganych i oferowanych kompetencjach. Istnieje szereg rozwiązań, których celem jest wspomaganie kandydata na studia, lub też studenta, takich jak katalogi dostępnych kursów i programów studiów (np. PLOTEUS [30]), bazy danych o zawodach (np. [75]), systemy do oceny predyspozycji zawodowych (np. DISCOVER [26]), czy do układania ścieżki nauczania w ramach jednej uczelni (np. [5]). Żadne jednak z tych rozwiązań nie jest nastawione na ocenę użyteczności zdobywanych kompetencji z punktu widzenia przyszłych wymagań rynku pracy. Żadne nie stanowi też kompleksowego rozwiązania, które pozwoliłoby nie tylko na przeprowadzenie takiej oceny, ale także na jej personalizację pod względem innych



wymagań kandydata, oraz na ocenę jego predyspozycji przed przystąpieniem do analizy ofert edukacyjnych.

W związku z powyższym, podjęto próbę rozwiązania przedstawionego problemu. Sformułowano następujący **cel pracy**:

*Opracowanie modelu doradczego systemu informatycznego oceny ofert edukacyjnych prowadzących do uzyskania docelowych (wymaganych na rynku) kompetencji (z określonym stopniem prawdopodobieństwa) w oparciu o metody sztucznej inteligencji.*

Przyjęto następującą **hipotezę naukową**:

*Wykorzystanie metod ilościowych i sztucznej inteligencji w ramach obowiązujących standardów umożliwia opracowanie systemu informatycznego o szerszych możliwościach wyboru jakościowego ofert edukacyjnych.*

**W pierwszym rozdziale** pracy przedstawiono występujące w literaturze definicje kompetencji oraz wskazano definicję przyjętą w pracy. Ponadto w rozdziale tym przedstawione zostały obowiązujące i opracowywane standardy dotyczące metod opisu i strukturyzacji kompetencji, a także standardy odnośnie treści kompetencji w kontekście edukacyjnym oraz zawodowym. Opisano także dwa najistotniejsze kierunki rozwoju metod modelowania kompetencji.

**Rozdział drugi** przedstawia obecne podejścia do rozwiązania przedstawionego problemu wyboru oferty edukacyjnej, wraz z podsumowaniem określającym ich wady i zalety w kontekście poszukiwanego rozwiązania.

**W trzecim rozdziale** opisane zostało w sposób ogólny proponowane podejście do rozwiązania problemu – przedstawiono miejsce systemu na rynku kompetencji, scharakteryzowana została sytuacja decyzyjna, przedstawiono podstawowe zadania systemu, a także przeanalizowano źródła danych wejściowych.

**Rozdział czwarty** zawiera dokładny opis opracowanego modelu systemu, proponowaną strukturę i funkcjonalność, przedstawioną krok po kroku. Z kolei **w rozdziale piątym** przedstawiono przykład działania tak opracowanego systemu.

## 1. Kompetencje w edukacji i na rynku pracy

Zgodnie z obecnymi wymaganiami rynku podstawowym narzędziem oceny pracowników oraz kandydatów do pracy w wielu firmach i organizacjach są kompetencje. Duże znaczenie kompetencji zarówno na rynku pracy jak i na rynku edukacyjnym doprowadziło do powstania różnych standardów pozwalających na opisanie struktury kompetencji, bądź też na określenie znaczenia kompetencji pod względem reprezentowanych przez nie treści. Chcąc poruszać się na tak postrzeganym rynku należy przede wszystkim zrozumieć czym jest kompetencja, gdzie jest wykorzystywana i jak może być przetwarzana, analizowana, oceniana.

Począwszy od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku, pojęcie kompetencji zaczęło nabierać coraz większego znaczenia, zwłaszcza dla rynku pracy [70]. Stało się ono elementem podstawowym w zarządzaniu zasobami ludzkim w każdej większej firmie. W chwili obecnej wiele firm określa (przynajmniej na poziomie wewnętrznym) poszczególne stanowiska pracy z wykorzystaniem kompetencji do ich opisu. Nie brak także inicjatyw zewnętrznych dążących do określenia w miarę jednorodnego, standardowego opisu poszczególnych zawodów (np. [75]). Jednym z wartych uznania pomysłów, zyskującym wciąż na popularności i uwadze jest tzw. karta kompetencji [35], określająca dokładnie jak w danej firmie wybraną kompetencję należy rozumieć i w jakich przypadkach ma ona zastosowanie lub jest wręcz niezbędna.

Podobnie i na rynku edukacyjnym zagadnienie kompetencji nie przeszło niezauważenie, stąd między innymi wprowadzenie w ramach inicjatywy Procesu Bolońskiego opisu kierunków studiów między innymi poprzez kompetencje. Każde państwo, które przyjęło warunki Procesu ma obowiązek zdefiniowania w taki sposób standardowych, minimalnych wymagań odnośnie treści kierunków kształcenia, zgodnie z narodową strukturą kwalifikacji [9]. Istnieją jednak również podobne opisy tworzone na poziomie międzynarodowym (np. [122]). W wyniku działań związanych z Procesem Bolońskim powstają także inne inicjatywy dotyczące kompetencji, np. opisane w [37] podejście do oceny spójności kursów pod względem oferowanych kompetencji i zgodności z założeniami Procesu.

Zatem, jeżeli zarówno rynek pracy, jak i rynek edukacyjny posługuje się kompetencjami, co więcej, to one zasadniczo są oferowane przez kształcenie i to przede wszystkim one poszukiwane są przez pracodawców, a każdy człowiek poprzez ich

pryzmat jest postrzegany, można stwierdzić, że mamy do czynienia nie z rynkiem pracy czy edukacji, ale z obejmującym je, łączącym je w jedno, rynkiem kompetencji.

Choć brak jest definicji wprost, pojęcie rynku kompetencji pojawia się w różnych publikacjach, tak polskich (np. [107]), jak i zagranicznych (np. [64], [39]), zwłaszcza jako uosobienie postępu i zmian, konieczności nowego spojrzenia i zastosowania nowych miar, zarówno w edukacji, jak i w biznesie. Możemy wyróżnić trzy podstawowe sposoby postrzegania kompetencji:

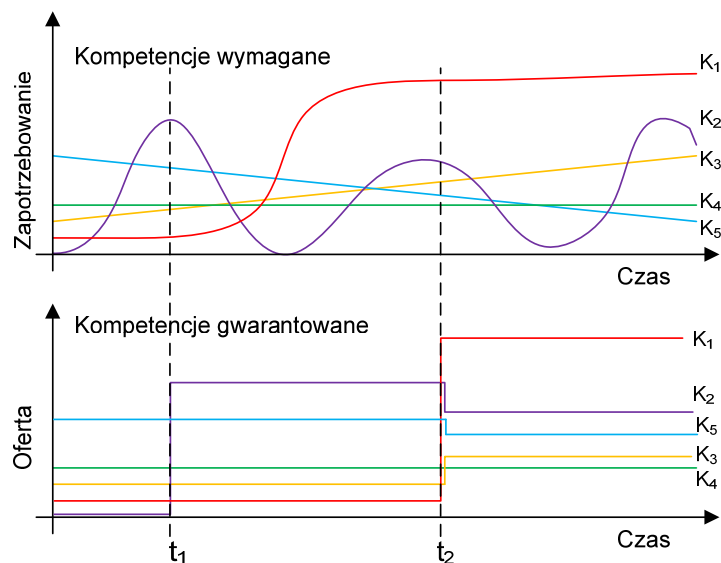
- kompetencje posiadane – czyli to, co dana osoba obecna na rynku już wie i umie;
- kompetencje wymagane – czyli to, czego poszukują pracodawcy, co jest niezbędne do pracy w konkretnym zawodzie, na wybranym stanowisku;
- kompetencje gwarantowane – czyli te, których opanowanie zapewnia nam dana uczelnia w ramach wybranego kierunku studiów oraz specjalności.

Przy takim podziale możemy rynek edukacyjny nazwać rynkiem kompetencji gwarantowanych, a rynek pracy – rynkiem kompetencji wymaganych, przy założeniu, że oddzielamy czynnik czysto ludzki, wspólny dla obu tych rynków, a charakteryzujący się kompetencjami posiadanymi. Należy tutaj podkreślić fakt niezbędnej interakcji między oboma rynkami. Przede wszystkim istotne jest to, by kompetencje wymagane były uwzględniane przy definiowaniu oferty edukacyjnej, by zaspokoić podaż na konkretny profil kandydata.

Jeżeli interakcja zachodzi prawidłowo, a rynek edukacyjny odpowiednio reaguje na wymagania rynku pracy, poprzez dostosowanie swojej oferty, dowolny aktor pojawiający się na tym rynku jest w stanie bądź to od razu znaleźć pracę, bądź też bez problemu zidentyfikować oferty edukacyjne, których realizacja zagwarantuje mu opanowanie kompetencji niezbędnych na upatrzonym stanowisku. Możemy powiedzieć, że stopień przystosowania oferty edukacyjnej do wymagań rynku pracy jest jedną z miar jej jakości.

Istotną cechą rynku kompetencji jest sposób, w jaki zmienia się panująca na nim sytuacja. Zapotrzebowanie na poszczególne zestawy kompetencji zmienia się w sposób dynamiczny, rynek pracy – rynek kompetencji wymaganych – nigdy nie stoi w miejscu. Niektóre kompetencje potrzebne są sezonowo, zapotrzebowanie na inne może utrzymywać się na stałym poziomie, bądź też stale maleć lub wzrastać. Jako że w wyniku rozwoju nowoczesnych technologii coraz częściej powstaje zapotrzebowanie

na nową wiedzę, umiejętności, kompetencje, może się nagle wystąpić duże zapotrzebowanie na specjalistów, których do tego momentu rynek niemal nie dostrzegał lub wcale nie potrzebował. Pojawiają się nowe zawody, nowe stanowiska pracy, zapotrzebowanie na nowe specjalności czy wręcz całe kierunki studiów. Rynek edukacyjny nie zmienia się jednak w sposób tak dynamiczny jak rynek pracy. Zmiany na rynku edukacyjnym nie mogą przebiegać w sposób płynny, gdyż jest on ograniczony okresem obowiązywania oferty, tzn. program studiów nie może się zmienić w czasie roku akademickiego, tak jak i treść każdego innego ustalonego szkolenia raczej nie może się zmienić w trakcie jego trwania, dopiero rozpoczęcie nowego cyklu nauczania może wiązać się z wprowadzeniem niezbędnych poprawek do programu.



**Rys.1.1.** Dynamika rynku pracy i rynku edukacyjnego – zapotrzebowania i dostępu do kompetencji

Źródło: opracowanie własne

Rysunek 1.1 przedstawia różnicę w sposobie zachodzenia zmian na rynku pracy (kompetencje wymagane) oraz na rynku edukacyjnym (kompetencje gwarantowane). Jeżeli przyjmiemy, że  $t_1$  to czas rozpoczęcia cyklu edukacyjnego, a  $t_2$  to czas jego zakończenia, zauważymy, że między oboma tymi punktami w czasie zmiany wśród kompetencji gwarantowanych w ogóle nie zaszły, mimo, iż wymagania się zmieniały. Duże zapotrzebowanie na kompetencję  $K_1$ , które pojawiło się między początkiem a końcem cyklu zostało odzwierciedlone dopiero w cyklu kolejnym.

Zmiany zapotrzebowania i dostępu do kompetencji nie są jedynymi jakie należy brać pod uwagę. Oprócz wprowadzania nowych elementów czy też rozszerzania stopnia szczegółowości innych, rynek kompetencji doświadcza też innego typu zmian: zmiany znaczenia poszczególnych kompetencji pod względem ich powiązania z różnymi

technologiami oraz dziedzinami wiedzy. Innymi słowy oznacza to, że wykształcenie zdobyte dziesięć lat temu to inna treść kompetencji – inny zestaw wiedzy i umiejętności – niż w przypadku absolwentów tegorocznych. Dobrym przykładem takich zmian jest dziedzina poligrafii, która na przestrzeni ostatnich lat znacząco się rozwijała. Jeszcze jakiś czas temu specjalizacja w tej dziedzinie wymagała przede wszystkim znajomości chemii, jednak od czasu pojawienia się i upowszechniania cyfrowych technologii i możliwości druku znaczenie chemii znacznie spadło, zastąpione przez umiejętności i wiedzę informatyczną. W celu lepszego zobrazowania tej sytuacji posłużono się tabelą 1.1 pokazującą powiązanie specjalności z danymi przedmiotami zajęć w dwóch różnych momentach czasu:  $t_1$  i  $t_2$ . Łączna liczba godzin zajęć pozostała taka sama, jednak zmienił się ich rozkład – przedmiot C, będący marginalnym w czasie  $t_1$ , w czasie  $t_2$  nabrał o wiele większego znaczenia, na margines zaś przesunięte zostały treści i wiedza związane z przedmiotem B.

**Tabela 1.1.** Zmiana zawartości specjalności

	<b>Specjalność X w czasie <math>t_1</math></b>	<b>Specjalność X w czasie <math>t_2</math></b>
<b>Przedmiot A</b>	120 godz.	100 godz.
<b>Przedmiot B</b>	40 godz.	10 godz.
<b>Przedmiot C</b>	10 godz.	60 godz.

Źródło: opracowanie własne

Zmiany takie wynikają głównie, jak wspomniano, z rozwoju nowych technologii oraz z rozwoju nauki i wzrostu doświadczenia w danej dziedzinie, które prowadzą do powstawania nowych metod, czy też metodologii, działania. Określenie przewidywanych trendów pozwalałoby na określenie przypuszczalnej zawartości kompetencji powiązanej z odpowiednimi technologiami czy metodami.

Postępy odnośnie zachodzących zmian są na bieżąco śledzone (o ile oczywiście zostały upublicznione), tworzone są prognozy dotyczące tendencji wśród nowych rozwiązań, ich szans na utrzymanie się na rynku, zdobycie popularności i wejście do powszechnego użycia, czy też zanik i brak rozwoju. Jedną z najbardziej znanych organizacji skupiających się na przewidywaniu przyszłych zachowań i potrzeb odnośnie różnych aspektów rynku jest firma Gartner, która w tym celu posługuje się opracowanym przez siebie narzędziem zwanym „hype cycle”. Wśród dziedzin, którymi Gartner się zajmuje nie brak także i edukacji. W [17] przedstawiono przewidywane w roku 2007 tendencje odnośnie różnych rozwiązań związanych z edukacją, wskazujące

przykładowo, że sieci WiFi (802.11x) staną się powszechne na uczelniach w przeciągu dwóch lat, co można w chwili obecnej potwierdzić – niewiele uczelni pozbawionych jest bezprzewodowego dostępu do Internetu dla studentów. Prognozy firmy Gartner cieszą się dużym zaufaniem, o czym świadczy chociażby liczba klientów, sięgająca ponad 60 tysięcy [119].

Informacje na temat postępów w rozwoju technologii i nauki można także uzyskać śledząc działania różnych organizacji standaryzacyjnych (np. IEEE, W3C), ośrodków badawczych, czy też korzystając z informacji na temat tzw. Impact Factors publikowanych artykułów naukowych oraz na temat najważniejszych indeksów cytowań (np. dostarczanych przez firmę Thomson Reuters [19]).

Ze względu na różnorodność zmian jakie zachodzą na rynku kompetencji, odnalezienie się na nim przez pozostawionego samemu sobie młodego człowieka może być trudne, szczególnie gdy zachodzi potrzeba przełożenia wymagań pracodawcy na dostępne możliwości kształcenia. Problem ten nabiera coraz większego znaczenia wraz z rozszerzaniem się dostępnego danej osobie obszaru rynku kompetencji w sensie geograficznym. Standaryzacja rozumienia pojęcia kompetencji i wprowadzenie standardów opisu treści ofert edukacyjnych oraz kwalifikacji zawodowych ułatwia zrozumienie dostępnych informacji, jest więc pierwszym krokiem w kierunku rozwiązania tego problemu.

### **1.1. Definicja i struktura kompetencji**

Przez szereg lat zarówno w biznesie jak i w edukacji nie posługiwano się pojęciem „kompetencja”. Za pierwszą poważną wzmiankę o znaczeniu kompetencji jako świadectwa ludzkich umiejętności, zdolności i wiedzy uważa się artykuł McClellanda w czasopiśmie „American Psychologist” [70], w którym autor wyraża potrzebę wprowadzenia nowego podejścia do badania inteligencji poprzez skupienie się na kompetencjach. W dziedzinie zarządzania zasobami ludzkimi pojęcie kompetencji zdecydowanie zyskało na popularności w latach 80tych dzięki dziełu „The Competent Manager” [10]. W książce tej autor definiuje kompetencję jako wewnętrzną cechę danej osoby, którą może stanowić motywacja, zdolność, umiejętność, wizerunek lub wiedza w odniesieniu do wykonywanych zadań. Wyraża on także sąd, który został szeroko przyjęty, że każdy dobry menadżer powinien odznaczać się kompetencjami związanymi z powierzonymi mu zadaniami.

W zakresie edukacji pierwsze wzmianki o znaczeniu kompetencji i potrzebie spojrzenia na kształcenie przez ich pryzmat pojawiły się w latach 60-tych (np. [78]), jednak to przede wszystkim w zarządzaniu zasobami ludzkimi rozwijała się potrzeba sformalizowania i ustandaryzowania kompetencji.

Z tego względu, różne organizacje podejmowały próby wprowadzenia uniwersalnej definicji kompetencji. Przykładowo w swojej propozycji standardu związanego z tworzeniem „konceptualnego modelu referencyjnego dla kompetencji i powiązanych obiektów” (ang. „Conceptual reference model for competencies and related objects”) ISO/IEC definiuje kompetencję krótko jako „obserwowalną, mierzalną zdolność aktora do wykonania niezbędnej akcji w podanym kontekście w celu osiągnięcia konkretnego wyniku” [47], podczas gdy IEEE w propozycji standardu „definicji kompetencji do wielokrotnego użycia” (ang. „Reusable Competency Definition”) uznaje kompetencję za „dowolną formę wiedzy, umiejętności, nastawienia, zdolności lub celu nauczania, który może być opisany w kontekście nauczania, edukacji lub treningu” [22]. Na chwilę obecną jednak żadna definicja nie została trwale i oficjalnie przyjęta przez wszystkie środowiska zajmujące się badaniami związanymi z kompetencjami. Wynika to z faktu, iż pojęcie to jest definiowane w różny sposób nie tylko ze względu na dobór słownictwa, ale także, a może przede wszystkim, ze względu na kontekst w jakim występuje i jest wykorzystywane.

Można zatem wyodrębnić różne podejścia do definiowania pojęcia kompetencji. Wśród autorów podejmujących się wypracowania takiej definicji niektórzy przede wszystkim odnoszą się do kompetencji jako do cechy charakteryzującej (lub nie) pewną osobę [117], jako do przejawianego zachowania [41], z kolei inni traktują kompetencję niemal synonimicznie z umiejętnością, zdolnością [77] lub też uznają ją za komponent złożony z takich właśnie elementów jak umiejętności, zdolności, czy wiedza [52].

W swojej pracy Stoof [118], wyrażając sprzeciw wobec prób tworzenia uniwersalnej definicji pojęcia „kompetencja”, proponuje zastosowanie wymiarów kompetencji w celu zbudowania definicji kompetencji odpowiadającej sytuacji w jakiej ma być ona wykorzystywana. Wymiary te przedstawiono w tabeli 1.2. Wykorzystanie tak przedstawionego podejścia pozwala zidentyfikować i dobrze określić sytuację, w której zachodzi potrzeba wprowadzenia definicji kompetencji, a następnie umożliwia opracowanie definicji jak najlepiej tej sytuacji odpowiadającej.

**Tabela 1.2.** Wymiary kompetencji

<b>Wymiar</b>	<b>Ekstremum</b>	<b>Charakterystyka</b>
Pierwszy	Personalna	cecha osobista prowadząca do nadzwyczajnych rezultatów w działaniu
	Zadaniowa	element niezbędny do wykonania zadania
Drugi	Indywidualna	będąca cechą jednej osoby, niezależnie od grupy
	Grupowa	osiągana jedynie poprzez działanie grupowe
Trzeci	Konkretna	o zakresie ograniczonym do konkretnej sytuacji, zadania, warunków
	Ogólna	odnosząca się ogólnie do danego zawodu, dziedziny lub też od nich niezależna
Czwarty	Mierzona poziomami	można określić poziom biegłości w danej kompetencji
	Jako poziom	stan posiadania kompetencji jest jednym z poziomów biegłości w danej dziedzinie
Piąty	Nauczalna	związana z konkretnymi umiejętnościami, wiedzą
	Nienauczalna	odnosząca się do ukrytych zdolności i cech osobistych

Źródło: opracowanie własne na podstawie [118]

Spośród obowiązujących w świecie definicji pojęcia kompetencji na szczególną uwagę, ze względu na zgodność z podejściem zastosowanym w niniejszej pracy zasługują przynajmniej dwie: definicja stosowana we wspomnianym już standardzie RCD [22] oraz stworzona na jej podstawie, wykorzystywana w [50] definicja opracowana przez uczestników fundowanego przez Unię Europejską projektu TENCompetence [120]. Rozpatrują one kompetencję jako strukturę złożoną z kilku podstawowych elementów.

Zgodnie ze standardem RCD [22] do określenia kompetencji oprócz czystej, ogólnej definicji, której można używać wielokrotnie, stosuje się kontekst w jakim kompetencja jest wykorzystywana, dostępne metody oficjalnego potwierdzenia posiadania kompetencji, a także wymiary odnoszące się np. do poziomu biegłości.

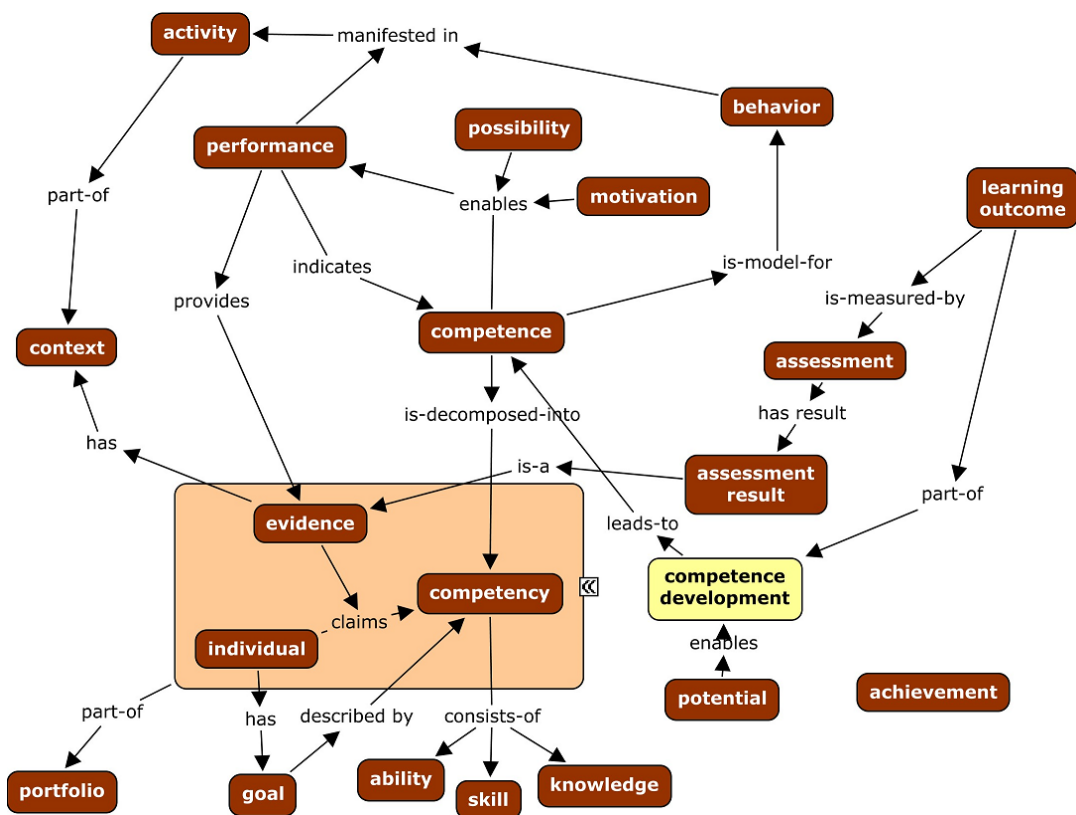
Z kolei sposób rozumienia kompetencji przez autorów [50] zakłada, że na kompetencję składa się informacja na temat samej kompetencji wzbogacona o kontekst, w którym jest ona stosowana oraz o poziom biegłości. Pozwala to na wielokrotne wykorzystanie tej samej ogólnej definicji przy różnych kontekstach i poziomach biegłości. Warto przy tym zwrócić uwagę na oryginalne słownictwo anglojęzyczne wykorzystane przez autorów, zgodnie z którym w nieco innym kontekście rozpatruje się kompetencję jako „competence”, a inaczej kompetencję pisaną jako „competency”.



Choć tradycyjnie jest to przede wszystkim różnica między pisownią amerykańską a brytyjską, różne podejścia prowadzące do porównania znaczenia obu wersji doprowadziły do stwierdzenia, że „competency” jest określeniem bardziej ogólnym, pozbawionym kontekstu, podczas gdy „competence” odnosi się do konkretnej sytuacji (np. [121]). Obie te wersje tłumaczone są na język polski jednakowo, stąd pewne ograniczenia i utrudnienia przy odwoływaniu się do zagranicznych publikacji.

Oba przedstawione spojrzenia na kompetencję podkreślają znaczenie kontekstu dla prawidłowego jej zdefiniowania, co jest zgodne z wcześniej przedstawionymi poglądami na temat opracowywania definicji pojęcia „kompetencja”.

A. Schmidt, autor uznanych publikacji na temat kompetencji (np. [105]), rozpatrując różne pojęcia związane z tym zagadnieniem i chcąc je usystematyzować opracował ontologię opisującą kompetencję, jej strukturę i powiązania z innymi związanymi z nią elementami. Wynik swojej pracy opublikował na prowadzonym przez siebie blogu naukowym [104]. Na rysunku 1.2 ze względu na wspomnianą już trudność wynikającą z niedoskonałości tłumaczenia słów „competence” oraz „competency”, zamieszczono oryginalną, anglojęzyczną wersję tej ontologii.



Rys.1.2. Ontologia systematyzująca pojęcia dotyczące kompetencji (oryginał)

Źródło: [104]

Wykorzystując przedstawione podejścia oraz zaprezentowane w tabeli 1.2 wymiary kompetencji można określić, że na potrzeby niniejszej pracy kompetencja będzie rozpatrywana jako:

- kompetencja zadaniowa – powiązana z konkretnymi zadaniami, zawodem, wykształceniem, których dotyczy i wyznaczająca minimalny standard;
- kompetencja indywidualna – gdyż dotyczy każdego kandydata osobiście;
- kompetencja ogólna – ponieważ wszelkie opisy kompetencji powiązanych z kierunkami kształcenia oraz zawodami tworzone są w sposób ogólny, ich bardzo szczegółowa specyfikacja przeczyłaby bowiem racji ich istnienia;
- kompetencja mierzona poziomami – zgodnie z faktem istnienia skal ocen w edukacji;
- kompetencja nauczalna – odnosząca się do konkretnych umiejętności i wiedzy, które można sprawdzić.

Innymi słowy, za kompetencję uznaje się taki zestaw wiedzy, umiejętności oraz zdolności, który może być opisany w kontekście nauczania, edukacji lub treningu, oraz w kontekście powiązanych technologii.

W sposób bardziej formalny, powołując się na [58], możemy przedstawić kompetencję jako:

$$K = W_t + W_p + W_z, \quad (1.1)$$

gdzie:  $W_t$  – wiedza teoretyczna,  $W_p$  – wiedza proceduralna, a  $W_z$  – wiedza zadaniowa (związana z realizowaniem projektów i zadań).

## **1.2. Standaryzacja opisu kompetencji**

Przedstawione w [22] oraz [50] podejścia do reprezentacji kompetencji stanowią podstawę standardów dotyczących opisu kompetencji jako struktury danych, takich jak IEEE RCD (Reusable Competency Definition) [22], IMS RDCEO (Reusable Definition of Competency or Educational Objective) [48] czy HR-XML [43].

Opierając się o wcześniej przedstawione definicje kompetencji leżące u podstaw tych standardów, w ramach [20], ustalono, że do określenia kompetencji niezbędne jest wykorzystanie następujących trzech wymiarów:

- kompetencja – jak rozumiana w [22], czyli „dowolna forma wiedzy, umiejętności, zdolności lub też cel nauczania, który może być opisany w odniesieniu do

nauczania, edukacji lub szkolenia”, dalej dla łatwiejszego rozróżnienia zwana kompetencją ogólną,

- kontekst – szeroko rozumiane warunki w jakich dana kompetencja ogólna została lub ma być zdobyta, takie jak dziedzina wiedzy, z punktu widzenia której kompetencja ogólna została wprowadzona, zawód, w czasie którego wykonywania została nabyta itp.,
- poziom biegłości – określony w ramach skali ilościowej lub jakościowej poziom opanowania danej kompetencji, skala określana jest dla kompetencji ogólnej w wybranym kontekście, natomiast konkretny poziom – wartość na skali – dla osoby posiadającej kompetencję.

Autorzy [20] skupiają się na jak największej możliwości wielokrotnego wykorzystania raz stworzonych definicji, stąd zakładają, że każdy z wymiarów może być łączony z pozostałymi wielokrotnie: jedna kompetencja ogólna może być przedstawiona w różnych kontekstach i za pomocą różnych poziomów (a także skal) biegłości, jeden kontekst może być zastosowany do różnych kompetencji ogólnych oraz skal, podobnie jedna skala może pojawić się w różnych kontekstach i dla różnych kompetencji ogólnych. Dzięki temu zamiast określać wszystkie możliwe kompetencje można utworzyć zbiory (lub katalogi) kompetencji ogólnych, kontekstów czy skal, elementy których mogą potem być łączone na potrzeby zdefiniowania konkretnej kompetencji.

W całej Europie trwają prace nad określaniem kompetencji, zarówno na potrzeby programów nauczania [122], jak i wykonywanych zawodów [36], także firmy tworzą swoje własne katalogi kompetencji pracowników. Kontekst, rozumiany jako dziedzina wiedzy lub pracy, może być również z łatwością zdefiniowany, podobnie skale biegłości mają swoje standardowe zastosowania (oceny 1-6 w szkołach polskich, A-F w brytyjskich, czy też A1-C2 w europejskiej ocenie znajomości języków obcych). Wykorzystanie standardów opisu struktury pozwala przedstawić wszystkie te informacje w sposób ujednolicony, a jednocześnie możliwy do analizy komputerowej.

Autorzy [123] pokusili się o próbę zestawienia i porównania istniejących standardów: HR-XML, IMS RDCEO oraz IEEE RCD. Standard HR-XML, opracowany przez konsorcjum o tej samej nazwie, stworzony został z myślą przede wszystkim o zarządzaniu zasobami ludzkimi. Z tego względu, wykorzystując schemat w języku XML przedstawia on szereg związanych z tą dziedziną informacji, określa zbiory

danych takie jak wymagania odnośnie zadań związanych z wykonywanym zawodem czy też odnośnie kompetencji osobistych. Tworzone na tej podstawie profile zawodowe i osobiste opierają się na informacjach o dowodach posiadania kompetencji (takich jak dyplomy, certyfikaty). Dowody na posiadanie kompetencji są też uwzględniane w pozostałych dwóch standardach: opracowanym przez IEEE RCD oraz opracowanym przez IMS RDCEO (na którym RCD zostało oparte). W przypadku RCD nacisk położony jest przede wszystkim na tworzenie definicji kompetencji, które mogą być wielokrotnie wykorzystane (umieszczane są one centralnym repozytorium).

Rozpatrywane standardy mają ze sobą wiele wspólnego, przede wszystkim opierają się głównie o wykorzystanie struktury opartej na znacznikach. Choć znaczniki te (czy też elementy struktury) mogą się różnić między standardami, podjęto już udane próby odniesienia ich do siebie: w [101] autorzy wykazali podobieństwa i możliwość mapowania między IMS RDCEO a HR-XML pokazując przykładowo, że znacznik IMS RDCEO „Title” odpowiada „Name” w HR-XML, „Definition.Model Source.IdOwner” jest zgodny z „Competency.CompetencyId.IdOwner” itp.

Możliwości zastosowania poszczególnych standardów są bardzo szerokie, od firm po organizacje edukacyjne. Zarówno same standardy jak i rozwiązania od nich pochodne (np. Reusable Competency Map – rozwiązanie pochodzące od RCD i służące tworzeniu map kompetencji, określaniu zależności między kompetencjami oraz znajdowaniu braków w kompetencjach) są stale rozwijane i udoskonalane. Standard RCD, oparty na IMS RDCEO i stanowiący jego rozbudowanie, zgodny jest ze znanym w świecie edukacji zdalnej standardem SCORM [7]. W [83] autorzy opisują krok po kroku proces tworzenia struktury ramowej służącej przetwarzaniu danych o kompetencjach na potrzeby edukacyjne. Oparta jest ona właśnie na rozwiązaniach związanych ze standardami SCORM i RCD.

Zastosowanie standardów umożliwia automatyzację procesu analizy kompetencji, jest więc niezbędnym elementem na drodze do tworzenia systemu wspomaganie kandydata na studia, którego podstawowym celem jest właśnie porównanie informacji o dostępnych kompetencjach.

Nie zdecydowano jeszcze który standard zostanie szeroko przyjęty w edukacji, zarówno RDCEO jak i RCD predysponują do miana obowiązujących i podstawowych standardów. W związku z tym, na poziomie implementacji proponowanego systemu wspomaganie kandydata należałoby wprowadzić standard który zostanie oficjalnie

przyjęty (jeżeli nastąpi to przed implementacją), lub uwzględnić możliwość mapowania między standardami, w sytuacji, w której dane o kompetencjach miałyby być pobierane w ustandaryzowanej postaci z zewnątrz systemu. Jak wykazano, ze względu na dość duże podobieństwo między standardami, jest to akceptowalne rozwiązanie.

Oprócz standaryzacji struktury kompetencji w sensie ogólnym, istotnym krokiem na drodze do opracowania rozwiązania rozpatrywanego problemu jest sprecyzowanie w jaki sposób kompetencje wykorzystywane zostały do wyrażania cech kierunków kształcenia oraz zawodów.

## **Standaryzacja treści kompetencji na rynku edukacyjnym**

Reprezentacja kompetencji na rynku edukacyjnym musi zachodzić w sposób na tyle spójny i jednorodny, by nie występowały sytuacje, w których ze względów formalnych nie można odnieść do siebie treści poszczególnych kierunków kształcenia, gdyż są przedstawione w zupełnie inny sposób.

Niemal każdy z krajów europejskich wypracował przez lata swój własny, różniący się od pozostałych, system edukacyjny. Stąd jednym z pierwszych kroków w ramach Procesu Bolońskiego było nakreślenie ram służących ujednoczeniu owych systemów. Na początek wyodrębniono trzy podstawowe cykle kształcenia wyższego, jednakże najważniejszym krokiem prowadzącym do umożliwienia jak najlepszego zrozumienia oraz porównania poszczególnych ofert edukacyjnych było opracowanie ramowej struktury kwalifikacji [9].

Podstawowym założeniem było tu stworzenie takiej podstawy do opisu kierunku kształcenia, by jak najlepiej wyrazić umiejętności absolwenta. Zrezygnowano zatem z opisywania i mierzenia programów studiów w oparciu przede wszystkim o wymiar czasowy lub tylko poprzez oceny, na rzecz opisów opartych przede wszystkim o efekty kształcenia (takie jak kompetencje), uwzględniających poziomy poszczególnych kwalifikacji, punkty odniesienia do przedmiotów i wykorzystujących konkretne deskrytory kwalifikacji.

Przez efekty kształcenia rozumie się określenia dotyczące tego, co student powinien wiedzieć, rozumieć oraz umieć zrobić po zakończeniu kształcenia i uzyskaniu kwalifikacji. Z kolei kwalifikacje oznaczają wszelkie tytuły oraz stopnie zawodowe, dyplomy, a także wszelkiego innego rodzaju świadectwa i certyfikaty wydane przez

właściwy organ władz, poświadczające osiągnięcie pewnych efektów kształcenia w wyniku ukończenia określonego programu zajęć. Punkty odniesienia do przedmiotów umożliwiają łatwiejsze definiowanie kwalifikacji, efektów kształcenia oraz innych związanych z nimi pojęć, nie mają przy tym charakteru normatywnego, z kolei deskryptory kwalifikacji mają za zadanie ogólnie przedstawić efekty nauki - są rodzajem punktów odniesienia opisującym najważniejsze efekty realizacji programu nauczania kończącego się uzyskaniem kwalifikacji z uwzględnieniem poziomów istniejących w danym kraju [9].

Ramowa struktura kwalifikacji opracowana w ramach Procesu Bolońskiego obejmuje dwa typy: strukturę ogólną, stworzoną na potrzeby całego Europejskiego Obszaru Szkolnictwa Wyższego, oraz krajową, która w każdym kraju może wyglądać nieco inaczej. Europejska ramowa struktura kwalifikacji jest swego rodzaju „meta-strukturą”, w ramach której struktury krajowe są tworzone, służy za punkt odniesienia przy ich opracowywaniu i ocenie, a także ułatwia odnalezienie ich wzajemnego powiązania i zależności. Nie uwzględnia ona wymiarów i cech kwalifikacji krajowych nie mających odpowiedników w innych krajach, ale też nie wyklucza możliwości ich istnienia, pozostawia zatem wiele swobody przy opracowywaniu krajowych struktur kwalifikacji.

Do opisu kwalifikacji na poziomie ogólnym wykorzystuje się tzw. „deskryptory dublińskie”, których zadaniem jest przedstawienie ogólnych cech charakteryzujących kwalifikacje zdobywane na danym poziomie nauczania (w danym cyklu), bez powiązania z rodzajem zdobywanej edukacji czy też z konkretnymi przedmiotami. Opisują one następujące podstawowe elementy związane z efektami kształcenia:

- wiedza i rozumienie,
- wykorzystanie wiedzy i zdolności rozumienia w praktyce,
- ocena i formułowanie sądów,
- umiejętności komunikacji,
- umiejętności uczenia się.

Do scharakteryzowania kwalifikacji na poziomie ogólnym wykorzystuje się również punkty ECTS, które przedstawiają nakład pracy związany ze zdobyciem danej kwalifikacji.

Tak przedstawiony opis pozwoli każdemu młodemu człowiekowi zrozumieć czym charakteryzują się poszczególne cykle nauczania i zdecydować jakie umiejętności oraz cechy chciałby zdobyć, a także na którym cyklu chciałby zakończyć swoją edukację. Z drugiej strony pozwoli też każdemu pracodawcy odnieść te ogólne wyznaczniki do wymagań danego stanowiska i określić jakich absolwentów poszukuje.

Krajowa ramowa struktura kształcenia ma na celu szczegółowy opis kwalifikacji absolwentów, przedstawiający ich cel oraz związane z nimi uprawnienia. Opis ten powinien zawierać elementy takie jak nakład pracy, cykl (lub poziom) kształcenia, efekty kształcenia, kompetencje oraz profil.

Na chwilę obecną, w ramach inicjatyw Procesu Bolońskiego pojęcie efektów kształcenia obejmuje także kompetencje. Projekt „Tuning” [122], określa wymiary według których poprzez kompetencje należy wyrażać poszczególne cechy dotyczące kierunków kształcenia:

- wiedza i rozumienie - „wiedzieć i rozumieć”,
- umiejętność wykorzystania wiedzy w działaniu - „wiedzieć, jak działać”,
- postawy - „wiedzieć, kim być”.

Stosuje się podział na ogólne oraz przedmiotowe efekty kształcenia. W ramach projektu „Tuning” opracowano listę 30 kompetencji ogólnych oraz kierunkowych/przedmiotowych w każdej z analizowanych w tym projekcie dziedzin kształcenia [122].

Wykorzystując informacje zawarte w standardach kształcenia można określić minimalny poziom kompetencji osiągnąć po ukończeniu studiów danego kierunku, niezależnie od uczelni. Z drugiej strony, dane te stanowią także podstawę do określenia różnicy między minimalnym zakresem wiedzy i umiejętności wymagany od absolwenta a rzeczywistą ofertą edukacyjną danej instytucji. Umożliwia to wyeliminowanie z rozważań ofert nie pokrywających minimum (choć zgodnie z zasadami dbania o jakość nauczania instytucje prowadzące kierunki nie spełniające wymagań minimalnych są zmuszane do ich zamykania), a także porównanie poszczególnych możliwości tylko na płaszczyźnie pozostałego zakresu programowego.

## Standaryzacja kwalifikacji zawodowych

Standaryzacja ofert edukacyjnych to dopiero pierwszy krok na drodze do zbudowania systemu, który umożliwiłby porównanie ich treści z wymaganiami rynku pracy. Niezbędne jest także spojrzenie na to w jaki sposób standaryzowane są informacje dotyczące kwalifikacji i kompetencji na tymże rynku.

Wśród narzędzi służących ujednoczeniu rozumienia znaczenia poszczególnych zawodów wymienić można chociażby system informatyczny opracowany na potrzeby Ministerstwa Pracy i Polityki Społecznej w ramach projektu PHARE [62], zawierający bazę danych o standardach kwalifikacji zawodowych. Stworzenie takiego systemu wymagało przede wszystkim opracowania standardu opisu poszczególnych zawodów.

Przyjęto zatem, że zawód można zdefiniować jako „zbiór zadań zawodowych wyodrębnionych w wyniku społecznego podziału pracy, wymagających od pracownika odpowiednich kwalifikacji zawodowych”, zaś kwalifikacja zawodowa to „układ umiejętności, wiadomości i cech psychofizycznych niezbędnych do wykonywania zestawu zadań zawodowych” [62]. Ustalono, że kwalifikacje będą określane na pięciu poziomach biegłości w wykorzystaniu umiejętności i wiedzy: do wykonywania zadań prostych – pod opieką przełożonego; typowych – samodzielnie; złożonych, różnorodnych – wymagających odpowiedzialności osobistej i umiejętności kierowania zespołem; oraz zadań o znaczeniu strategicznym dla działania firmy.

Takie przedstawienie zawodu pozwala łatwo określić zakres wiedzy oraz umiejętności, a więc zgodnie z przedstawionymi wcześniej definicjami: zakres kompetencji, jaki należy opanować w celu jego wykonywania, a co za tym idzie ułatwia zidentyfikowanie, w zakresie standardu kształcenia, kierunku nauczania jaki należy ukończyć.

Określenia są stosunkowo wolne od powiązań technologicznych, co wpływa na dłuższą aktualność standardu kwalifikacji, nie pozwala jednak na wykorzystanie informacji o nowoczesnych technologiach do określenia zgodności oferty edukacyjnej prowadzącej do zdobycia danego zawodu z przewidywanymi wymaganiami rynku pracy. Oznacza to, że tak przedstawione standardy kwalifikacji nie mogą być jedynym wyznacznikiem wymagań zawodowych, podobnie jak i standardy kształcenia nie mogą być jedynym wyznacznikiem treści kierunku kształcenia (ponieważ określają tylko



podstawowe 30%). Konieczne jest uwzględnienie innych informacji, takich jak udostępniane przez firmy opisy kompetencji w nich obowiązujących, niestety również nie pozbawione wad opisanych już standardów; a także, a może przede wszystkim, informacji na temat rozwoju technologii i nauki oraz ich zastosowań.

### **1.3. Modelowanie kompetencji**

Operowanie na kompetencjach, takie jak ich porównywanie, wymaga znajomości metod ich modelowania. Na potrzeby niniejszej pracy zdecydowano się przedstawić dwa podstawowe podejścia do modelowania kompetencji: oparte na zbiorach kompetencji i oparte na ontologii. Wstępna analiza tych podejść, z punktu widzenia opracowywania systemów informatycznych w edukacji, została już wcześniej przedstawiona w [93]. Krótkie podsumowanie innych dostępnych rozwiązań (z których większość zgodna jest z drugim podejściem, np. [69], [28]) można znaleźć w [106].

#### **Modelowanie zbiorów kompetencji**

Jedno z pierwszych formalnych podejść do analizy kompetencji skupia się na traktowaniu kompetencji jako zbioru. Opiera się ono na pojęciu dziedziny charakterystycznej (ang. *habitual domain*), rozumianej jako kolekcja wiedzy oraz umiejętności posiadanych przez człowieka, pozwalających na rozwiązywanie problemów [127]. Można zatem stwierdzić, że dziedzina charakterystyczna danej osoby to zbiór posiadanych przez nią kompetencji. Zbiór ten nie jest stały, zmienia się wraz z rozwojem danej osoby, ale stabilizuje się przy zaprzestaniu dalszej edukacji. Jak jednak słusznie zauważono w [124], samo określenie posiadania kompetencji jako ich obecności lub braku, nie stanowi dobrego odwzorowania rzeczywistości, z tego względu wprowadzono dodatkowo określenie siły kompetencji. Stąd każdą kompetencję możemy opisać jako  $g^\alpha$ , gdzie  $g$  oznacza kompetencję, a  $\alpha$  siłę tej kompetencji.

Poszczególne kompetencje mogą być ze sobą powiązane, przy czym najważniejszą z tych relacji jest relacja wiążąca wybraną kompetencję z jej tzw. *kompetencjami bazowymi*. Kompetencja bazowa, to kompetencja, bez której opanowania nie jest możliwe zdobycie nowej kompetencji. Z tego względu wprowadzono dodatkowo parametr  $\beta$ , pozwalający na określenie siły kompetencji podstawowej, niezbędnej do zdobycia nowej kompetencji.

Mając dane parametry  $\alpha$  oraz  $\beta$  możemy zdefiniować zbiór kompetencji w sposób następujący [124]:

$$\{g_k^{\alpha_k \beta_k}\} = \{(g_k, (\alpha_k, \beta_k)) \mid 0 \leq \alpha_k \leq 1; 0 \leq \beta_k \leq 1, \forall_k\} \quad (1.2)$$

Odniesienie kompetencji do konkretnego problemu, z którym należy się zmierzyć, pozwala na wprowadzenie następujących zbiorów kompetencji [44]:

- $Tr(E)$  – zbiór kompetencji niezbędnych do rozwiązania problemu  $E$ ,
- $Sk(P)$  – zbiór kompetencji posiadanych przez osobę  $P$ ,
- $HD(E)$  – dziedzina charakterystyczna, zawierająca kompetencje powiązane z problemem  $E$ .

Dzięki tym trzem zbiorom podstawowym można określić jakie kompetencje należy zdobyć  $(Tr(E) \setminus Sk(P))$  oraz jakie kompetencje można do tego wykorzystać  $(HD(E) \setminus Tr(E))$ .

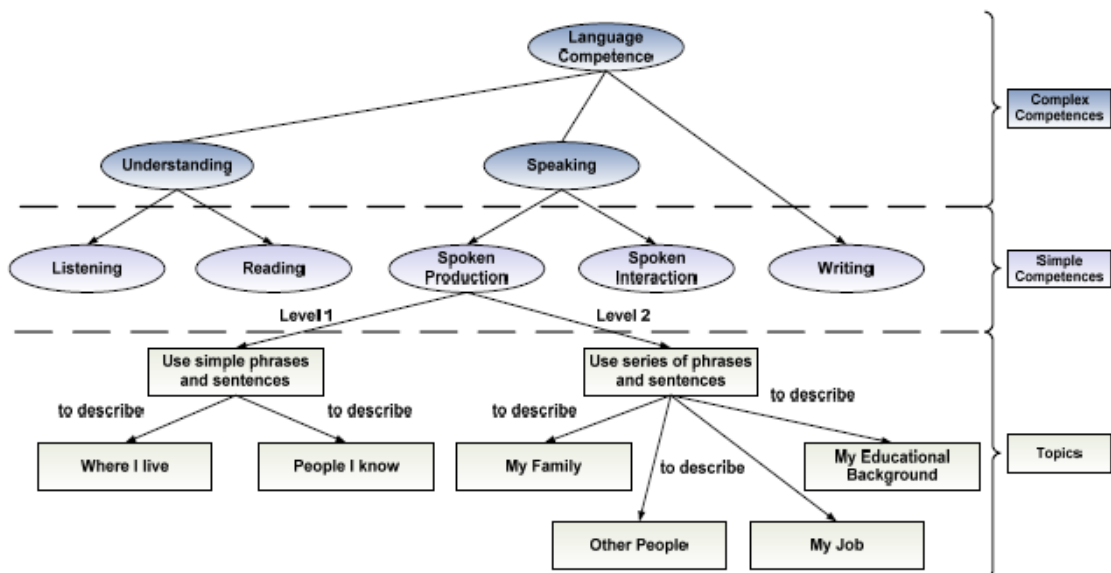
W cytowanych tu pracach, a także w innych (np. [44, 65] przedstawia to w inny sposób) poruszany jest również problem określania kosztów rozszerzania kompetencji z punktu widzenia ich obecnych i wymaganych poziomów. Wykorzystanie możliwości jego rozwiązania jest szczególnie korzystne z punktu widzenia firm inwestujących w szkolenie swoich pracowników – możliwość określenia kogo i w jakim zakresie najłatwiej, w sensie kosztów finansowych oraz czasu, będzie wyszkolić pozwoliłoby na znaczne oszczędności.

Modelowanie zbiorów kompetencji znajduje swoje zastosowanie także do zadań takich jak dobór partnerów do projektu naukowego [68], wybór zadań do wykonania ze względu na kompetencje posiadane przez studenta [96], czy też ilościowej oceny kompetencji na potrzeby tworzenia systemów zarządzania kompetencjami [95].

Jakkolwiek zastosowanie zbiorów kompetencji posiada niewątpliwie wiele zalet i daje wiele możliwości, nie uwzględnia kwestii zawartości kompetencji. Rozpatrywane są wzajemne powiązania między kompetencjami, na zasadzie kompetencji bazowych, cząstkowych, jednakże struktura i treść wewnętrzna każdej z kompetencji nie jest brana pod uwagę. Nie jest zatem możliwe określenie ile poszczególne kompetencje mają ze sobą wspólnego, ani też przedstawienie jednostkowej kompetencji w sposób pozwalający na zrozumienie jej znaczenia zarówno przez człowieka, jak i przez maszynę.

## Modelowanie kompetencji w oparciu o podejście ontologiczne

Podejściem alternatywnym do metody zbiorów kompetencji jest wykorzystanie ontologii do przedstawienia kompetencji i ich wzajemnych zależności. Jak pisano wcześniej w [60], ontologia jest jednym z popularnych narzędzi do reprezentacji wiedzy dziedzinowej, może więc zostać zastosowana do reprezentacji wiedzy związanej z kompetencjami. W [38] usystematyzowane zostały różne podejścia do budowy modelu kompetencji z punktu widzenia dziedziny, w której model kompetencji miałby być wykorzystany (zarządzanie przemysłowe, informatyka, nauki o zarządzaniu). Przedstawione w tej pracy modele oparte są na spojrzeniu na kompetencję jako na strukturę złożoną i uwzględniające semantykę relacji między poszczególnymi elementami mającymi wpływ na kompetencje i samymi kompetencjami, można więc nazwać je modelami ontologicznymi. Rysunek 1.3 przedstawia przykładową ontologię dotyczącą pojedynczej kompetencji. Przejście z poziomu prostych kompetencji (na rysunku „simple competence”) do tematów (na rysunku „topics”) pozwala na przedstawienie kontekstu oraz poziomu biegłości odnoszących się do danej kompetencji.



Rys.1.3. Ontologia kompetencji językowej (oryginał)

Źródło: [101]

Reprezentacja kompetencji w postaci ontologii jest ściśle związana z omawianą w punkcie 1.1. strukturą kompetencji, gdyż pozwala na jej pełne odzwierciedlenie. Opracowano i utworzono wiele różnych ontologicznych modeli kompetencji, których forma różni się w zależności od zastosowań (np. w [6] do przedstawienia ontologii

opisu różnych aspektów kompetencji związanych z zarządzaniem projektami zastosowano podejście obiektowe i utworzono diagram klas, podczas gdy w [105] do reprezentacji ontologii przeznaczonej do opisu, oceny i planowania rozwoju kompetencji w kontekście zawodowym wykorzystuje się model bardziej konceptualny, a zatem mniej zbliżony do implementacji).

Wśród zastosowań ontologicznego podejścia do modelowania kompetencji wymienić możemy na przykład:

- zarządzanie kompetencjami w organizacji edukacyjnej (Competence Object Library) [95],
- aplikacje służące projektowaniu nauczania opartego na kompetencjach i zarządzaniu wiedzą [85],
- modyfikacja systemu SOBOLIO do zarządzania kompetencjami [11].

Podejście to stanowi także podstawę istniejących standardów opisu kompetencji (przedstawionych w punkcie 1.2), w których uwzględnia się strukturę kompetencji i jej powiązania z różnymi elementami mającymi znaczenie w edukacji lub pracy zawodowej.

W związku z tym, że podejście to pozwala na spojrzenie w głąb pojedynczej kompetencji oraz na określenie relacji między kompetencjami oraz między ich elementami składowymi, zdecydowano, że na potrzeby niniejszej pracy jest ono preferowane względem innych. Ponieważ nie znaleziono gotowych rozwiązań służących analizie i porównaniu kompetencji między sobą, z uwzględnieniem aspektu technologicznego (dotyczącego powiązanych metod, technologii i narzędzi), zdecydowano się na opracowanie własnego rozwiązania.

## **2. Systemy informatyczne wsparcia kandydatów na studia (i studentów)**

Problem wspomaganie decyzji o wyborze ścieżki kształcenia nie jest niczym nowym. Do tej pory podjęto wiele prób jego rozwiązania poprzez tworzenie różnych systemów doradztwa zawodowego czy też akademickiego, o różnych poziomach zaawansowania dostępnych opcji.

### **2.1. Doradztwo zawodowe środowisk akademickich**

O wspomaganie młodej osoby w podejmowaniu decyzji odnośnie dalszego życia mówi się nie od dziś. Choć istnieją osoby, które już w szkole podstawowej mają swój cel zawodowy, do którego dostosowują potem dalsze kroki na ścieżce kariery, tak naprawdę niewiele osób wie co chce robić nim rozpocznie studia, a nawet i po ich ukończeniu. W związku z tym w prawie każdym większym mieście, zarówno w Polsce jak i za granicą, można znaleźć tzw. ośrodki doradztwa zawodowego.

Zgodnie z decyzją nr 1720/2006/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 listopada 2006 roku, powołującą program uczenia się przez całe życie [25], doradztwo zawodowe oraz poradnictwo możemy zdefiniować jako „szereg działań, takich jak udzielanie informacji, ocenianie predyspozycji i udzielanie porad, mających na celu wsparcie osób uczących się, instruktorów zawodu i pozostałego personelu w dokonywaniu wyboru odnośnie do programu edukacji i szkoleń lub możliwości zatrudnienia" (art.2 p.27).

Przeszukując zasoby Internetu odnajdziemy wiele prób zdefiniowania doradztwa zawodowego (np. [129]), ale także doradztwa edukacyjnego czy akademickiego (np. [2]), z których wszystkie oscylują wokół przyjętych przez Parlament Europejski założeń. Od stosowanej definicji zależy zakres usług jakie oferuje dana firma lub organizacja w ramach wybranego doradztwa. I tak możemy napotkać oferty doradztwa zawodowego prowadzące młodą osobę już od pierwszych indywidualnych decyzji odnośnie ścieżki kształcenia, np. od wyboru szkoły średniej, poprzez wczesne zaklasyfikowania do konkretnej grupy zawodowej i wybór szkoły i/lub studiów pod tym właśnie kątem (np. [74]), podczas gdy w innych przypadkach doradztwo zawodowe będzie się ograniczało jedynie to wyboru konkretnego zawodu, do jakiego dana osoba

ma największe predyspozycje (np. [88]). Podobnie w przypadku doradztwa edukacyjnego może ono wiązać się z wyborem kierunku studiów oraz uczelni (np. [55]) lub dotyczyć jedynie zorganizowania programu nauczania na konkretnych, już podjętych studiach (np. [5]). Z terminem „doradztwo akademickie” rozumianym właśnie w ten ostatni sposób mamy często do czynienia w związku z programami mobilności i wymiany studentów między uczelniami [1].

Zagadnieniem doradztwa zawodowego i edukacyjnego od wielu lat zajmuje się Międzynarodowe Stowarzyszenie na rzecz Doradztwa Edukacyjnego i Zawodowego (ang. „International Association for Educational and Vocational Guidance”) [46], posiadające nawet własne czasopismo branżowe o tytule „International Journal for Educational and Vocational Guidance”. Stowarzyszenie to stara się o zapewnienie każdemu człowiekowi dostępu do wsparcia w podejmowaniu decyzji odnośnie kształcenia oraz kariery.

Istnieje wiele firm i organizacji oferujących usługi doradcze, jednakże jedynie pewien procent z nich wykorzystuje w swojej pracy systemy komputerowe, przedkładając znacząco kontakt osobisty z doradcą, jego intuicję i doświadczenie, nad możliwości wynikające z interakcji ze sztuczną inteligencją. Z tego też względu istniejące systemy komputerowe mają ograniczony zakres stosowalności i przeznaczone są zazwyczaj do przechowywania i przekazywania danych, które dopiero doradca lub osoba szukająca porady musi przeanalizować.

## **2.2. Realizowane funkcje doradcze w systemach informatycznych**

Systemy informatyczne przeznaczone do ułatwiania pracy doradców zawodowych, bądź wręcz ich zastąpienia, określane są często w literaturze mianem komputerowo-wspomaganych systemów doradztwa kariery (ang. „Computer-Assisted Career Guidance Systems”). Tak jak i doradcy, działają one na różnych poziomach i mogą uwzględniać także możliwości edukacyjne [40]. Mogą więc stanowić rozwiązanie rozpatrywanego problemu wspomagania decyzji kandydata na studia.

W swojej pracy [14] dr Carson, korzystając z wielu źródeł branżowych, podejmuje próbę usystematyzowania wiedzy na temat historii koncepcji tworzenia tychże systemów. Zgodnie z jego opracowaniem, początków idei komputerowego

wspomagania doradztwa możemy poszukiwać już w pierwszej połowie XX wieku, kiedy to Clark Hull [45] sformułował swój pomysł maszyny elektronicznej oceniającej testy umiejętności i przedstawiającej propozycje kariery zawodowej, która ze względu na ówczesny brak rozpowszechnienia elektroniki została wprowadzona w życie dopiero w latach 50-tych. Pod koniec XX wieku popularyzacja internetu doprowadziła do powstania wielu systemów dostępnych przez to medium.

Komputerowo-Wspomagane Systemy Doradztwa Kariery ułatwiają działania związane z trzema podstawowymi elementami niezbędnymi w planowaniu i rozwijaniu kariery [3]:

- danymi na temat samooceny,
- informacjami na temat miejsc pracy i zawodów oraz możliwości edukacyjnych,
- strategią podejmowania decyzji.

W zależności od systemu, może on wspierać wszystkie trzy elementy lub tylko wybrane. W związku z tym możemy w ramach tej klasy systemów umieścić zarówno aplikacje umożliwiające dostęp i przeszukiwanie bazy danych o zawodach, systemy pozwalające na rozwiązywanie testów badających umiejętności oraz kompetencje zawodowe, jak i systemy przedstawiające sugestie dotyczące kariery na podstawie danych dostarczonych przez użytkownika lub tylko jego preferencji.

Przy takim ogólnym ujęciu natury Komputerowo-Wspomaganych Systemów Doradztwa Kariery, można przyjąć, że odpowiednio opracowany system zaliczający się tej klasy byłby w stanie sprostać przedstawionemu problemowi wspomagania decyzji kandydata na studia.

### **2.3. Analiza diagnostyczna stosowanych rozwiązań informatycznych**

Wśród opisanych w literaturze bądź dostępnych za pośrednictwem Internetu rozwiązań ułatwiających podjęcie decyzji odnośnie kształcenia wyróżnić możemy zasadniczo trzy kategorie:

- katalogi, bazy danych – zawierają informacje na temat dostępnych możliwości kształcenia, zarówno całych kierunków studiów i specjalności, jak i poszczególnych przedmiotów, nie zawierają jednak żadnych mechanizmów pozwalających na analizę obejmowanych danych pod względem ich zgodności z wymaganiami,

preferencjami itp.; przykładem rozwiązania będącego tylko i wyłącznie katalogiem możliwości kształcenia może być PROFETES, system opisu kursów oparty na CDM-fr (Course Description Metadata), PLOTEUS, portal o możliwościach kształcenia w Europie [30], czy też dedykowany portal dotyczący jedynie możliwości kształcenia w pierwszym (Bachelors Portal) [33] lub drugim cyklu edukacji wyższej (Masters Portal) [34];

- systemy doradztwa akademickiego zorientowane na wspomaganie ustalania indywidualnej ścieżki kształcenia w ramach jednej uczelni – zorientowane na dobór przedmiotów do wymagań odnośnie pożądanego dyplomu lub też możliwości studenta, nie wychodzące poza obręb jednej organizacji edukacyjnej; przykładem takiego systemu może być system opisany w [5];
- systemy zorientowane na wspomaganie wyboru kierunku kształcenia w oparciu o własne predyspozycje, preferencje oraz / lub wymagania rynku – takie rozwiązania obejmują więcej niż jedną uczelnię i zawierają mechanizm wspomagania decyzji.

Poniżej przedstawiono kilka z dostępnych systemów pozwalających na wspomaganie decyzji odnośnie kształcenia oraz jeden system będący w fazie opracowywania. Prezentację zakończono podsumowaniem uwzględniającym zakres dostępnych opcji i możliwości oraz krytykę z punktu widzenia rozpatrywanego problemu wspomagania wyboru oferty edukacyjnej.

## **Rozwiązania komercyjne i bezpłatne**

Przyglądając się możliwościom dostępnym na rynku polskim, wspomnieć należy chociażby system informatyczny opracowany na potrzeby Ministerstwa Pracy i Polityki Społecznej w ramach projektu **PHARE** [62]. Zawiera on między innymi bazę danych o standardach kwalifikacji zawodowych (opracowaną nie tylko w odniesieniu do realiów polskich, ale także zagranicznych [63]), które opisują wymagania odnośnie kompetencji i umiejętności dla poszczególnych zawodów oraz stanowiska pracy i zadania zazwyczaj powiązane z danym zawodem. System ten stworzony został przede wszystkim z myślą o osobach i instytucjach zainteresowanych opracowywaniem programów kształcenia oraz szkolenia zawodowego lub też przygotowywaniem odpowiednich egzaminów. Dostępny jest on bezpłatnie w Internecie [75]. Oprócz bazy standardów kwalifikacji system zawiera także bazę danych o modułowych programach



szkoleniowych. Nie zapewnia on jednak wsparcia osobom poszukującym informacji o ofertach edukacyjnych wyższych uczelni i ich powiązaniu z rynkiem pracy.

Nieco dalej w swoich możliwościach idzie inny polski system, także opracowany z wykorzystaniem środków unijnych, w tym przypadku pochodzących z Europejskiego Funduszu Społecznego: **Doradca 2000**. Również i ten system dostępny jest w Internecie [74]. Oba systemy w zakresie swej podstawowej funkcjonalności są bardzo podobne, jednak informacje na temat zawodów podane w programie Doradca są dużo bardziej opisowe i zawierają o wiele więcej informacji dodatkowych, takich jak profil zawodu, przeciwwskazania czy bardzo istotne nawiązanie do rynku pracy poprzez podanie liczby ofert pracy oraz liczby bezrobotnych w kilku kolejnych okresach czasu. Niestety ostatnie dane pochodzą z roku 2006. Ponadto, bezpośrednio z opisu zawodu możliwe jest przejście do ścieżki edukacyjnej, jednak nie ma możliwości sprawdzenia na jakiej zasadzie ścieżka edukacyjna jest określana, z powodu braku danych o instytucjach edukacyjnych i kierunkach kształcenia w systemie. Zgodnie z założeniami, w przypadku tego systemu użytkownik dostaje dużo informacji na temat wybranego zawodu oraz możliwości jego zdobycia, nie otrzymuje jednak żadnego wsparcia w kwestii wyboru zawodu czy konkretnego ośrodka kształcenia w odniesieniu do posiadanych umiejętności, kompetencji, predyspozycji oraz preferencji.

Systemem umożliwiającym sprawdzenie własnych predyspozycji jest komercyjny program **Indywidualny Planer Kariery** firmy Progra. Zgodnie z opisem producenta, dzięki temu programowi „możliwe staje się zaplanowanie kariery zawodowej, wybór zawodu, uporządkowanie wiedzy na temat istniejących zawodów, naświetlenie obecnej sytuacji zawodowej oraz wybór dalszej formy kształcenia” [88]. Program ten składa się z pięciu modułów:

- test bilansu i kompetencji, pozwalający na sprawdzanie własnych zdolności i predyspozycji w kontekście 11 wyróżnionych grup kompetencji, przy czym na podstawie wyników automatycznie generowana jest lista kompetencji do dalszego, indywidualnego rozwoju,
- klasyfikacja zawodów i specjalności, zgodna z rozporządzeniem Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 1 czerwca 2007 roku, z możliwością przeszukiwania,
- świat zawodów, zawierający informacje odnośnie wymagań oraz zadań związanych z danym zawodem, nawiązujące również do aktualnej sytuacji na rynku pracy, a także odnośnie możliwych ścieżek kształcenia,

- interaktywny Indywidualny Plan Działania (IPD), wspomagający planowanie własnej kariery, wyznaczanie celów na przyszłość oraz planowanie rozwoju,
- poradnik dla niepełnosprawnych, zawierający informacje zawodowe dedykowane osobom niepełnosprawnym.

Indywidualny Planer Kariery jest programem odpłatnym. Dodatkowo firma w swojej ofercie posiada także aktualny informator dotyczący wszystkich uczelni wyższych funkcjonujących w Polsce. Mimo wszystko nie jest to jednak system oferujący kompleksowe wsparcie użytkownika, gdyż moduły działają w zasadzie niezależnie od siebie, wymagają więc samodzielnego przetwarzania informacji zyskanych przy pomocy każdej z funkcji programu. Ponadto, podobnie jak i pozostałe już wymienione, tak i ten program jest zorientowany przede wszystkim na informacje zawodowe, nie zaś edukacyjne.

Nie oznacza to jednak, że nie istnieją systemy stworzone głównie z myślą o edukacji wyższej. Jednym z najbardziej znanych systemów wykorzystywanych przez profesjonalistów między innymi do zarządzania kadrami jest system SAP (skrót od angielskiego „Systems Applications and Products in Data Processing” - Systemy Aplikacje i Produkty w Przetwarzaniu Danych). Wśród oferowanych przez SAP rozwiązań branżowych znajdują się między innymi narzędzia przeznaczone dla sektora szkolnictwa wyższego i badań, takie jak **SAP Campus Management** [102]. Według autorów rozwiązanie to „gwarantuje wsparcie uniwersytetów i instytutów badawczych w celu poprawy usług świadczonych studentom oraz pracownikom, optymalizacji procesów gospodarczych i poprawy ostatecznego wyniku finansowego” [100].

W ramach tego rozwiązania pojawia się część dotycząca zarządzania studiami, zwana „doradztwo akademickie i zawodowe”. Wyróżnia się tu:

- doradztwo ogólne obejmujące dyskusję o możliwości podjęcia studiów na danej uczelni oraz o kwestiach związanych z życiem studenckim,
- doradztwo przed rozpoczęciem studiów, dotyczące wyboru programu nauczania, umożliwiające porównanie kwalifikacji danego kandydata z wymaganiami wybranego programu studiów,
- doradztwo podczas studiów, związane z udzielaniem wszelkich informacji i pomocy odnośnie regulaminów, wymagań, możliwości personalizacji programu studiów, odbywania praktyk oraz uczestniczenia w projektach,

- monitorowanie postępów, polegające na umożliwieniu porównania historii edukacji oraz osiągnięć naukowych danej osoby z wymogami dotyczącymi programu nauczania w danej instytucji,
- doradztwo zawodowe, prowadzone na zasadzie biura karier wraz z ofertami pracy, poświęcone możliwościom zatrudnienia po ukończeniu studiów na danej uczelni,
- doradztwo w zakresie przedsiębiorczości oferujące profesjonalną pomoc przy zakładaniu własnej firmy,
- centrum doradcze służące zarządzaniu kontaktami doradców itp.

System SAP Campus Management składa się z kilku modułów, odpowiedzialnych za różne aspekty pracy uczelni. Jeden z nich, odpowiedzialny za zarządzanie cyklem życia studenta, poza możliwością zapisu danych o wynikach nauczania i sytuacji finansowej studenta, pozwala na prowadzenia doradztwa akademickiego. Zakres działania systemu przedstawiono w [102].

Powołując się na informacje podawane na stronach wielu uczelni można powiedzieć, że „doradztwo ogólne”, „przed rozpoczęciem studiów” oraz „podczas studiów” w przedstawionym ujęciu stanowią odpowiednik obecnego na większości przede wszystkim amerykańskich uczelni doradztwa akademickiego związanego z pozyskiwaniem kandydatów dla uczelni oraz wspomaganie studentów w wyborze konkretnego programu studiów, a także w układaniu spersonalizowanej ścieżki edukacyjnej. O ile problemy te są niezwykle istotne, SAP Campus Management nie rozwiązuje jednak wielu problemów związanych z wyborem kierunku kształcenia: ze względu na zastosowanie jedynie w obrębie pojedynczej uczelni nie wspomaga wyboru między podobnymi kierunkami studiów w różnych instytucjach, ponadto, chociaż z założenia ma zawierać oferty pracy, nie dostarcza żadnego wsparcia pozwalającego na odniesienie się do przewidywanych wymagań rynku pracy w chwili podejmowaniu decyzji dotyczącej rozpoczęcia studiów.

Jeżeli spojrzeć poza rozwiązania dostępne na rynku polskim, zgodnie z [80] należałoby wspomnieć przede wszystkim o najstarszych, wciąż działających i udoskonalanych systemach doradczych, do których możemy zaliczyć między innymi **DISCOVER** [26] oraz **SIGI PLUS** (obecnie zastąpiony przez **SIGI3**) [108].

System **DISCOVER**, autorstwa firmy ACT, umożliwia badanie preferencji i predyspozycji, identyfikację mocnych stron oraz potrzeb, które mają znaczenie dla

podjęcia dobrej decyzji w sprawie rozwoju zawodowego. Pomocą służy tu prezentowana w programie „mapa świata pracy” zorganizowana w sześć obszarów zainteresowania zawodowego, na które nanoszone są wyniki przeprowadzonych testów odnośnie zainteresowań (I), zdolności (A) oraz wartości (V) wyznawanych przez użytkownika. Na tej podstawie identyfikowane są zawody, do których użytkownik ma predyspozycje.

Zebrane dane tworzą profil osobisty służący opracowaniu planu dalszego działania, a także tworzeniu gotowego CV. System zawiera także bazę informacji o zawodach, kierunkach studiów, uczelniach oraz instytucjach szkoleniowych, o dostępnym wsparciu finansowym i stypendiach, oraz o możliwościach szkolenia wojskowego. Brak jest jednak w systemie narzędzia pozwalającego na automatyczne porównanie ofert edukacyjnych w odniesieniu do preferencji osobistych oraz rynku pracy.

## **Rozwiązanie akademickie**

Z myślą o opłacalności studiowania, pod względem potencjalnej pozycji na rynku pracy, a także oferowania kształcenia, Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk we współpracy z Wyższą Szkołą Informatyki Stosowanej i Zarządzania w Warszawie rozpoczął opracowywanie systemu wspomagania decyzji edukacyjnych [55]. System ten działa zatem na dwóch płaszczyznach – jako system wspomagania kandydata na studia oraz jako system wspomagania uczelni, przy czym uwzględniane są tylko uczelnie prywatne.

Sytuacja decyzyjna rozpatrywana w systemie to z jednej strony sytuacja kandydata, który pragnie zainwestować w siebie licząc na korzyści wynikające z posiadania nowych kwalifikacji w postaci lepiej płatnej pracy, a z drugiej strony uczelni prywatnej, która chcąc osiągnąć zyski z prowadzonych studiów musi zdecydować który kierunek i specjalność uruchomić oraz jakie ustalić czesne. Oboje decydenci podejmują pewne ryzyko: kandydat ryzykuje tym, że nie ukończy studiów w terminie, uczelnia, że nie uzyska minimalnej założonej liczby studentów na uruchomionym kierunku.

W ramach przygotowania systemu do pracy na początku w kilku kolejnych krokach tworzony jest model matematyczny systemu edukacyjnego [54]:

1. analiza przepływu studentów,
2. podział studentów na klasy według poziomu zdolności i posiadanej wiedzy,

3. określenie poziomu trudności poszczególnych kierunków studiów oraz specjalności,
4. zbieranie danych historycznych,
5. wyznaczenie tablic określających prawdopodobieństwo przejścia na kolejny rok studiów.

Prawdopodobieństwo przejścia na kolejny rok studiów ma duże znaczenie dla finansów oraz innych wyliczeń kandydata na studia, gdyż brak promocji oznacza konieczność poniesienia dodatkowych kosztów i zwiększa ryzyko nieukończenia studiów. Do przeprowadzenia obliczeń matematycznych uwzględniających ryzyko niepowodzenia wykorzystywana jest funkcja użyteczności prof. Kulikowskiego [56].

Autorzy zakładają, że uczelnia działa jako partner studentów – przy podejmowaniu decyzji o wysokości czesnego, uruchomieniu kierunku (specjalizacji) brane są pod uwagę korzyści zarówno uczelni, jak i studentów. Ze względu na to do rozwiązania problemu ustalenia wysokości czesnego wykorzystano koncepcję Nasha dotyczącą gier kooperacyjnych [81]. W [55] przedstawiony został przykład obliczeniowy służący zilustrowaniu procesu ustalania kwoty czesnego.

Przygotowane modele matematyczne pozwalają na przedstawienie możliwych wariantów decyzyjnych, dając potencjalnemu studentowi możliwość porównania efektywności ekonomicznej oraz ryzyka niepowodzenia w momencie wyboru danej ścieżki edukacyjnej, a w przypadku uczelni w momencie zdecydowania o otwarciu kierunku studiów / specjalizacji.

W chwili obecnej trwają prace związane z pozyskiwaniem danych historycznych do systemu, dzięki którym będzie można lepiej ocenić ryzyko powtarzania roku oraz nieukończenia studiów.

Ten będący na etapie tworzenia system wspomaganie decyzji edukacyjnych jest niewątpliwie najbardziej zbliżony do rozwiązania problemu wspomaganie wyboru oferty edukacyjnej przedstawionego w pracy, niestety skupia się on przede wszystkim na uwarunkowaniach finansowych, a przy tym obejmuje jedynie uczelnie prywatne. Ponadto zakłada się jednostajne zmiany w wynagrodzeniu poszczególnych zawodów, co może być mylące w przypadku dynamicznie zmieniającego się zapotrzebowania na różne kompetencje oraz dezaktualizowaniu się wiedzy oferowanej w ramach poszczególnych kierunków studiów oraz specjalizacji.

## Podsumowanie i krytyka dostępnych rozwiązań

Dla osoby pragnącej kształcić się pod kątem przyszłości zawodowej niezwykle ważna jest nie tylko wiedza na temat tego jaki zawód można wykonać po zakończeniu procesu kształcenia, czy też jaka ścieżka kształcenia prowadzi do danego zawodu, ale też jakie jest przewidywane zapotrzebowanie rynkowe na dany zawód, a co za tym idzie jakie są perspektywy znalezienia zatrudnienia po okresie nauki. Ponadto, przy tak dużej konkurencji na rynku edukacyjnym coraz większego znaczenia nabierają nawet najmniejsze różnice między ofertami edukacyjnymi, mające wpływ na takie aspekty jak koszty studiowania, wkład pracy konieczny dla uzyskania dobrych wyników, czy wreszcie najważniejsze - zakres kompetencji zdobywanych przy tak poniesionych nakładach.

Podsumowując sytuację w jakiej znajduje się osoba pragnąca podjąć kształcenie możemy powiedzieć, że:

- szybka dezaktualizacja wiedzy powoduje konieczność uważnej oceny kompetencji oferowanych przez poszczególne instytucje w ramach programów kształcenia,
- rozwój rynku wspierającego mobilność powoduje, że wyboru należy dokonać wśród liczby ofert niemożliwej do zanalizowania i porównania w pojedynkę,
- samodzielna ocena stopnia dostosowania ofert edukacyjnych do przewidywanych wymagań rynku pracy jest trudna, zwłaszcza w sytuacji utrudnionego (przykładowo płatnego) dostępu do solidnych prognoz rynkowych,
- niejednokrotnie decyzja podejmowana jest bez rzeczywistej wiedzy na temat własnych predyspozycji i możliwości,
- często trudno jest samemu określić ścieżkę kształcenia prowadzącą do upragnionego zawodu.

**Tabela 2.1.** Podsumowanie przedstawionych systemów służących doradztwu akademickiemu i zawodowemu

<b>System</b>	<b>Przeznaczenie / Zastosowanie</b>	<b>Dostęp</b>	<b>1.Ocena predyspozycji</b>	<b>2. Informacja o zawodach</b>	<b>3. Informacja o możliwościach edukacyjnych</b>	<b>Powiązanie między 1, 2 i 3.</b>
<b>PHARE</b>	Opracowywanie programów kształcenia oraz szkolenia zawodowego, przygotowywanie egzaminów.	Bezpłatny, przez Internet.	<b>Brak</b>	Oparta na kompetencjach, standardach kwalifikacji, powiązana ze stanowiskami pracy i zadaniami.	Baza danych o modułowych programach szkoleniowych, <b>brak</b> informacji o ofertach edukacyjnych wyższych uczelni.	<b>Brak</b>
<b>Doradca 2000</b>		Bezpłatny, przez Internet.	<b>Brak</b>	Jak w PHARE, wzbogacone o informacje na temat sytuacji na rynku pracy – niestety <b>ostatnie dane z roku 2006.</b>	<b>Brak</b>	Wskazanie ścieżki edukacyjnej prowadzącej do zawodu, <b>brak</b> powiązania z ofertami edukacyjnymi.
<b>Indywidualny Planer Kariery</b>	Zorientowany na informacje zawodowe, <b>nie edukacyjne.</b>	<b>Odpłatny</b>	Testy kompetencji zakończone propozycją dalszego rozwoju.	Jak w PHARE, nawiązuje do aktualnej sytuacji na rynku pracy, a także odnośnie możliwych ścieżek kształcenia.	Dostępny informator na temat polskich uczelni wyższych.	<b>Brak</b> automatycznego powiązania między wynikami pracy poszczególnych modułów.

<b>SAP Campus Management</b>	Jedynie w obrębie <b>pojedynczej uczelni.</b>	<b>Odplatny</b>	Porównanie historii edukacji i osiągnięć naukowych studenta z wymogami programu akademickiego danej instytucji.	Może uwzględniać dane na temat zawodów i ofert pracy.	Informacje na temat oferty i opcji dostępnych w ramach indywidualnego programu studiów.	Zawiera moduł wspomaganie decyzji o <b>niesprecyzowanym działaniu</b> (w kontekście powiązania między 1,2, a 3).
<b>DISCOVER</b>		<b>Odplatny</b>	Testy zainteresowań (I), zdolności (A) oraz wartości (V) wyznawanych przez użytkownika, na tej podstawie identyfikacja zawodów, do których użytkownik ma predyspozycje.	Baza informacji o zawodach.	Baza informacji o kierunkach studiów, uczelniach oraz instytucjach szkoleniowych.	<b>Brak</b> narzędzia pozwalającego na automatyczne porównanie ofert edukacyjnych w odniesieniu do preferencji osobistych oraz rynku pracy.
<b>System wspomaganie decyzji edukacyjnych w warunkach ryzyka</b>	Wspomaganie kandydata na studia w wyborze uczelni z punktu widzenia ryzyka finansowego, wspomaganie uczelni przy ustalaniu wysokości czesnego. Obejmuje tylko <b>uczelnie prywatne.</b>	<b>Brak danych</b>	Określanie prawdopodobieństwa przejścia na kolejny rok studiów w oparciu o dane historyczne.	Dane dotyczą jedynie wynagrodzeń zawodowych. <b>Zakłada się jednostajne zmiany</b> w wynagrodzeniu poszczególnych zawodów.	Informacje na temat dostępnych ofert edukacyjnych (brak szczegółowych danych na temat ich reprezentacji).	Porównanie możliwości pod względem efektywności ekonomicznej oraz ryzyka niepowodzenia. <b>Nie uwzględnia</b> aktualności przekazywanej wiedzy i jej powiązania z zawodami.

Źródło: opracowanie własne



W tabeli 2.1 ujęto przedstawione wcześniej rozwiązania dające możliwość wspomaganie kandydata na studia w podejmowaniu decyzji odnośnie kształcenia i przyszłości zawodowej, dążąc do ich porównania pod względem spełnienia poszczególnych wymagań związanych z rozpatrywaną sytuacją decyzyjną. Uwzględniono zatem takie aspekty jak:

- przeznaczenie / zastosowanie – jakkolwiek rozwiązania mogą na ogół być wykorzystane do różnych celów, czasem zamysł autorów wprowadza pewne ograniczenia funkcjonalności; w przypadku SAP Campus Management system ograniczony jest do zastosowania jedynie w obrębie pojedynczej uczelni, z kolei przedstawiony system wspomaganie decyzji edukacyjnych w warunkach ryzyka ogranicza się do uczelni prywatnych i opiera głównie na wysokości czesnego;
- dostęp – by rzeczywiście wspomagać kandydata na studia, system powinien być szeroko dostępny, najlepiej za pośrednictwem Internetu, oraz jak najtańszy, w przeciwnym wypadku może nie spotkać się w przychylnym przyjęciu; w tym kontekście PHARE oraz Doradca 2000 mają zdecydowaną przewagę;
- ocena predyspozycji – jest jednym z wymagań niezbędnych dla wspomaganie kandydatów, którzy nie są w stanie sami ukierunkować się zawodowo; pod tym względem prowadzi system DISCOVER, rozpatrujący różne aspekty predyspozycji zawodowych użytkownika, nie pozwala on jednak (ani żaden z innych systemów) odnieść tych ocen wprost do możliwości kształcenia;
- informacja o zawodach – niezbędna do porównania możliwości kształcenia z wymaganiami rynku pracy; większość przedstawionych systemów obejmuje informacje na temat zawodów, przy czym ich szczegółowość zależy od systemu;
- informacja o możliwościach kształcenia – bez takich danych nie jest możliwe wspomaganie wyboru oferty edukacyjnej, jednak nie wszystkie systemy je zawierają;
- powiązanie między predyspozycjami, zawodami a możliwościami kształcenia – podstawą wspomaganie kandydata na studia w rozpatrywanym kontekście jest uwzględnienie wzajemnych zależności między predyspozycjami, dostępnymi możliwościami kształcenia a wymaganiami rynku pracy, niestety jedynie system wspomaganie decyzji edukacyjnych w warunkach ryzyka uwzględnia wszystkie te aspekty, daje możliwość porównania ofert edukacyjnych między sobą, jednak odnośnie zawodów ogranicza się do zarobków, pomijając treści z nimi związane, nie uwzględnia więc kwestii aktualności zdobywanych kompetencji.

Choć korzystając z omówionych systemów można znaleźć odpowiedzi na wiele pytań związanych z decyzją o podjęciu studiów, żaden z nich nie oferuje pełnego wsparcia wszystkich istotnych aspektów rozpatrywanego problemu. Podstawowym brakiem jest możliwość porównywania ze sobą różnych ofert edukacyjnych, ujęta jedynie w systemie wspomaganie decyzji edukacyjnych w warunkach ryzyka.

Podsumowanie systemów zwanych przez autorów systemami poradnictwa karierowego przedstawione w [42] pozwala stwierdzić, że brak rozwiązania umożliwiającego przeprowadzenie analizy porównawczej dostępnych możliwości edukacyjnych jest także cechą innych systemów dostępnych na rynku. Choć wiele systemów proponuje możliwości wyszukiwania ofert edukacyjnych według wybranych preferencji użytkownika (na przykład system **MCP** [71]), nie umożliwiają one porównania ich pod względem oferowanych kompetencji, ani też pod względem dostosowania tychże kompetencji do przewidywanych wymagań rynku. Użytkownik musi zatem subiektywnie ocenić opłacalność kształcenia się w danym zawodzie i podejmowania wybranego kierunku studiów. Jedynie system wspomaganie decyzji edukacyjnych w warunkach ryzyka zorientowany jest na finansowy aspekt wyboru oferty edukacyjnej, jednak podobnie jak i w innych przypadkach, tak i tutaj nie jest brany pod uwagę proces dezaktualizacji wiedzy, jaki zachodzi coraz szybciej w związku z dynamicznym rozwojem technologii i nauki.

Można więc powiedzieć, że z obecnych rozwiązań żadne nie odpowiada w pełni zapotrzebowaniu. Mamy systemy pozwalające na jedno lub kilka z poniższych:

- zapoznać się z wymaganiami i cechami poszczególnych zawodów,
- ocenić własne predyspozycje,
- określić ogólnie ścieżkę edukacyjną prowadzącą do wybranego zawodu,
- porównać oferty edukacyjne pod kątem preferencji osobistych dotyczących takich aspektów jak wysokość czesnego, wielkość uczelni itp.,
- obliczyć opłacalność podjęcia wybranego kierunku studiów na podstawie danych bieżących.

Brakuje systemu, który objąłby wszystkie lub większość powyższych możliwości, a przy tym pozwoliłby również:

- porównać oferty edukacyjne na poziomie zapewnianych kompetencji,
- określić stopień dostosowania kompetencji gwarantowanych przez różne oferty do wymagań rynku pracy zgodnych z prognozami na przyszłość.

### **3. Warunki formalizacji systemu do oceny użyteczności zdobywanych kompetencji zawodowych**

W szeroko zakrojonym zakresie znaczenia pojęcia „wspomaganie decyzji”, za działalność wspomagającą możemy uznać dowolną aktywność służącą wsparciu konkretnej osoby (grupy osób) w podjęciu decyzji na wybrany temat, zarówno formalną jak i niesformalizowaną. Sposób wspomagania decyzji powinien jednak być dostosowany do okoliczności decyzyjnych, takich jak rodzaj rozpatrywanego problemu, jego waga czy też liczba dostępnych wariantów decyzyjnych.

Problem wyboru oferty edukacyjnej jest nie do końca zdefiniowanym problemem rzeczywistym. Wymaga uwzględnienia czynnika ludzkiego, często nieracjonalnego i pomiędzy odrębnymi przypadkami skrajnie odmiennego w swoim postępowaniu, a zatem nie dającego się sprowadzić do formalnej, jednoznacznej postaci.

Z punktu widzenia kandydata na studia, najważniejszym zadaniem jest określenie przydatności wiedzy zdobywanej w ramach studiów w chwili zakończenia nauczania. Podjęcie studiów bez takiej wiedzy związane jest z dużym ryzykiem, zwiększającym się dodatkowo gdy wybrana oferta nie jest zgodna z predyspozycjami kandydata do nauki.

Do rozwiązania tak przedstawionego problemu możemy użyć różnych teorii decyzji, takich jak np. podejście kognitywne, koncentrujące się na podobnym do ludzkiego, myślowym modelu podejmowania decyzji, nie obejmujące zatem skomplikowanych metod optymalizacji czy też obliczeń matematycznych, choć umożliwiające uwzględnienie informacji na ich temat oraz na temat możliwości ich zastosowania [92]. Podejście to, ze względu na potrzebę zastosowania komputerowych systemów wspomagania decyzji, zostało rozszerzone do tzw. inżynierii socjo-kognitywnej.

Biorąc pod uwagę obecność czynnika ryzyka, możemy zdecydować się na wykorzystanie proponowanej przez Kahnemana i Taversky'ego [51] teorii perspektywy, która zakłada, że decydent porównuje oczekiwaną sytuację wynikającą z podjęcia pewnej decyzji z sytuacją obecną, co oznacza, że każda decyzja może generować zysk lub stratę. Oznacza to, że każda decyzja może być przydatna – użyteczna – lub nie.

Biorąc pod uwagę charakter decyzji podejmowanej przez kandydata na studia, przyjęto, że słowo „użyteczne” jest najbardziej zbliżonym do rzeczywistej sytuacji określeniem poszukiwanego rozwiązania, stąd temat pracy mówiący o ocenie

użyteczności zdobywanych kompetencji zawodowych. Kandydat ocenia bowiem przede wszystkim przydatność kompetencji oferowanych przez uczelnię w dalszym życiu zawodowym, biorąc pod uwagę, że kształcenie wiąże się z ponoszeniem kosztów, chociażby pod względem poświęcanego na nie czasu.

Spojrzenie na podejmowaną decyzję z punktu widzenia użyteczności poszczególnych rozwiązań każe zastanowić się nad zastosowaniem wypromowanej przez Savage'a teorii subiektywnej oczekiwanej użyteczności (SEU) [103], zakładającej, że człowiek w podejmowaniu decyzji dąży do maksymalizacji szansy na osiągnięcie celu, rozumianej jako maksymalizacja użyteczności wyniku. Decyzja podejmowana jest zatem ze względu na dążenie do osiągnięcia pewnego stanu w przyszłości, z którym to porównywane są poszczególne warianty decyzyjne.

Teoria subiektywnej oczekiwanej użyteczności łączy w sobie dwa pojęcia: indywidualną funkcję użyteczności oraz indywidualny (bayesowski) rozkład prawdopodobieństwa. Zakłada się, że jeżeli dana osoba wierzy, że pewne wydarzenie może mieć szereg skutków, z których każdy ma pewną użyteczność dla tej osoby, to wybór wariantu decyzji wynika z wartości funkcji uznawanej przez tę osobę za subiektywne prawdopodobieństwo wystąpienia każdego ze skutków. Ponieważ każdy może mieć inną funkcję użyteczności i zakładać inne prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych skutków, decyzje poszczególnych decydentów mogą się znacząco różnić. Niestety eksperymenty wskazują, że teoria ta niekoniecznie się sprawdza, a podmioty badane nie zawsze zachowują się zgodnie z założoną funkcją użyteczności, co wynika wielokrotnie z braku umiejętności określenia własnej funkcji użyteczności.

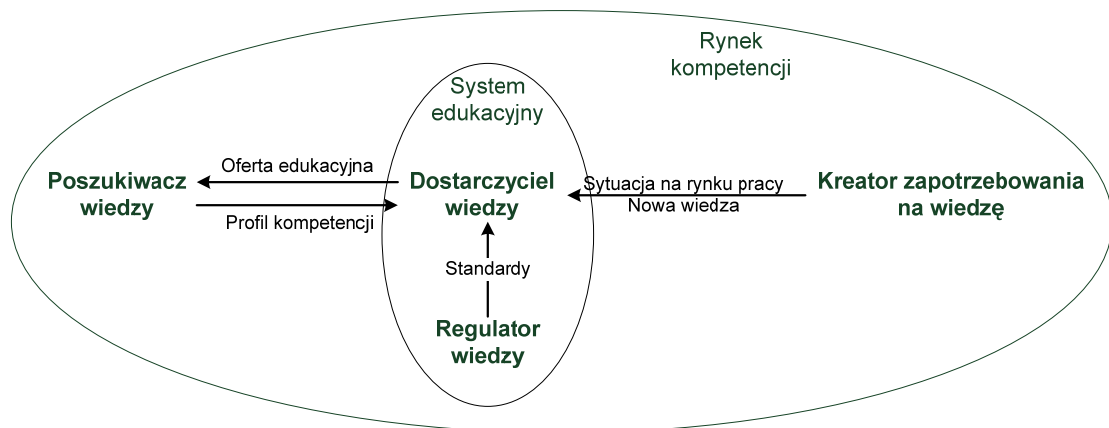
Pojęcie funkcji użyteczności rozpatrywanej w kontekście ekonomicznym, zgodnie z definicją prof. Kulikowskiego, zostało wykorzystane jako podstawa do budowy systemu wspomagania wyboru oferty edukacyjnej omówionego w punkcie 2.3. W przypadku problemu wspomagania kandydata na studia rozpatrywanego w niniejszej rozprawie, podejście do oceny użyteczności skupia się na innych aspektach niż uwzględnione w owym systemie, a zarazem jest bardziej skomplikowane niż zakłada teoria Savage'a. Choć można stwierdzić, że istnieje swego rodzaju funkcja użyteczności oraz rozkład prawdopodobieństwa, są one wielokrotnie złożone. Wynika to m.in. z liczby rozpatrywanych kryteriów oceny, często nieświadomych, więc niemożliwych do opisanego, lub o nieliniowym rozkładzie znaczeniowym, a także

z nakładających się na siebie, niejednokrotnie niemożliwych do określenia, prawdopodobieństw, takich jak zakładane wymagania rynku czy szanse ukończenia studiów. Ze względu na powyższe, opracowane podejście do oceny użyteczności kompetencji zawodowych składa się z kilku etapów, uwzględniających różne elementy wpływające na decyzję, z których każdy zostanie bliżej omówiony kolejnym rozdziałem.

### 3.1. Miejsce systemu informatycznego na rynku kompetencji

Jednym z istotnych aspektów dotyczących opracowywanego systemu do oceny użyteczności zdobywanych kompetencji zawodowych (dla uproszczenia w dalszej części pracy zwanego systemem OUZKZ lub SOUZKZ) jest kwestia umiejscowienia tegoż systemu na rynku kompetencji, oraz jego interakcji z innymi uczestnikami tego rynku. Ma to duże znaczenie zwłaszcza dla określenia zależności występujących między systemem a pozostałymi uczestnikami rynku.

W tym celu w pierwszej kolejności konieczne jest przedstawienie struktury rynku kompetencji przyjętej na potrzeby niniejszej pracy, co zostało uczynione na rysunku 3.1.



Rys.3.1. Struktura rynku kompetencji

Źródło: opracowanie własne

Chcąc uniknąć ograniczania się do określeń związanych z konkretnymi instytucjami/ osobami, do przedstawienia rynku kompetencji użyto sformułowań bardziej ogólnych, oddających sens i znaczenie poszczególnych jego uczestników. W związku z tym uczestników podzielono na cztery kategorie, przedstawione w tabeli 3.1, wraz z charakterystyką powiązania poszczególnych kategorii z kompetencjami.

**Tabela 3.1** Uczestnicy rynku kompetencji

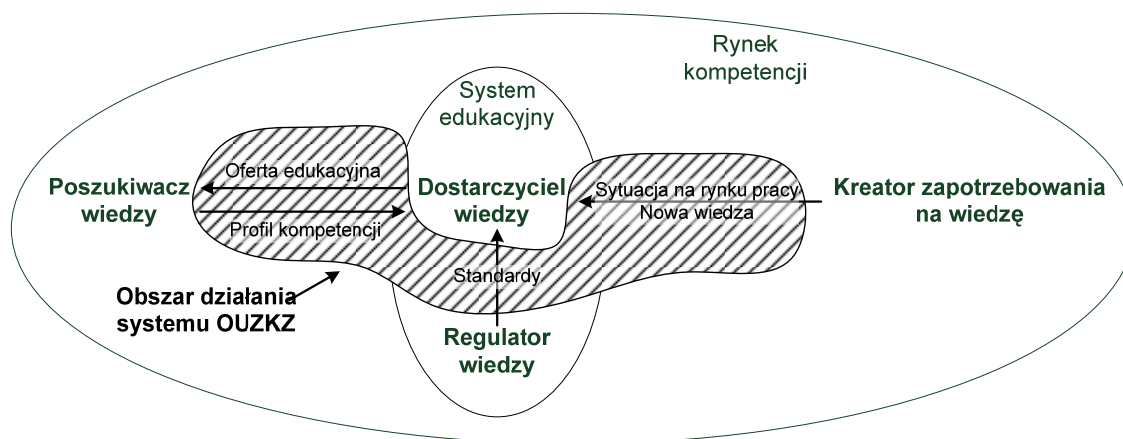
<b>Kategoria uczestników</b>	<b>Kompetencje</b>	<b>Uczestnicy ujęci w kategorii</b>
1. Poszukiwacz wiedzy / kompetencji	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>posiada:</b> pewne kompetencje na określonym poziomie,</li> <li>• <b>szuka:</b> możliwości podwyższenia poziomu posiadanych kompetencji lub zdobycia nowych.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abiturient (liceum: ogólnokształcące, profilowane, technikum)</li> <li>• Student (studiów stacjonarnych, niestacjonarnych, eksternistycznych, pierwszego stopnia: inżynierskich, licencjackich, drugiego stopnia, trzeciego stopnia, podyplomowych)</li> <li>• Absolwent (studiów jw.)</li> <li>• Pracownik</li> <li>• Pracownik wiedzy</li> <li>• Ekspert</li> <li>• Osoba poszukująca pracy</li> </ul>
2. Dostarczyciel wiedzy/kompetencji (dostarcza wiedzę w sposób bezpośredni lub zdalny)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>oferuje:</b> możliwość zdobycia określonych kompetencji co najmniej na pewnym poziomie,</li> <li>• <b>wymaga:</b> posiadania wybranych kompetencji na określonym poziomie minimalnym.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uczelnia (techniczna, artystyczna, humanistyczna, medyczna, rolna, morska, wojskowa, teologiczna)</li> <li>• Firma szkoleniowa</li> <li>• Pracodawca</li> </ul>
3. Kreator zapotrzebowania na wiedzę / kompetencje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>wprowadza/przedstawia</b> zapotrzebowanie na kompetencje wymagane na rynku pracy, także w przypadku innowacji.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rynek pracy</li> <li>• Postęp technologiczny, cywilizacyjny</li> <li>• Firma opracowująca nowe technologie lub przeprowadzająca badania naukowe</li> <li>• Uczelnia prowadząca badania naukowe</li> <li>• Zespół badawczy (tworzony na potrzeby konkretnego projektu/celu)</li> </ul>

4. Regulator wiedzy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>określa</b> sposób opisu kompetencji oraz minimalny zakres i poziom kompetencji odpowiadający wybranemu poziomowi oraz kierunkowi nauczania.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proces Boloński i inicjatywy Unii Europejskiej (EHEA, EQF, ECTS)</li> <li>• Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego/ Ministerstwo Edukacji Narodowej (standardy kierunków studiów, akredytacja)</li> <li>• Uczelnia (na poziomie wewnętrznym)</li> <li>• Firma (na poziomie wewnętrznym)</li> </ul>
---------------------	---	--

Źródło: opracowanie własne

Dostarczyciel wiedzy oraz Regulator wiedzy składają się na System Edukacyjny.

Rysunek 3.2 przedstawia miejsce systemu do oceny użyteczności zdobywanych kompetencji zawodowych na tak określonym, europejskim rynku edukacyjnym.



Rys.3.2. Obszar działania systemu OUKZ

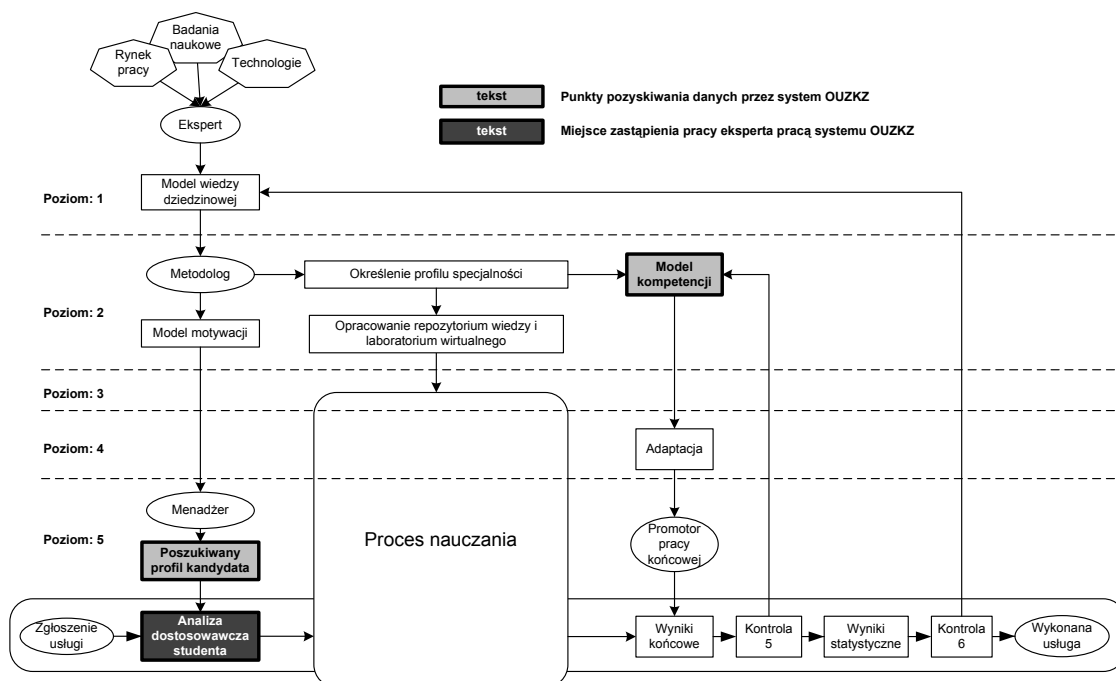
Źródło: opracowanie własne

Do najważniejszych cech związanych z obecnością proponowanego systemu na rynku kompetencji zaliczamy co następuje:

- system nie jest częścią żadnego narodowego systemu edukacyjnego,
- stanowi węzeł łączący systemy edukacyjne Europy (tudzież pośredniczący między nimi) zgodnie z postanowieniami Procesu Bolońskiego,
- musi być niezależny, gdyż inaczej może nie być obiektywny (preferować alternatywy w sposób inny niż tylko zgodnie z wymaganiami użytkownika),

- powinien być dostępny dla każdego, niezależnie od miejsca pobytu oraz narodowości, za pomocą technologii internetowej, bez konieczności instalacji żadnego oprogramowania,
- na podstawie gromadzonych danych na temat dostępnych ofert edukacyjnych, kwalifikacji zawodowych oraz trendów rynkowych, a także danych pozyskanych od użytkownika, system wspomaga proces podejmowania decyzji odnośnie wyboru oferty edukacyjnej,
- działanie systemu nie jest związane z przebiegiem całego procesu nauczania, działa on tylko na etapie przyjmowania kandydatów (zbieranie informacji o ofertach, dostarczanie ekspertyzy użytkownikowi) oraz ewentualnie na etapie zakończenia poszczególnych cykli edukacji (zbieranie informacji o sukcesie podjętych decyzji).  
*(W związku z tym przy określaniu sposobu realizacji opracowywanego modelu należy uwzględnić fakt, że obciążenie systemu najprawdopodobniej nie będzie rozkładać się równomiernie w czasie, a raczej będzie wzmożone w okresach poprzedzających rekrutację – co rok, co semestr, co trymestr.)*

Biorąc pod uwagę proces nauczania i cykl życia organizacji edukacyjnej można określić także miejsce omawianego systemu OUZKZ w tymże cyklu (rys 3.3).



Rys.3.3. Miejsca interakcji systemu OUZKZ z organizacją edukacyjną, zgodnie z cyklem jej życia

Źródło: opracowanie własne na podstawie [57]



Organizacja edukacyjna w całym cyklu swojego życia dostarcza systemowi informacji:

- na temat poszukiwanych w danej chwili kandydatów, poprzez przedstawienie wymaganego do rozpoczęcia edukacji profilu kompetencji,
- na temat oferowanych kompetencji, poprzez dostarczenie modelu kompetencji.

Proponowany system OUZKZ pozwala na usprawnienie pracy organizacji w jej miejsce przeprowadzając analizę porównawczą profilu kompetencji posiadanego przez kandydata oraz poszukiwanego przez organizację. Następuje to jeszcze przed złożeniem przez kandydata jakichkolwiek dokumentów, oszczędza więc zasoby organizacji.

### **3.2. Charakterystyka kandydata (studenta) i sytuacji decyzyjnej**

Głównym użytkownikiem opracowywanego systemu OUZKZ jest **kandydat na studia**. Może to być zarówno osoba prosto po maturze, jak i posiadająca już dyplom uczelni wyższej i pragnąca kontynuować edukację. Ogólnie można zatem scharakteryzować decydenta w rozpatrywanej sytuacji jako osobę:

- z wykształceniem minimum średnim,
- aktywna, bądź też przygotowująca się do aktywności zawodowej,
- zainteresowana kontynuowaniem nauki w celu zdobycia zawodu, umiejętności dodatkowych lub przekwalifikowania się – pragnąca poprawić swoją sytuację na rynku pracy,
- świadoma lub nieświadoma swoich predyspozycji,
- mająca określone preferencje dotyczące dalszego kształcenia,
- posiadająca pewien zasób dobrze określonych kompetencji.

Przy tym istotne jest uwzględnienie faktu, jakim jest zmienny w czasie zasób kompetencji decydenta oraz jego preferencji, zakłada się jednak, że zmiany te nie następują w jednostkowym momencie podejmowania decyzji ( $t_0$ ).

W związku z taką definicją decydenta, na potrzeby niniejszej pracy używa się również określeń „kandydat na studia”, „student” oraz „użytkownik”. W idealnej sytuacji, użytkownikiem mogłaby być dowolna osoba pragnąca rozwijać swoje umiejętności na kursach i studiach różnego rodzaju (w myśl promowanej zasady „lifelong learning” [1]), jednak w chwili obecnej zakres opracowywanego modelu obejmuje jedynie studia pierwszego, drugiego i trzeciego stopnia.

Podejmowana przez użytkownika decyzja dotyczy wyboru możliwości kształcenia spośród zbioru europejskich ofert edukacyjnych spełniających minimalne określone przez niego wymagania, na który nałożone są również pewne ograniczenia zewnętrzne.

W związku z tym, że zakłada się poszukiwanie oferty najlepiej dostosowanej do przewidywanych wymagań rynku oraz do preferencji kandydata, warunki ograniczające, niezależne od decydenta w momencie podejmowania decyzji, obejmują:

- sytuację na rynku pracy określającą obecne zapotrzebowanie (kompetencje wymagane w czasie  $t_0$ ),
- prognozowaną sytuację na rynku w wybranym czasie przyszłym (kompetencje wymagane w czasie T),
- dostępne możliwości (oferty edukacyjne w czasie  $t_0$ ),
- zgodność zakresu niezbędnych do rozpoczęcia kształcenia kompetencji z kompetencjami posiadanymi przez decydenta (w czasie  $t_0$ ).

Kryteria oceny ofert edukacyjnych przez decydenta mogą obejmować:

- czas trwania nauki,
- miejsce nauki,
- tryb nauki,
- koszt nauki,
- rodzaj instytucji edukacyjnej,
- poziom instytucji edukacyjnej,
- poziom (jakość) nauczania w instytucji edukacyjnej,
- stopień zgodności kompetencji oferowanych z wymaganymi przez rynek,
- stopień zgodności kompetencji oferowanych z poszukiwanymi przez decydenta,
- stopień zgodności kompetencji oferowanych z predyspozycjami decydenta.

Przy tym zakłada się, że zgodność kompetencji oferowanych z wymaganymi na rynku jest kryterium podstawowym i zawsze obecnym.

Do podjęcia decyzji niezbędny jest dostęp do danych przedstawiających umiejętności kandydata oraz informacje na temat pożądaných przez pracodawców profili kompetencji, a także na temat zestawów kompetencji oferowanych w ramach kształcenia. Dane te można pozyskać z różnych źródeł, z których każde charakteryzuje się pewnym poziomem obiektywności i formalizacji (co zostało przedstawione

w punkcie 3.3). Pewność tych danych jest różnorodna, gdyż wszystkie one na którymś z etapów powstawania uwzględniają czynnik ludzki, nie mogą więc być odnoszone bezwzględnie wzajemnie do siebie – np. oceny określające kompetencje kandydata uzależnione są od zastosowanego sposobu oceniania oraz poziomu prowadzonych zajęć (przykładowo w systemie ECTS uczeń oceniany jest na tle pozostałych uczniów, zatem mimo takich samych ocen poziom wiedzy może się różnić między uczniem klasy słabej oraz uczniem klasy bardzo dobrej), dane dotyczące oferty edukacyjnej mogą być „naciągnięte” przez ich twórcę, podobnie jak i informacje o wymaganiach związanych z danym zawodem mogą być nieaktualne lub niedokładne, itp.

Ostateczna decyzja o wyborze studiów podejmowana jest przez kandydata w warunkach niepewności, nie tylko ze względu na niepewność informacji źródłowych – nie ma również żadnej gwarancji, że podjęta decyzja doprowadzi do pozytywnego ukończenia studiów oraz znalezienia pracy w zawodzie. Niepewności tej nie da się określić żadną miarą prawdopodobieństwa, ze względu chociażby na brak możliwości przewidzenia zachowania ludzkiego na przestrzeni kilku lat. Z pewną dozą prawdopodobieństwa można określić jedynie dostosowanie oferty do przewidywanych wymagań rynku pracy, gdzie również same wymagania są jedynie prawdopodobne.

Podstawowe zadania opracowywanego systemu OUKZ odpowiadające przedstawionej sytuacji decyzyjnej to:

- określenie dalszej ścieżki kształcenia poprzez:
  - ocenę posiadanych przez użytkownika kompetencji,
  - ocenę jego predyspozycji,
- przeprowadzenie analizy dostępnych ofert edukacyjnych przy określonym przez użytkownika poziomie personalizacji,
- przedstawienie rankingu ofert według stopnia spełnienia wymagań użytkownika.

Ze względu na trudność w sformalizowaniu niektórych preferencji użytkownika (np. „najlepiej studiować na uczelni, na której studiują znajomi”), a także na zmiany odnośnie tych kompetencji zachodzące nawet w chwili prezentacji wyników, zdecydowano, że prezentacja oferty najlepiej spełniającej postawione wymagania nie jest wystarczająca i nie odpowiada rzeczywistym potrzebom użytkownika. Postanowiono ostateczny wynik pracy systemu (wynik analizy ofert edukacyjnych pod kątem wszystkich określonych wymagań i preferencji) przedstawić w formie rankingu,

z zachowaniem informacji o cząstkowych ocenach dotyczących każdego interesującego użytkownika kryterium. Liczba ofert pojawiających się w ostatecznym rankingu może być z góry określona przez użytkownika.

### **3.3. Analiza źródeł, natury i ilości informacji w systemie**

Jak wspomniano wcześniej (w tym także we wstępnym zestawieniu opublikowanym w [112]), do prawidłowej pracy pożądanym systemem wspomaganym kandydata na studia wymaga dostępu do danych na temat:

- użytkownika (kandydata na studia),
- dostępnych na rynku ofert kształcenia,
- profili zawodowych oraz przewidywanego na nie zapotrzebowania.

#### **Informacje o kandydacie na studia**

Informacje pochodzące od kandydata mają dwojaką naturę: z jednej strony opierają się na oficjalnych dokumentach, wydanych przez ośrodki kształcące, z drugiej – pochodzą od samego kandydata i są czysto subiektywne. Dotyczy to odpowiednio dokumentów potwierdzających kompetencje oraz informacji nie potwierdzonych przez oficjalne źródła, a także dotyczących indywidualnych preferencji kandydata.

W kilku przypadkach podjęto już próby ujednoczenia dokumentów służących do opisu kompetencji osobistych – jednym z efektów tych prac jest wprowadzenie na terenie objętym ustaleniami Procesu Bolońskiego oficjalnego Suplementu do Dyplomu.

Suplement do Dyplomu jest najlepiej ustandaryzowanym na poziomie Europejskim dokumentem przedstawiającym umiejętności danej osoby. Został on po raz pierwszy wspomniany w tzw. Konwencji Lizbońskiej [23], początkowo rozwijanej przez Council of Europe oraz UNESCO jako „Konwencja o Uznawaniu Kwalifikacji dotycząca Edukacji Wyższej w Regionie Europejskim” i podpisanej w roku 1997. Jest to najważniejszy dokument związany z uznawaniem kwalifikacji, podpisany i ratyfikowany we wszystkich krajach członkowskich Procesu Bolońskiego.

Suplement do Dyplomu jest dokumentem dołączanym do każdego dyplomu edukacji wyższej, wykorzystywanym do zwiększenia przejrzystości wyników nauczania i ułatwienia uznawania kwalifikacji (dyplomów, certyfikatów itd.). Zawiera obiektywny opis natury, poziomu, kontekstu, treści oraz statusu ukończonych studiów. Nie może on

jednak być traktowany jako substytut samego dyplomu. Tworzoną go instytucje narodowe zgodnie ze wzorem opracowanym przez grupę roboczą Joint European Commission – Council of Europe – UNESCO, która go przetestowała i ulepszyła. Dla pełnej czytelności suplementu niezbędne jest dołączenie opisu narodowego systemu edukacji wyższej, w ramach którego kwalifikacja została zdobyta. Opisy takie dostarczane są przez narodowe centra informacji o uznawaniu kwalifikacji, zwane po angielsku National Academic Recognition Information Centres (NARICs) [82].

Suplement do Dyplomu dzieli się na osiem sekcji: informacje identyfikujące posiadacza kwalifikacji, informacje identyfikujące kwalifikację, informacje na temat poziomu kwalifikacji, informacje o treści i osiągniętych wynikach, informacje o funkcji kwalifikacji, informacje dodatkowe, certyfikacja suplementu, informacje o narodowym systemie edukacji wyższej [21]. W przypadku, gdy nie jest możliwe podanie informacji w którejkolwiek z sekcji konieczne jest załączenie wyjaśnienia tej sytuacji.

Z punktu widzenia studenta, suplement czyni dyplom bardziej czytelnym i łatwiejszym do porównania i zrozumienia za granicą. Dostarcza cennego, obiektywnego opisu kompetencji zdobytych w czasie studiów. Stąd, jego posiadanie ułatwia dostęp do możliwości pracy lub dalszych studiów za granicą. Także z punktu widzenia uczelni wprowadzenie suplementu do dyplomu ma wiele zalet, ponieważ ułatwia uznanie akademickie i zawodowe poprzez zwiększenie przejrzystości kwalifikacji. Jednocześnie zabezpiecza narodową/organizacyjną autonomię przy wprowadzeniu wspólnych ram akceptowanych w całej Europie. Kwalifikacje mogą być dzięki temu rozumiane w innym kontekście edukacyjnym, z kolei sama organizacja edukacyjna staje się bardziej widoczna za granicą, gdyż jej absolwenci mają większe szanse na zatrudnienie nie tylko na poziomie narodowym, ale i międzynarodowym.

Suplement do Dyplomu to nie tylko większa przejrzystość oraz bezstronne, uczciwe informowanie o kwalifikacjach, ale też łatwa adaptacja do zmian. Z jednej strony zmiana istniejących kwalifikacji nie będzie odczuwalna - dyplom może mieć inną formę, suplement pozostanie taki sam. Z drugiej strony zachowanie informacji o systemie oceniania i innych cechach systemu edukacyjnego zapewnia, że nawet w przypadku radykalnych zmian w tym ostatnim kwalifikacje zdobyte zgodnie z wcześniejszymi zasadami będą nadal zrozumiałe. Istnienie suplementu do dyplomu zwiększa jakość oraz możliwości mobilności oraz wspomaga kształcenie ustawiczne, gdyż opisuje tę część wiedzy, której odzwierciedleniem jest posiadany dyplom.

Suplement do dyplomu jest dokumentem posiadanym jedynie przez absolwentów studiów, biorąc jednak pod uwagę politykę europejską skupiającą się na promowaniu mobilności i dążącą do ujednolicenia lub chociażby stworzenia podstaw do zrozumienia różnych systemów edukacyjnych, można się spodziewać, że także m.in. dokumenty potwierdzające wyniki egzaminów maturalnych zostaną doprowadzone do stanu pozwalającego na łatwe zrozumienie ich treści w innym systemie edukacyjnym. Prace pozwalające na odniesienie do siebie wyników kształcenia na wszystkich etapach nauki prowadzone są już chociażby w Wielkiej Brytanii [89]. Jest to jedna z inicjatyw związanych z tworzeniem narodowej struktury kwalifikacji z uwzględnieniem kwalifikacji zawodowych, uzyskiwanych poza oficjalnym systemem kształcenia.

Innym, poniekąd ustandaryzowanym, dokumentem, który pozwala na przedstawienie danych o kompetencjach osobistych jest Europejskie CV [29]. Ideą przygotowania szablonu tegoż CV było wprowadzenie jednolitej struktury informacji dotyczących kształcenia oraz doświadczenia zawodowego.

Wśród oficjalnych dokumentów możemy wyróżnić takie jak świadectwo ukończenia szkoły średniej, świadectwo maturalne, certyfikat językowy, certyfikat potwierdzający ukończenie szkolenia bądź kursu, czy dyplom ukończenia studiów. Niektóre z tych dokumentów, np. certyfikaty językowe, opierają się na wspólnej, europejskiej skali ocen, inne są uznawane na skali międzynarodowej, jak certyfikaty CISCO czy Microsoft. Istnieją też dokumenty, które nie zostały jeszcze określone w sposób pozwalający na międzynarodowe porównanie bez dodatkowego przekształcenia i znajomości narodowego systemu nauczania – takim dokumentem jest chociażby świadectwo maturalne. W przypadku wykorzystania tego rodzaju dokumentu konieczne jest uzyskanie dodatkowych informacji na temat systemu nauczania, jak chociażby odnośnie skali ocen, informacje te mogą być uzyskane bezpośrednio od użytkownika.

Standardowa struktura dokumentów może być rozpoznawana przez system, ułatwia więc automatyzację wprowadzania wyników nauczania, choć najlepszym rozwiązaniem tego zadania byłaby możliwość odwołania się do wyników już dostępnych w postaci elektronicznej (przykładowo istnieje centralna baza, w której gromadzone są wyniki egzaminów maturalnych przeprowadzanych na terenie całej Polski).

Inną formą pozyskania przez system informacji na temat kompetencji użytkownika może być przeprowadzenie odpowiednio przygotowanych przez specjalistów testów

kompetencji. Rozwiązanie takie całkowicie eliminuje kwestię różnic w sposobie oceny kompetencji różnych kandydatów, które wynikają nie tylko z odmiennych systemów nauczania, ale także z faktu pozyskiwania ocen w różnych instytucjach, od różnych osób, mających odmienne wymagania. Z drugiej jednak strony, prawidłowa ocena wielu kompetencji wymaga dużego zaangażowania użytkownika, jest bardzo czasochłonna, może zatem zniechęcić uczestnika do korzystania z systemu.

Informacje na temat kompetencji nie są jedynymi jakie należy pozyskać od użytkownika. Równie ważne we wspomaganiu decyzji odnośnie podejmowania studiów są informacje o preferencjach osobistych [98]. Ze względu na ich subiektywny, często wręcz ukryty charakter, oraz wzajemne zależności, dokładne odwzorowanie preferencji jest w zasadzie niemożliwe, ważne jest zatem ich jak najlepsze przybliżenie.

## **Informacje dotyczące możliwości kształcenia**

Wprowadzenie Ramowej Struktury Kwalifikacji pozwala ujednoczyć treść i znaczenie poszczególnych kompetencji na przestrzeni całego Europejskiego Obszaru Kształcenia Wyższego, jednakże w dążeniu do stworzenia możliwości automatycznego porównania ofert edukacyjnych niezbędnym krokiem jest dalej idące ujednoczenie struktury opisu oferty edukacyjnej. Wymaga to utworzenia standardowego schematu służącego temu opisowi. Powstało kilka propozycji takich schematów, część z nich utworzona na indywidualne potrzeby systemu edukacyjnego danego kraju, część z nich przedstawiona jako propozycja standardu Europejskiego. Trzy najbardziej rozpowszechnione z nich to: Course Description Metadata (CDM), eXchanging Curriculum-Related Information (XCRI) oraz Metadata for Learning Opportunities (MLO).

**Course Description Metadata (CDM)** to schemat metadanych zapisanych w języku XML, którego celem jest umożliwienie opisanie różnych form jednostek nauczania na wszystkich poziomach poprzez sprecyzowanie struktury i semantyki podstawowych pojęć używanych w opisie kursów (przedmiotów).

Cele opracowania CDM były następujące:

- ułatwienie opisu i wymiany informacji o jednostkach nauczania (kursach),
- uproszczenie standaryzacji opisów jednostek nauczania,
- ułatwienie utworzenia narodowego i międzynarodowego katalogu kursów,

- ułatwienie tworzenia portali kursów oraz innych usług pomocnych studentom.

Do podstawowych zalet zaliczyć należy:

- pełne wsparcie wymagań ECTS (Europejski System Transferu Punktów) oraz EDS (Europejski Suplement do Dyplomu),
- możliwość opisanie wszystkich poziomów szczegółowości oferty edukacyjnej, począwszy od samej uczelni, procedur rejestracyjnych, przewidywanych kosztów, rodzaju dyplomu, na poszczególnych przedmiotach (kursach), celach ich nauczania oraz wykładowcach skończywszy,
- pozwala na opisanie profili kierunków studiów zarówno na poziomie lokalnym, jak i narodowym (zgodnie z założeniami Bologna Qualification Framework),
- ze względu na użycie języka XML jako podstawy specyfikacji CDM, nie ma ona żadnych konkretnych wymagań sprzętowych lub programowych.

Ponadto, specyfikacja CDM spełnia wymagania różnych standardów edukacyjnych, takich jak: IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective, IMS Resource List Interoperability, IMS Meta-data Best Practice Guide for IEEE 1484.12.1-2002 Standard for Learning Object Metadata (LOM), IMS Enterprise Information Model, IMS Vocabulary Definition Exchange, CWA 14926: Guidelines for the production of learner information standards and specifications CWA 14927: Recommendations on a Model for expressing learner competencies, CWA 14929: Internationalisation of SIF and harmonisation with other specs/ standards. Pełną listę standardów, do których odnosi się CDM, wraz z wyjaśnieniem poziomu relewantności można znaleźć w opisie specyfikacji przygotowanym w ramach projektu e-Quality [7].

Opis oferty edukacyjnej w CDM, szczegółowo przedstawiony na rysunku 3.4 został podzielony na trzy główne części:

- informacje o instytucji,
- informacje o kierunkach studiów, w tym opis ogólny oraz opis poszczególnych przedmiotów (kursów),
- ogólne informacje dla studentów.



<b>Zawartość oferty edukacyjnej w CDM</b>																											
<b>Informacje o instytucji</b>																											
Nazwa oraz dane adresowe	Lista oferowanych kierunków studiów																										
Kalendarz akademicki	Procedury przyjęcia (liczba miejsc, terminy itp.)																										
Władze uczelni	Główne regulacje prawne (w tym procedury uznawania kwalifikacji)																										
Ogólny opis (w tym rodzaj i status uczelni)	Uczelniany koordynator ECTS																										
<b>Informacje o programie nauczania</b>																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Kierunek studiów</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kwalifikacja końcowa (informacje o dyplomie)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Wymagania wstępne</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">zalecane</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">formalne</td> </tr> <tr> <td>Cele edukacyjne i profesjonalne (najlepiej wyrażone w wynikach nauczania i kompetencjach)</td> </tr> <tr> <td>Dostęp do dalszych studiów</td> </tr> <tr> <td>Diagram przedmiotów (kursów) z uwzględnieniem punktów ECTS (60 na rok)</td> </tr> <tr> <td>Egzamin końcowy</td> </tr> <tr> <td>Zasady egzaminowania i oceniania</td> </tr> <tr> <td>Wydziałowy koordynator ECTS</td> </tr> </tbody> </table>	Kierunek studiów	Kwalifikacja końcowa (informacje o dyplomie)	Wymagania wstępne	zalecane	formalne	Cele edukacyjne i profesjonalne (najlepiej wyrażone w wynikach nauczania i kompetencjach)	Dostęp do dalszych studiów	Diagram przedmiotów (kursów) z uwzględnieniem punktów ECTS (60 na rok)	Egzamin końcowy	Zasady egzaminowania i oceniania	Wydziałowy koordynator ECTS	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Przedmiot (kurs) nauczania</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Kod</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Typ kursu</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Poziom nauczania</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Rok studiów</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Semestr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ilość punktów ECTS</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Dane wykładowcy</td> </tr> <tr> <td>Cele nauczania (najlepiej wyrażone w wynikach nauczania i kompetencjach)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Wymagania wstępne</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Treść kursu</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Zalecana literatura</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Metody nauczania</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Metody oceniania</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Język wykładowy</td> </tr> </tbody> </table>	Przedmiot (kurs) nauczania	Kod	Typ kursu	Poziom nauczania	Rok studiów	Semestr	Ilość punktów ECTS	Dane wykładowcy	Cele nauczania (najlepiej wyrażone w wynikach nauczania i kompetencjach)	Wymagania wstępne	Treść kursu	Zalecana literatura	Metody nauczania	Metody oceniania	Język wykładowy
Kierunek studiów																											
Kwalifikacja końcowa (informacje o dyplomie)																											
Wymagania wstępne																											
zalecane																											
formalne																											
Cele edukacyjne i profesjonalne (najlepiej wyrażone w wynikach nauczania i kompetencjach)																											
Dostęp do dalszych studiów																											
Diagram przedmiotów (kursów) z uwzględnieniem punktów ECTS (60 na rok)																											
Egzamin końcowy																											
Zasady egzaminowania i oceniania																											
Wydziałowy koordynator ECTS																											
Przedmiot (kurs) nauczania																											
Kod																											
Typ kursu																											
Poziom nauczania																											
Rok studiów																											
Semestr																											
Ilość punktów ECTS																											
Dane wykładowcy																											
Cele nauczania (najlepiej wyrażone w wynikach nauczania i kompetencjach)																											
Wymagania wstępne																											
Treść kursu																											
Zalecana literatura																											
Metody nauczania																											
Metody oceniania																											
Język wykładowy																											
<b>Ogólne informacje dla studentów</b>																											
Ogólne informacje praktyczne	Biuro spraw studenckich																										
Koszty życia	Obiekty naukowe																										
Zakwaterowanie	Programy międzynarodowe																										
Wyżywienie	Praktyczne informacje dla studentów mobilnych																										
Obiekty medyczne	Kursy językowe																										
Obiekty dla studentów ze specjalnymi potrzebami	Praktyki																										
Ubezpieczenie	Rozrywkowa i aktywności pozauniwersyteckie																										
Wsparcie finansowe	Organizacje studenckie																										

**Rys.3.4.** Zawartość opisu oferty edukacyjnej w CDM

Źródło: opracowanie własne na podstawie [15]

Uwzględnienie wszystkich ukazanych na rysunku 3.4 informacji pozwala na dostosowanie opisu oferty edukacyjnej do potrzeb nawet bardzo wymagających studentów, gdyż zapewnia nie tylko pełen zakres informacji na temat uczelni oraz kierunku studiów, ale także na temat kosztów związanych z podjęciem studiów, dostępnego wsparcia finansowego, życia uniwersyteckiego czy dodatkowych możliwości, jak chociażby kursy językowe czy praktyki.

**eXchanging Curriculum-Related Information (XCRI)**, czyli „wymiana informacji związanych z programem nauczania” to obecnie zakończony już brytyjski projekt fundowany przez organizację JISC. Jego celem było zdefiniowanie słownictwa oraz odpowiednich powiązań technologicznych (np. XML, RDF) do opisu takich informacji związanych z kursami jak marketing, zapewnienie jakości, wymagania odnośnie przyjęcia oraz raportowania [126].

Jednym z pierwszych kroków w trakcie opracowywania XCRI było zbadanie struktury i zasad związanych z Norweskim CDM w odniesieniu do wymagań brytyjskich organizacji edukacyjnych, by uniknąć tworzenia elementów już istniejących. Wyróżniono dwie właściwości CDM, które czynią tę specyfikację nieadekwatną do wymagań systemu edukacyjnego w Wielkiej Brytanii:

- brak podziału na specyfikację i ofertę - zgodnie z brytyjskimi wymaganiami czym innym jest specyfikacja kierunku studiów, która może być taka sama na różnych uczelniach, a czym innym konkretna oferta edukacyjna, CDM nie daje możliwości rozróżnienia tych kwestii;
- zakodowano tu na sztywno dwupoziomową hierarchię programów oraz kursów, odpowiadającą brytyjskim kursom oraz modułom, nie ma natomiast możliwości przedstawienia etapu, poziomu czy roku między programami oraz kursami, potrzebnych do oceny postępów w nauce.

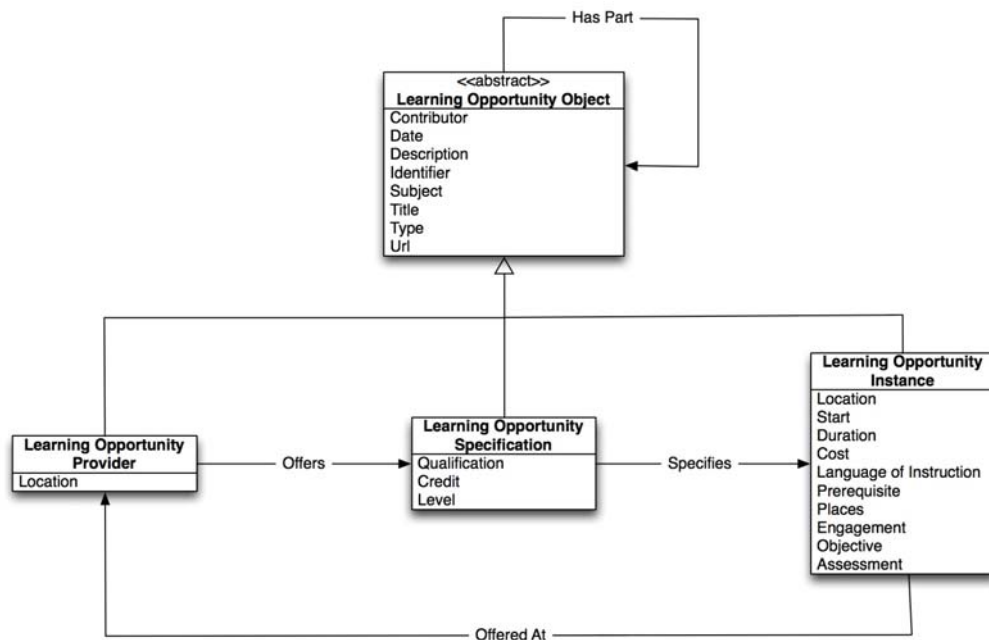
Analiza innych standardów pokazała, że choć istnieją standardy spełniające akurat te wymagania (m.in. eduCourse [4], EMIL [72]), mają one z kolei inne braki. W związku z tym zdecydowano się na opracowanie własnego schematu XML, a także na przekazanie wyników i pomysłów do autorów CDM w nadziei, że być może dzięki XCRI oraz powiązaniu z projektem TENCompetence uda się stworzyć harmonijny dialog między poszczególnymi standardami.

Grupa pracująca nad XCRI wraz z norweską grupą tworzącą CDM, a także szwedzkimi autorami standardu EMIL (Education Information Markup Language) i innymi partnerami zajęła się pracą nad stworzeniem ogólnoeuropejskiego standardu przedstawiania informacji o ofertach edukacyjnych. Standard ten, o roboczej nazwie **Metadata for Learning Opportunities (MLO)**, czyli Metadane dla Możliwości Kształcenia, został w 2008 roku przedstawiony Europejskiemu Komitetowi d.s. Standaryzacji - CEN (ang. European Committee for Standardisation) jako kandydat na

normę europejską. Standard został wstępnie zaakceptowany (jako MLO-AD, od MLO-Advertising) i oczekuje na publikację.

Celem opracowania MLO było stworzenie jednolitej możliwości opisywania oraz wymiany informacji o kursach, nauczaniu zdalnym i innych możliwościach kształcenia. Przeznaczony jest zasadniczo dla trzech typów użytkowników:

- organizacji oferujących kształcenie i chcących propagować informacje na ten temat,
- organizacji udostępniających elektroniczne usługi wyszukiwania gromadzące dane pochodzące od wielu różnych organizacji edukacyjnych,
- osób pragnących porównać przedstawione w sposób elektroniczny oferty edukacyjne, zwane w MLO możliwościami kształcenia - ang. Learning Opportunities.



Rys.3.5. Model wzajemnych powiązań w ramach MLO

Źródło: [16]

Standard przedstawia abstrakcyjny model służący reprezentacji możliwości kształcenia, uwzględniający potrzebę przechowywania informacji o trzech podstawowych zasobach: dostawcy kształcenia (Learning Opportunity Provider), specyfikacji konkretnej możliwości (Learning Opportunity Specification) oraz jej instancji (Learning Opportunity Instance). Określone są relacje między tymi trzema zasobami oraz zestaw podstawowych metadanych dla każdego z nich. Rysunek 3.5 przedstawia model wzajemnych powiązań w ramach MLO.

Wprowadzenie standardu opisu oferty edukacyjnej na poziomie europejskim z pewnością ułatwi tworzenie narzędzi służących gromadzeniu oraz porównywaniu informacji zawartych w poszczególnych ofertach. Już w tej chwili istnieją katalogi umożliwiające znalezienie ofert na interesującym nas poziomie nauczania, w wybranym kraju i języku, takie jak np. PLOTEUS [30] (od ang. Portal on Learning Opportunities throughout the European Space - Portal o Możliwościach Kształcenia w Europie).

## Oceny uczelni

Z punktu widzenia jakości oferty edukacyjnej istotne są również informacje na temat samej uczelni i zapewnianego poziomu kształcenia, w myśl prostej zasady, że nawet najlepiej zapowiadające się studia na uczelni o kiepskiej reputacji i słabych wynikach mogą nie spełnić oczekiwań kandydata. Do uzyskania opinii na temat uczelni można posłużyć się:

- danymi na temat akredytacji poszczególnych kierunków studiów, przy czym sprawdzany jest tu każdy kierunek studiów z osobna, oceny zaś są mało zróżnicowane (ocena negatywna, pozytywna, lub wyróżniająca);
- wynikami prowadzonych przez różne organizacje rankingów uczelni.

Istnieje szereg organizacji zajmujących się tworzeniem międzynarodowych rankingów uczelni. Do najbardziej znanych (i uznanych) rankingów światowych należą:

- The Times Higher Education - QS World University Rankings
- Academic Ranking of World Universities
- Newsweek
- Webometrics
- G-Factor
- Professional Ranking of World Universities
- Performance Ranking of Scientific Papers for World Universities
- Wuhan University

Każdy z tych rankingów wykorzystuje swoje własne wskaźniki do oceny poszczególnych uczelni, nadając każdemu z nich odpowiednią wartość znaczeniową. Umożliwia to ocenę uczelni pod względem poziomu kadry (np. liczba samodzielnych pracowników naukowych, liczba publikacji w uznanych czasopismach), pod względem przygotowania absolwentów do pracy zawodowej (np. liczba absolwentów zajmujących

wysokie stanowiska w znanych firmach), czy też pod jeszcze innymi kątami (np. widoczność strony głównej uczelni w sieci). Szczegółowe informacje na temat rankingów przedstawiono w 4.4.

## **Informacje dotyczące rynku pracy**

Niezbędne do rozwiązania postawionego problemu dane na temat rynku pracy odnoszą się do panujących trendów i przewidywanej przyszłej sytuacji, z samej więc swojej natury są niepewne. W zakresie niniejszej pracy nie leży jednak opracowanie narzędzia pozwalającego na jak najdokładniejsze prognozowanie przyszłości. Dane takie można pozyskać z zewnątrz, chociażby korzystając z usług takich firm jak wspomniany już Gartner, uwzględniając trendy przy tworzeniu nowych standardów przez organizacje wiodące w badaniach i rozwoju dotyczących wybranej dziedziny (np. W3C, IEEE), sprawdzając nadawane patenty, czy wreszcie patrząc na rozwój i znaczenie publikacji naukowych w danej dziedzinie (np. korzystając z platformy najważniejszych indeksów cytowań firmy Thomson Reuters czy też zawierającej Impact Factors bazy Journal Citation Report (JCR)).

W przypadku opisu kompetencji na rynku pracy, sytuacja jest bardziej skomplikowana niż miało to miejsce w sytuacji edukacyjnej. Wynika to z konieczności pozyskiwania informacji nie tylko na temat przewidywanego zapotrzebowania rynku pracy na poszczególne kompetencje, ale także na temat np. rozwoju technologii, który może spowodować zmiany znaczenia pewnych kompetencji. Opracowane w ramach różnych inicjatyw opisy kwalifikacji zawodowych, omówione w 1.2, przygotowane zostały w sposób zapewniający jak najdłuższą aktualność, a więc niewielkie powiązanie z rynkiem technologicznym.

Jakkolwiek opracowana została standardowa struktura opisywania kwalifikacji zawodowych, pozwalająca na identyfikację i zrozumienie poszczególnych elementów wpływających na charakterystykę danego zawodu, nie istnieje żaden standard zapisu prognoz dotyczących zapotrzebowania na kompetencje oraz trendów w technologiach. W związku z tym konieczne będzie dostosowanie systemu bądź to ręcznego wprowadzania danych, bądź też do pozyskiwania danych z jednorodnych źródeł lub rozpoznawania danych o różnej postaci.

## Postać opisu kompetencji w dostępnych źródłach danych

Odnosząc się do przedstawionej w punkcie 3.1 struktury rynku kompetencji oraz uwzględniając obowiązujące standardy i charakter danych potrzebnych do pracy proponowanego systemu, możemy określić postać opisu kompetencji w zależności od rozpatrywanego uczestnika rynku. Zostało to odzwierciedlone w tabeli 3.2.

**Tabela 3.2.** Postać opisu kompetencji uczestników rynku kompetencji

Uczestnik rynku	Reprezentacja kompetencji	Postać opisu kompetencji
Poszukiwacz wiedzy	Posiadane kwalifikacje	Lingwistyczna, liczbowa (zazwyczaj nazwa przedmiotu lub kompetencji wraz z oceną)
	Informacje nieformalne	Lingwistyczna, rozmyta (zazwyczaj nazwa kompetencji z indywidualnie określonym stopniem znajomości)
Dostarczyciel wiedzy	Opis oferty edukacyjnej	Kompetencje wstępne – lingwistyczna, liczbowa lub rozmyta
		Kompetencje gwarantowane – lingwistyczna
Kreator zapotrzebowania	Opis zawodu	Kompetencje wymagane – lingwistyczna, rozmyta
Regulator wiedzy	Standardy kształcenia	Lingwistyczna

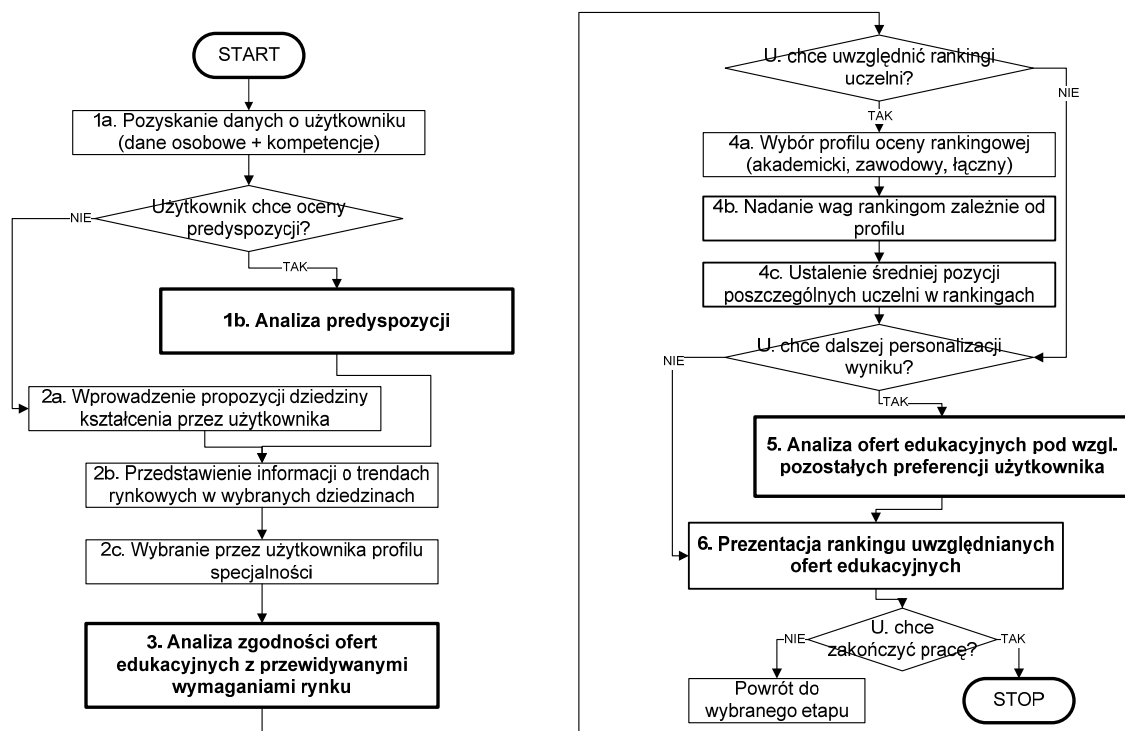
Źródło: [16]

Wszelkie dane na temat kompetencji muszą zostać odpowiednio przetworzone i wprowadzone do bazy danych systemu. Struktura bazy danych przedstawiona została w 4.3.

## 4. Koncepcja funkcjonowania informatycznego systemu wsparcia w wyborze edukacji i na rynku pracy

Rysunek 4.1 przedstawia ogólny algorytm funkcjonowania proponowanego systemu OUZKZ. Możemy tu wyróżnić kilka podstawowych etapów, przy tym zakłada się, że użytkownik ma możliwość w dowolnym momencie powrócić do etapu wcześniejszego:

1. analiza predyspozycji użytkownika (z której ten może zrezygnować),
2. wybór kierunku studiów i specjalności,
3. analiza ofert edukacyjnych pod względem zgodności oferowanych kompetencji z przewidywanymi wymaganiami rynku,
4. wzbogacenie wyników tej analizy o informacje na temat pozycji poszczególnych uczelni w rankingach,
5. personalizacja uzyskanych wyników ocen ofert edukacyjnych (z której można zrezygnować),
6. prezentacja wyników.



Rys.4.1. Ogólny algorytm funkcjonowania systemu do oceny użyteczności zdobywanych kompetencji zawodowych

Źródło: opracowanie własne

Przed rozpoczęciem pracy z systemem użytkownik może zdecydować o zakresie danych personalnych jakie zdecyduje się wprowadzić oraz o zachowaniu, bądź nie, profilu osobistego. Przechowywanie danych o użytkowniku ułatwia wielokrotną pracę z systemem, tak na jednym, jak i na wielu różnych etapach życia, co zgodne jest z ideą kształcenia przez całe życie. Z kolei wprowadzenie danych osobistych takich jak informacje o miejscu zamieszkania czy sytuacji ekonomicznej rodziny może zostać wykorzystane do przeprowadzania analiz dotyczących użytkowników, ich preferencji, predyspozycji i dokonywanych wyborów, w odniesieniu do sytuacji życiowej.

Do zrealizowania tak przedstawionego zarysu funkcjonowania systemu niezbędne jest określenie struktury, która to zadanie umożliwi.

#### **4.1. Model infrastruktury informatycznej systemu**

Jeżeli przyjmiemy co następuje:

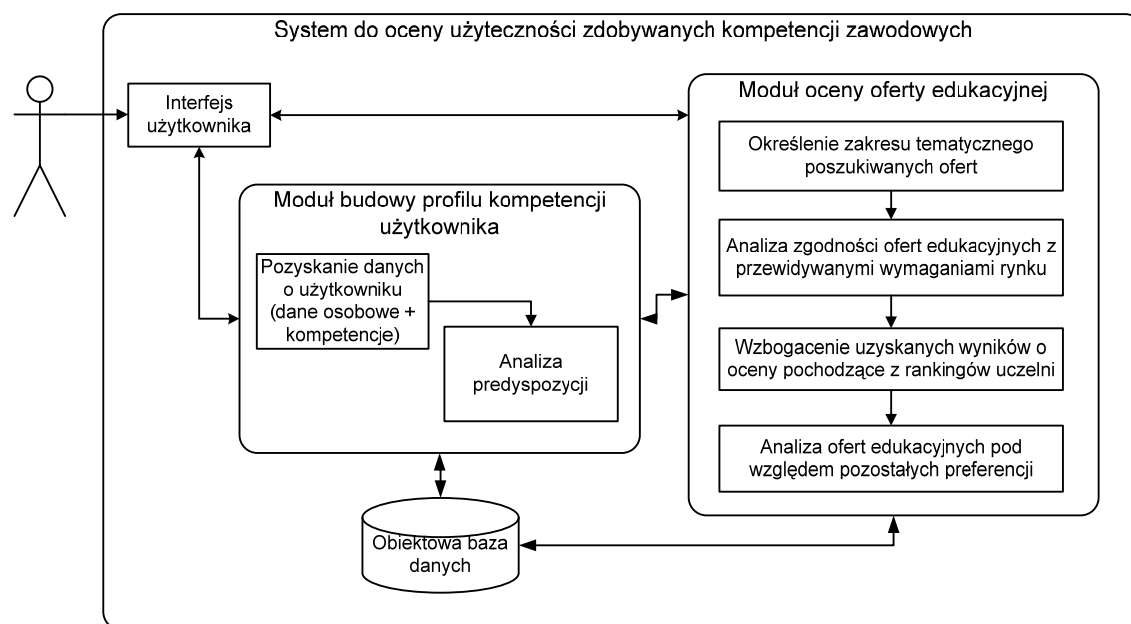
- a) systemem wspomagania decyzji (DSS) nazywamy klasę systemów informacyjnych opartych na technologii informatycznej, zawierającą systemy oparte na wiedzy, które wspierają działania związane z podejmowaniem decyzji [116],
- b) podstawowa architektura systemu DSS składa się z następujących elementów [13]:
  - bazy danych, zawierającej informacje o danych wewnętrznych i zewnętrznych mających wpływ na proces podejmowania decyzji; musi zawierać dane wejściowe do systemu oraz wyjściowe do użytkownika z uwzględnieniem jakości tych danych,
  - bazy modeli, zawierającej zbiór algorytmów służących podejmowaniu decyzji na podstawie informacji zawartych w bazie danych,
  - interfejsu, umożliwiającego komunikację użytkownika z systemem
- c) klasyfikacja tychże systemów jest następująca [87]:
  - model-driven – skupia się na dostępie do oraz manipulacji modelem statystycznym, finansowym, optymalizacyjnym lub symulacyjnym, wykorzystuje dane i parametry użytkownika do analizy sytuacji,
  - communication-driven – wspiera pracę kilku osób nad wspólnym zadaniem,
  - data-driven / data-oriented – skupia się na dostępie do i manipulacji zestawem danych wewnętrznych lub zewnętrznych dla organizacji,
  - document-driven – zarządza, odnajduje i manipuluje nie ustrukturuowaną informacją zawartą w dokumentach elektronicznych różnych formatów,



- knowledge-driven – dostarcza ekspertyzy odnośnie rozwiązania problemu zapisanej jako fakty, reguły, procedury itp.

to możemy powiedzieć, że opracowywany w ramach niniejszej pracy model systemu wspomaganego kandydata na studia jest systemem wspomaganego decyzyjnego zorientowanym na wiedzę – knowledge-driven.

Biorąc pod uwagę powyższe, a także uwzględniając zadania stawiane przed opracowywanym systemem (opisane w punkcie 3.2), możemy określić strukturę systemu OUKZ w sposób przedstawiony na rysunku 4.2.



Rys.4.2. Struktura modelu systemu OUKZ

Źródło: opracowanie własne

Zgodnie z [12] możemy określić uogólnione potrzeby użytkowników dowolnej aplikacji:

- dostęp do wszystkich możliwości aplikacji w dowolnym momencie,
- intuicyjność obsługi (niewymagająca zapoznawania się ze skomplikowanym podręcznikiem użytkownika),
- krótki czas oczekiwania na wyniki pracy,
- odpowiednio dobrane nazewnictwo elementów interfejsu, z dostępną opcją pomocy.

Zaspokojenie tych potrzeb w przypadku SOUKZ wymaga opracowania odpowiedniego interfejsu użytkownika oraz realizacji systemu w sposób zapewniający jak najszybsze uzyskanie wyników.

Przy opracowywaniu systemu OUZKZ przyjęto założenie, że ma on być niezależny od innych uczestników rynku kompetencji oraz łatwo dostępny dla wszystkich potencjalnych użytkowników. Najlepszym sposobem na realizację tego zadania jest opracowanie systemu OUZKZ jako aplikacji sieciowej, udostępnianej za pomocą Internetu. Dostęp z dowolnego miejsca, wymagający jedynie posiadania odpowiedniej przeglądarki internetowej jest bardzo istotną zaletą takiego rozwiązania (brak konieczności instalacji oprogramowania, jego aktualizowania, brak rozbieżności między wersjami różnych użytkowników).

Interfejs użytkownika musi być zrealizowany w sposób umożliwiający wykorzystanie mechanizmu tworzenia skali lingwistycznej na potrzeby odzwierciedlenia preferencji użytkownika na różnych etapach oceny oferty edukacyjnej. Musi być przyjazny i łatwy w obsłudze, zapewniający swobodną interakcję, nie może być zbyt obciążony graficznie, ze względu na konieczność jak najszybszego reagowania na polecenia użytkownika. System OUZKZ wymaga wysokiego zaangażowania użytkownika na etapie personalizacji wyników pracy systemu, nie można więc dopuścić do sytuacji, gdy użytkownik zniechęci się do współpracy z systemem powodu długiego czasu oczekiwania na reakcję interfejsu.

Dane pozyskane od użytkownika mogą być przechowywane w bazie systemu, na wypadek kolejnych zapytań, a także na potrzeby ewentualnej przyszłej analizy dla celów statystycznych oraz celem poszukiwania nieznanymi zależności. Wśród korzyści wynikających z gromadzenia danych wprowadzanych do systemu przez użytkowników wymienić należy:

- w przypadku tworzenia kont użytkowników – brak konieczności wielokrotnego definiowania preferencji przy ponownym korzystaniu z systemu;
- możliwość określenia przeciętnego profilu kandydata na studia w wybranym roku akademickim pod względem posiadanych kompetencji;
- możliwość określenia głównego obszaru zainteresowań kandydatów;
- możliwość określenia przeciętnego profilu preferencji kandydatów.

Oprócz danych wprowadzanych przez użytkowników, do prawidłowej pracy system wymaga także dodatkowych danych pochodzenia zewnętrznego. Najważniejsze są tu regularnie dostarczane do systemu prognozy zapotrzebowania na rynku pracy, niezbędne przy ocenie zgodności kompetencji oferowanych na rynku edukacyjnym

z wymaganiami rynku pracy. Charakterystyka dostępnych źródeł danych została przedstawiona w punkcie 3.3.

Do gromadzenia, reprezentowania i działania na danych postanowiono posłużyć się opracowaną w tym celu bazą obiektową, która, rozumiana jako statyczny model obiektywnego, bieżącego stanu „przestrzeni kompetencji”, posiada następujące cechy:

- dostarcza możliwości opisu i przechowywania struktur danych oraz metod/procedur ich wykorzystania w ramach jednego obiektu,
- daje możliwość dziedziczenia cech poszczególnych obiektów, a także określania charakteru związków między obiektami, dzięki opisowi ich wzajemnych powiązań,
- jest elastyczna, można zatem wraz z potrzebą zmieniać istniejącą strukturę i hierarchię, wprowadzać nowe elementy lub usuwać / modyfikować istniejące (na co pozwala odpowiednie oprogramowanie – przykładowo C++).

Przedstawiona powyżej baza obiektowa może być rozumiana jako baza faktów dotyczących rozpatrywanej „przestrzeni kompetencji” na którą składa się zbiór kompetencje wymaganych i gwarantowanych, wraz z aplikacjami służącymi ich przetwarzaniu i analizie. Proponowana struktura i zawartość bazy zostały dokładnie omówione w punkcie 4.3.

Baza powinna być zasilana danymi i odświeżana w regularnych odstępach czasu, a także, jeśli to możliwe, w sposób automatyczny w przypadku wystąpienia zmian w źródłach danych zgromadzonych w systemie (jest to możliwe np. przy zastosowaniu agentów inteligentnych, śledzących zmiany zachodzące na stronach internetowych służących za źródło danych o poszczególnych ofertach edukacyjnych).

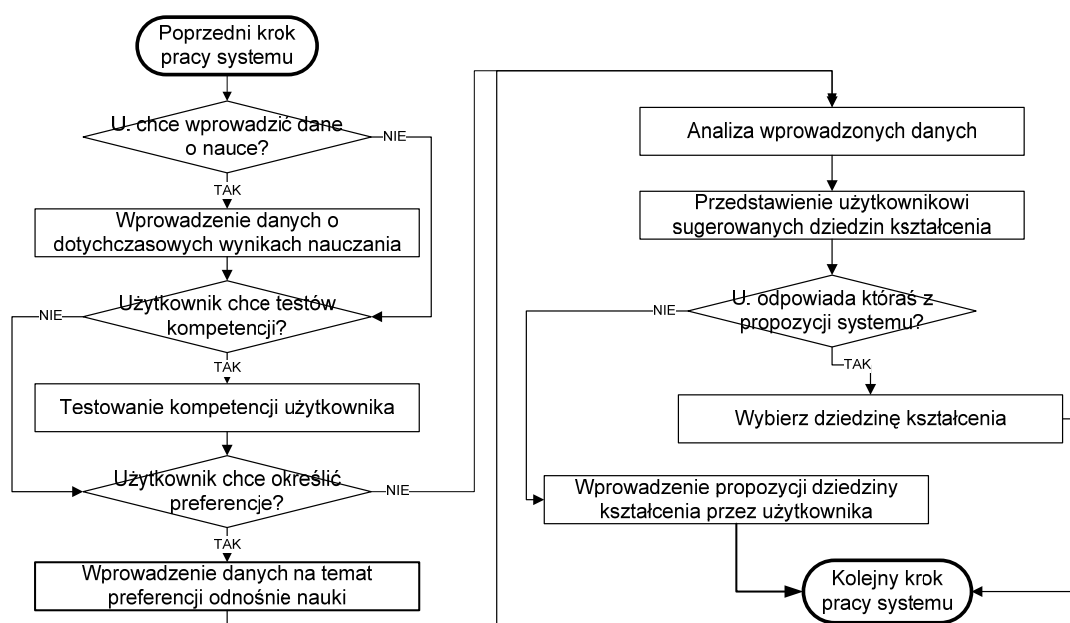
Ponadto, praca systemu na etapie współpracy z użytkownikiem może zostać przyspieszona jeżeli, przykładowo przy każdym zasilaniu systemu nowymi danymi, lub też zmianie danych aktualnych, przeprowadzone zostaną wstępne obliczenia, niewymagające ingerencji użytkownika, niezależne od jego indywidualnych preferencji. Podstawowym działaniem takiego rodzaju jest określenie zgodności treści oferty edukacyjnej z wymaganiami rynku pracy – zgodność ta nie zależy od użytkownika, zmienia się jedynie wraz ze zmianą zawartości oferty lub zmianą wymagań rynkowych.

Realizacja głównych zadań systemu została rozdzielona między dwa podstawowe moduły: moduł budowy profilu kompetencji użytkownika oraz moduł oceny oferty

edukacyjnej. Podziału takiego dokonano ze względu na potencjalnie różny poziom wykorzystania obu modułów. Moduł budowy profilu kompetencji użytkownika oferuje funkcjonalność, która może być pominięta w sytuacji, gdy użytkownik nie potrzebuje pomocy w określeniu indywidualnych predyspozycji, a jedynie w ocenie możliwości związanych z już wybranym przez niego kierunkiem kształcenia. Moduł oceny oferty edukacyjnej stanowi podstawę systemu OUZKZ i realizuje jego najważniejsze zadania: ocenę zgodności ofert edukacyjnych z wymaganiami rynku i ich wzajemne porównanie, a także personalizację tak uzyskanych wyników pod względem indywidualnych preferencji użytkownika.

## 4.2. Algorytmizacja predyspozycji użytkownika

Określenie obszaru kształcenia najbardziej pasującego do zakresu wiedzy i umiejętności posiadanych przez użytkownika to pierwszy krok prowadzący do personalizacji wyników pracy systemu OUZKZ. Rysunek 4.3 przedstawia algorytm funkcjonowania systemu w tym kroku.



Rys.4.3. Analiza predyspozycji użytkownika systemu OUZKZ

Źródło: opracowanie własne

Ocena predyspozycji do kształcenia charakteryzujących danego użytkownika przeprowadzana jest dwuetapowo: najpierw zbierane są informacje i budowany jest profil kompetencji użytkownika, a następnie określone jest dopasowanie profilu do poszczególnych obszarów kształcenia. Na obu etapach niezbędna jest pomoc eksperta,

takiego jak psycholog specjalizujący się w doradztwie zawodowym, który może być reprezentowany w systemie OUKKZ przez dedykowany system ekspertowy.

## **Budowa profilu kompetencji użytkownika**

Profil kompetencji użytkownika zawiera informacje o zakresie posiadanych przez niego kompetencji. Określa nie tylko jakie kompetencje osoba posiada, ale również na jakim są one poziomie. Uwzględnienie poziomu kompetencji jest niezbędne do późniejszego określenia predyspozycji, gdyż z usług systemu korzystać mogą osoby posiadające podobny zestaw kompetencji, różniących się jedynie poziomem ich znajomości.

Do pozyskania danych niezbędnych do budowy profilu kompetencji można użyć jednej z następujących metod, bądź też obu na raz:

1. Pozyskanie informacji na temat posiadanych świadectw, dyplomów i certyfikatów oraz widniejących na nich ocen.

W przypadku świadectwa maturalnego dane dotyczące polskich abiturientów można pobrać z centralnego systemu, nie jest to jednak na razie możliwe jeśli chodzi o świadectwo ukończenia szkoły, zatem dane te muszą być wprowadzone przez użytkownika. Podobnie rzecz ma się w przypadku różnych certyfikatów, czy też suplementu do dyplomu (dotyczy to użytkownika, który ma już ukończone studia, ale chce się kształcić dalej). Ważne jest tutaj, aby system dawał użytkownikowi możliwość określenia preferencji co do przedmiotów, których się uczył. Jest to szczególnie potrzebne w przypadku osób posiadających podobne oceny z wielu przedmiotów, gdyż pozwala określić w których obszarach kształcą się najchętniej, a więc są najbardziej skłonne podjąć dalszą naukę.

Podstawową wadą tej metody jest duży udział czynnika ludzkiego w ocenianiu – oceny nie zawsze są obiektywne, ponadto zależą od wielu czynników, jak poziom grupy, ogólny poziom nauczania w danej jednostce kształcącej, itp.

2. Przeprowadzenie testów kompetencji.

Metoda ta jest bardziej czasochłonna i może okazać się męcząca i nieprzyjemna dla użytkownika (niektórzy mogą zrezygnować z korzystania z systemu, jeżeli będą zmuszeni do odpowiadania na dużą liczbę pytań), jednakże z drugiej strony pozwoliłaby na ocenę wszystkich użytkowników w sposób obiektywny, według

takich samych kryteriów. Nie ma jednak możliwości sprawdzenia w ten sposób dużego zakresu wiedzy z wielu dziedzin, gdyż żaden użytkownik nie będzie powtarzał całego materiału opanowanego w czasie nauki tylko na potrzeby systemu. Najlepszym zastosowaniem tej metody jest ocena ogólnych kompetencji i zdolności, takich jak myślenie numeryczne, myślenie analityczne, myślenie werbalne itp. Naturalnie dane do przeprowadzenia wspomnianych testów, czyli zarówno treść samych testów, jak i wnioski, jakie na ich podstawie można wyciągnąć, powinny być przygotowane przez odpowiedniego eksperta/ekspertów.

Najkorzystniejszym dla użytkownika byłoby wykorzystanie obu metod, pozwoliłoby bowiem określić w pewnym stopniu zarówno kompetencje wynikające z formalnie zgromadzonej wiedzy, jak i wynikające z cech osobistych, charakteryzujących jego sposób myślenia.

Oprócz pozyskania danych odnośnie kompetencji, system daje użytkownikowi możliwość określenia własnych preferencji co do nauczania. Dotyczy to z jednej strony dziedzin wiedzy, które są dla użytkownika najbardziej interesujące (np. matematyka, fizyka, geografia, muzyka, lub bardziej ogólnie: nauki ścisłe, nauki humanistyczne, nauki artystyczne itp.), co jest szczególnie ważne w sytuacji, gdy wyniki określające różne kompetencje nie odbiegają zbyt od siebie; a z drugiej strony preferowanego stylu nauki (zdalnie lub w klasie, rano lub wieczorem, samodzielnie lub w grupie).

Wszystkie zgromadzone dane na temat użytkownika składają się na jego profil:

- dane personalne (opcjonalne),
- posiadane kompetencje, wraz z określonym poziomem biegłości,
- preferencje odnośnie zakresów kształcenia (dziedzin nauki),
- preferowane języki kształcenia,
- preferencje dotyczące stylu / trybu nauczania (klasyczny, zdalny, mieszany).

Już na tym etapie można również zaproponować użytkownikowi określenie pozostałych preferencji dotyczących nauki (np. koszt studiów), jeżeli pozwolą one na wyeliminowanie pewnych ofert edukacyjnych z zakresu poszukiwań (np. odrzucać oferty na których studia kosztują więcej niż określona kwota za semestr).

Możliwa jest w tym momencie klasyfikacja użytkowników i ogólne określenie posiadanego profilu jako np. techniczny, ścisły, artystyczny, jednak biorąc pod uwagę,

że celem systemu jest osiągnięcie jak najwyższego poziomu personalizacji wyników, postanowiono zachować indywidualne profile dla każdego użytkownika.

## **Określenie predyspozycji**

Utworzony profil kompetencji użytkownika należy wykorzystać do określenia predyspozycji w nauczaniu. Ponownie – nie jest to możliwe bez pomocy eksperta z tego zakresu. Ważne jest tu uwzględnienie preferencji użytkownika, ponieważ pozwala ono na zawężenie obszaru określania predyspozycji do dalszego rozwoju.

Najbardziej wydajnym sposobem określania predyspozycji jest zbudowanie systemu ekspertowego, który oceniłby je w odniesieniu do różnych dziedzin i możliwości kształcenia, przy jednoczesnym uwzględnieniu preferencji. Także do określenia obszarów wiedzy, do których zakwalifikowany może zostać profil użytkownika, niezbędna jest pomoc eksperta. Może on przygotować ontologię wiedzy z poszczególnych dziedzin i na tej podstawie stworzyć reguły dla systemu ekspertowego, identyfikujące powiązania między elementami profilu użytkownika a elementami ontologii.

System ekspertowy nie jest jedynym rozwiązaniem jakie można zastosować do określania predyspozycji użytkownika. Wśród innych metod należy wymienić: analizę luk kompetencji (ang. „Competency Gap Analysis”) [20] wykorzystującą mapy kompetencji wielokrotnego użycia (ang. „Reusable Competency Map”) [67] oraz ocenę kosztów rozszerzenia kompetencji [32], w której wykorzystuje się metody zbiorów kompetencji [128]. Obie te metody, każda na swój sposób, pozwalają na porównanie dwóch zbiorów kompetencji na zasadzie pozwalającej na określenie co należy uzupełnić w zbiorze A, by osiągnąć zbiór B i jak tego dokonać – innymi słowy jakie kompetencje można wykorzystać i rozszerzyć, a jakie należy nabyć, żeby osiągnąć docelowy zakres wiedzy i umiejętności. Druga metoda pozwala też na określenie kosztu każdej z możliwych dróg dojścia do celu.

Skorzystanie z tych metod stanowi podejście nieco odmienne od stosowanego w systemie ekspertowym. O ile system ekspertowy ma na celu identyfikację obszarów wiedzy i umiejętności, w których użytkownik wykazuje najlepsze wyniki, o tyle metody poszukiwania możliwości rozszerzenia kompetencji pozwalają ocenić jak wiele pracy wymagałoby od użytkownika rozwinięcie się w pełni w każdym z obszarów.

W związku z tym nietrudno stwierdzić, że system ekspertowy daje o wiele wyższą wydajność jeśli chodzi o wyniki względem zasobów wykorzystywanych na ich uzyskanie, nie wymaga on bowiem odnoszenia się do każdego z obszarów z osobna i przeprowadzania wielokrotnych porównań. Zastosowanie wspomnianych metod może za to okazać się przydatne na etapie wyboru samego kierunku kształcenia i specjalizacji, w ramach już zidentyfikowanego obszaru. Wyniki takiej analizy stanowiłyby dodatkową pomoc, z kolei analizowany zakres kompetencji byłby mniejszy niż na poprzednim etapie.

Po analizie istniejących rozwiązań dotyczących kwestii oceny predyspozycji użytkownika oraz określania ścieżki kształcenia (niektóre zostały omówione w punkcie 2.3), a także informacji na temat prowadzonych prac nad aplikacjami wykorzystującymi mapy kompetencji oraz analizę luk kompetencji [84], uznano, że są one wystarczające i wprowadzanie nowego rozwiązania nie jest konieczne. Na etapie implementacji systemu należałoby uzgodnić z autorami wybranego rozwiązania możliwość uzyskania dostępu do odpowiednich funkcjonalności.

#### ***4.3. Metody wyboru kierunku studiów i specjalności***

Po analizie danych wprowadzonych przez użytkownika, jest mu przedstawiane podsumowanie dotyczące predyspozycji oraz propozycja jednego lub kilku zakresów kształcenia, spośród których dokonuje on wyboru kierunku studiów i specjalności. Użytkownik może nie zgadzać się z propozycją systemu i wprowadzić własną, co naturalnie musi nastąpić jeżeli w ogóle zrezygnowano z analizy predyspozycji.

Po dokonaniu przez użytkownika wyboru odnośnie pożądanego kierunku studiów, system wyszukuje wszystkie oferty zawierające wybrany kierunek / specjalność i przechodzi do ich oceny pod względem zgodności z wymaganiami rynku pracy.

Biorąc pod uwagę jak duże znaczenie dla przyszłości kandydata ma prawidłowy wybór studiów, istotnym jest bardzo przeprowadzenie oceny ofert jak najlepiej oddającej sytuację rzeczywistą. Podstawowym i pierwszym etapem oceniania oferty edukacyjnej jest więc określenie stopnia zgodności między proponowanym w ofercie zakresem kompetencji a przewidywanymi wymaganiami rynku. Nie oznacza to jedynie porównania ze sobą standardowego opisu oferty ze standardowym opisem zawodu czy też ofertą pracy. W świetle ciągłego rozwoju i postępu technologicznego, ocena ta



odnosi się w dużej mierze do kwestii uwzględnienia w ofercie znajdujących swoje miejsce na świecie coraz to nowszych rozwiązań technologicznych.

Ze względu na różnorodny wpływ sytuacji rynkowej, takiej jak chociażby nasilająca się walka o studenta, na treść ofert edukacyjnych, ograniczenie się do samych treści programowych byłoby podejściem krótkowzrocznym. Równie istotne jest uwzględnienie ogólnej jakości kształcenia na danej uczelni, wydziale czy kierunku studiów. Z jednej strony jakość kształcenia kontrolowana jest przez odpowiednie komisje akredytacyjne, które mogą nawet zakazać nauczania danego kierunku na konkretnej uczelni, z drugiej strony, jak już wspomniano, istnieje szereg organizacji zajmujących się tworzeniem rankingów uczelni, zarówno na poziomie krajowym jak i na skalę światową. Choć nie można w żadnym z tych przypadków mówić o całkowitej obiektywności oceny, gdyż każde podejście ma swoje wady oraz zalety, uwzględnienie tych elementów pozwala stworzyć lepszy obraz użyteczności proponowanego procesu kształcenia.

Do prawidłowego działania opracowanego systemu OUKKZ konieczne jest by wszelkie niezbędne dane, takie jak informacje na temat kompetencji, wymagań rynku, powiązań technologicznych, trendów na rynku itp., znajdowały się w bazie danych systemu. Przy tym opracowanie metody ich pozyskiwania i wstępnego przetworzenia celem umożliwienia działania na nich nie jest przedmiotem niniejszej pracy. Narzędzie takie, z racji na charakter ściśle związany z koniecznością interpretacji dostępnych danych na poszczególne tematy, powinno być opracowane przy udziale ekspertów poszczególnych dziedzin nauki.

Ze względu na znaczenie treści, struktury i relacji dotyczących kompetencji dla spełnienia zadań postawionych systemowi zdecydowano się do modelowania kompetencji wykorzystać podejście ontologiczne (omówione w punkcie 1.3). Tutaj ponownie zaznaczyć należy, że opracowanie sposobu uzyskania opisu ontologicznego na podstawie istniejących dokumentów leży poza zakresem niniejszej pracy, istnieją inne opracowania traktujące o tym zagadnieniu, np. [27]. Ponieważ dla prawidłowego porównania kompetencji konieczne jest odniesienie się do wspólnej ontologii, może wystąpić potrzeba mapowania pojęć oraz łączenia poszczególnych ontologii w jedną – zagadnienia te zostały omówione we wcześniejszych publikacjach: [111] oraz [109].

Jednym z możliwych sposobów reprezentacji ontologii w postaci bardziej sformalizowanej jest wykorzystanie grafu. Poniżej przedstawiony został opis modelu sytuacji decyzyjnej z wykorzystaniem teorii grafów. Pierwsza wersja tej reprezentacji została wcześniej opublikowana w [94].

## Opis modelu matematycznego sytuacji decyzyjnej

Do modelu rozpatrywanej sytuacji decyzyjnej zaliczamy następujące elementy:

1.  $C^W = \{c_i^W\}$  - **zbiór kompetencji wymaganych na rynku pracy.**

Dla każdej **kompetencji wymaganej**  $c_i^W$  należącej do tego zbioru określony jest **graf tej kompetencji**  $G_i = \{v_i, y_i\}$ , gdzie  $v_i \in V$  - zbiór wierzchołków (pojęć) grafu  $G_i$ ,  $y_i \in Y$  - zbiór krawędzi (relacji pomiędzy pojęciami) grafu  $G_i$ .

2.  $D = \{d_k\}$  - zbiór przedstawiający **rodzaje technologii, zawarte w kompetencjach.**

Każda **technologia**  $d_k$  opisana jest w postaci grafu  $H_k = \{w_k, x_k\}$ , gdzie  $w_k \in W$  - zbiór wierzchołków (pojęć) grafu  $H_k$ ,  $x_k \in X$  - zbiór krawędzi (relacji pomiędzy pojęciami) grafu  $H_k$ .

3.  $G_k^i = G_i \cap H_k - c_i^W$  - **podgraf technologii  $d_k$ , wykorzystanej w kompetencji  $c_i^W$** , określony dla każdej pary kompetencji i technologii.

W idealnej sytuacji  $\bigcup_{k=1}^{k^*} G_k^i = G_i$  - połączenie wszystkich grafów  $G_k^i$  - daje graf kompetencji  $G_i$ , przy tym przecięcie podgrafów  $G_{k1}^i \cap G_{k2}^i \neq \emptyset$  może być niepuste.

4.  $\mu_k^i = \frac{|G_k^i|}{|G_i|}$  - **wymiar charakteryzujący udział technologii  $d_k$  w kompetencji  $c_i^W$ .**

Zakres wartości  $\mu_k^i$  to  $0 \leq \mu_k^i \leq 1$ , z kolei  $|G_i|$  i  $|G_k^i|$  określają ilość wierzchołków w grafach  $G_i$  i  $G_k^i$ .

5.  $F(G_k^i, t)$  - **charakterystyka dynamiki grafu  $G_k^i$**

$F(G_k^i, t)$  jest funkcją, która charakteryzuje zmienność grafu  $G_k^i$  w czasie. Jeżeli intensywność i rozkład zmian w grafie  $G_k^i$  opiszemy odpowiednio przez  $\lambda_{ik}$  oraz  $R_{ik}$ , to zmienność grafu  $G_k^i$  można scharakteryzować następującym funkcjonalem:

$$F(G_k^i, t) = F(\lambda_{ik}, R_{ik}) \quad (4.1)$$

6.  $T_N = [t_0, T]$  - **cykl opanowania kompetencji**  $c_i^W$ , (tzw. **cykl nauczania**).

$T_N$  jest cyklem, w którym obserwujemy zmiany kompetencji wymaganych.

7.  $G_i(t_0)$  - **graf kompetencji wymaganej**  $c_i^W$  w czasie  $t_0$ .

Stan grafu  $G_i$  w czasie  $t_0$  można scharakteryzować wektorem  $\bar{M}_i^h(t_0)$ :

$$\bar{M}_i^h(t_0) = \{\mu_1^i(t_0), \mu_2^i(t_0), \dots, \mu_{k^*}^i(t_0)\} \quad (4.2)$$

8.  $G_i(T)$  - **graf kompetencji wymaganej**  $c_i^W$  w czasie  $T$ .

Stan grafu  $G_i$  w czasie  $T$  można scharakteryzować wektorem  $\bar{M}_i^l(T)$ :

$$\bar{M}_i^l(T) = \{\mu_1^i(T), \mu_2^i(T), \dots, \mu_{k^*}^i(T)\} \quad (4.3)$$

9.  $[P_{hl}]$  - **macierz przejścia pomiędzy stanami grafu**  $G_i$  w czasach  $t_0$  (stan  $h$ ) i  $T$  (stan  $l$ ).

Wektory  $\bar{M}_i^h(t_0)$  i  $\bar{M}_i^l(T)$  powiązane są przez macierz przejścia  $[P_{hl}]$  iloczynem:

$$\bar{M}_i^h(t_0) \times [P_{hl}] = \bar{M}_i^l(T) \quad (4.4)$$

10.  $\mu_i^k(T)$  - **udział  $k$ -ej technologii w kompetencji**  $c_i^W$  w czasie  $T$

Wartość  $\mu_i^k(T)$  można określić na podstawie:

$$\mu_i^k(T) = F(\mu_i^k(t_0), P_k) = \sum_{l=1}^{l^*} \mu_i^k(t_0) \cdot p_{hl}^k \quad (4.5)$$

gdzie  $p$  to prawdopodobieństwo przejścia  $\mu_i^k(T) \dots \mu_i^k(T)$

11.  $G_i^W(T)$  - **sumaryczny graf wymaganej kompetencji**  $c_i^W$  w czasie  $T$ .

$$G_i^W(T) = \bigcup_{k=1}^{k^*} G_k^i(T), \text{ gdzie} \quad (4.6)$$

$G_k^i(T)$  - podgraf technologii  $d_k$  w kompetencji  $c_i^W$  w czasie  $T$ .

12.  $S(c_i) = \{s_j\}$  - **zbiór ofert edukacyjnych** dotyczących kształcenia w zakresie wymaganej kompetencji  $c_i^W$ .

13.  $c_j^\Gamma \in C^\Gamma$  - **kompetencja gwarantowana przez ofertę**  $s_j$ .

Przy tym  $C^\Gamma = \{c_j^\Gamma\}$  - **pelen zbiór kompetencji gwarantowanych** przez każdą ofertę w zakresie wymaganej kompetencji  $c_i^W$ .

14.  $R_j^\Gamma = \{u_j, z_j\}$  - **graf gwarantowanej kompetencji**  $c_j^\Gamma \in C^\Gamma$ .

Przy tym  $u_j \in U$  - zbiór wierzchołków (pojęć) grafu  $R_j$ ,  $z_j \in Z$  - zbiór krawędzi (relacji pomiędzy pojęciami) grafu  $R_j$ .

15.  $Q(R_j^\Gamma, G_i^W)$  - **graf dopasowania gwarantowanej kompetencji**  $R_j^\Gamma(t_0)$  **oferty**  $s_i$  **do wymaganej kompetencji**  $G_i^W(T)$  **w czasie**  $T$ .

$$Q(R_j^\Gamma, G_i^W) = R_j^\Gamma(t_0) \cap G_i^W(T) \quad (4.7)$$

Graf ten jest przecięciem grafu wymaganej kompetencji  $G_i^W(T)$  w czasie  $T$  i gwarantowanej kompetencji  $R_j^\Gamma(t_0)$  w czasie  $t_0$ .

16.  $F(R_j^\Gamma) = |Q(R_j^\Gamma, G_i^W)|$  - **funkcja określenia stopniu dopasowania gwarantowanej kompetencji**  $R_j^\Gamma(t_0)$  **do kompetencji gwarantowanej**  $G_i^W(T)$ .

Funkcja  $F(R_j^\Gamma, G_i^W)$  może być wyrażona jako wymiarowość (liczba wierzchołków) grafu  $Q(R_j^\Gamma, G_i^W)$ :

$$F(R_j^\Gamma) = |Q(R_j^\Gamma, G_i^W)| \quad (4.8)$$

Dla tak przedstawionego modelu możliwe jest sformułowanie zadania:

**Dla każdej wymaganej na rynku pracy kompetencji ( $c_i^W$ ) trzeba określić ofertę edukacyjną (lub zestaw ofert)  $c_j^\Gamma \in C^\Gamma$ , spełniających kryterium - maksymalne pokrycie grafu wymaganej kompetencji  $G_i^W$  przez graf kompetencji gwarantowanej  $G_j^\Gamma$ , zawartej w ofercie edukacyjnej.**

Niżej podane matematyczne sformułowanie w/w zadania oceny ofert edukacyjnych.

#### **Dane wejściowe**

1.  $c_i^W \in C^W$  - wybrana kompetencja wymagana,
2.  $G_i = \{v_i, y_i\}$  - graf ontologiczny wybranej kompetencji  $c_i^W \in C^W$ ,
3.  $H_k = \{w_k, x_k\}$  - graf technologii, zawartej w kompetencji  $c_i^W$ ,
4.  $T_N = [t_0, T]$  - cykl opanowania kompetencji  $c_i^W$ ,

5.  $S(c_i^W) = \{s_j\}$  - zbiór ofert edukacyjnych proponujących kształcenie w zakresie wymaganej kompetencji  $c_i^W$ ,
6.  $R(c_j^\Gamma) = \{u_j, z_j\}$  - grafy kompetencji gwarantowanych w ramach każdej z ofert,  $c_j^\Gamma \in C^\Gamma$ ,
7.  $G_k^i = G_i \cap H_k$  - podgraf każdej technologii  $G_k^i$ , wykorzystanej w kompetencji  $c_i^W$ ,  
oraz  $\mu_k^i = \frac{|G_k^i|}{|G_i|}$  - udział tej technologii w kompetencji  $c_i^W$ ,  $0 \leq \mu_k^i \leq 1$
8.  $F(G_k^i, t) = F(\lambda_k^i, R_k^i)$  - charakterystyki dynamiki każdego podgrafu  $G_k^i$  (intensywność i rozkład zmian w grafie),
9.  $\bar{M}^i(t_0) = \{\mu_1^i(t_0), \mu_2^i(t_0), \dots, \mu_{k^*}^i(t_0)\}$ ,  $\bar{M}^i(T) = \{\mu_1^i(T), \mu_2^i(T), \dots, \mu_{k^*}^i(T)\}$  - stany podgrafów  $G_k^i, k = 1, \dots, k^*$  (udział każdej technologii w kompetencji  $c_i^W$ ) w czasach  $t_0$  (początek cyklu nauczania) i  $T$  (koniec cyklu nauczania).

**Parametr decyzyjny:**

$$c_j^\Gamma \in C_\Gamma - \text{kompetencja gwarantowana w ofercie edukacyjnej}$$

**Kryterium:**

$$|Q(c_j^\Gamma, c_i^W)| = \underset{s_j \in S}{Max} - \Delta \delta, \text{ gdzie} \quad (4.9)$$

$Q(c_j^\Gamma, c_i^W) = R(c_j^\Gamma, t_0) \cap G(c_i^W, T)$  - pokrycie wymaganej na rynku pracy kompetencji  $c_i^W$  przez kompetencję gwarantowaną  $c_j^\Gamma$

$|Q(c_j^\Gamma, c_i^W)|$  - wymiarowość (ilość wierzchołków) w grafie  $Q(c_j^\Gamma, c_i^W)$ ,

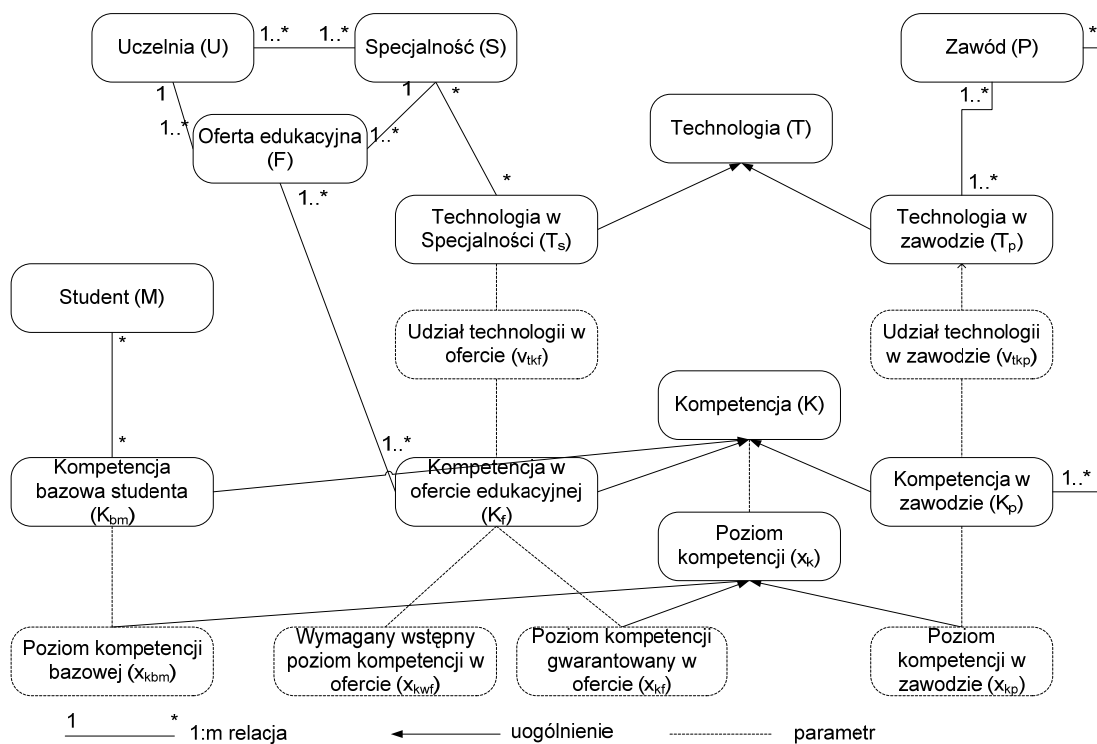
$\Delta \delta$  - przestrzeń możliwego odchylenia od maksimum dla wybranej oferty edukacyjnej.

Ze względu na złożony charakter każdego z rozpatrywanych elementów wpływających na decyzję użytkownika (kompetencja, technologia), postanowiono do reprezentacji fizycznej posłużyć się modelem obiektowym – obiektową bazą danych. Dzięki temu możliwe jest zapisanie nie tylko wszelkich interesujących nas danych związanych z rynkiem kompetencji, ale także opracowanie aplikacji służących ich analizie i przetwarzaniu.

## Charakterystyka modelu obiektowego

Analiza semantyki informacji wykorzystywanych przez system OUKZ do rozwiązania wyżej postawionego zadania wymagała opracowania sieci semantycznej obiektów zaangażowanych w proces decyzyjny. Obiekty te stanowią źródło informacji dla określenia struktury obiektowego modelu danych oraz metod/procedur ich obróbki.

Ogólna struktura sieci semantycznej zaprezentowana została na rysunku 4.4. Wstępna wersja tej reprezentacji umieszczona została w [110], wersja zamieszczona poniżej stanowi jej rozszerzenie i aktualizację.



Rys.4.4. Struktura sieci semantycznej obiektów uwzględnianych w procesie decyzyjnym

Źródło: opracowanie własne

Dla tak zilustrowanego modelu scharakteryzowano występujące obiekty i parametry, dzieląc je na cztery kategorie: ogólne, charakteryzujące rynek pracy, charakteryzujące rynek edukacyjny oraz charakteryzujące kandydata na studia.

### Założenia ogólne:

1.  $K = \{k\}$ ,  $k=1, \dots, k^*$  - zbiór kompetencji

Wszystkie kompetencje należą do jednego, wspólnego zbioru kompetencji. W zależności od tego czy rozpatrujemy je z punktu widzenia rynku pracy, czy rynku edukacyjnego, będziemy mówić odpowiednio o kompetencjach wymaganych oraz

gwarantowanych. Dana kompetencja może być rozpatrywana na poszczególnych rynkach w inny sposób (np. mniej lub inne powiązania technologiczne) lub pod różną nazwą, jednak znaczeniowo pozostawać tą samą kompetencją.

**Przykład:** znajomość języka angielskiego.

2.  $x_k$  – poziom kompetencji  $k$

Poziomem kompetencji nazywamy stopień opanowania danej kompetencji określany poprzez odpowiednie przełożenie słownie lub liczbowo wyrażonych ocen tego poziomu na ujednoliconą skalę liczbową. Dokładna metoda odwzorowywania określonego w innych skalach poziomu biegłości na postać ujednoliconego zakresu poziomu kompetencji powinna być opracowana z udziałem specjalistów z zakresu wiedzy dziedzinowej, kognitywistyki, semantyki itp.

**Zakres:**  $\langle 0..1 \rangle$ , gdzie 0 oznacza brak znajomości, zaś 1 oznacza posiadanie pełnego zasobu wiedzy i umiejętności ujętych w danej kompetencji (znajomość na poziomie eksperta) w konkretnym momencie czasu.

**Przykład:** określenie „biegła znajomość języka angielskiego” oznacza że  $k =$  „znajomość jęz. angielskiego”, a  $x_k = 0,9$  (opanowanie kompetencji na poziomie zbliżonym do znajomości języka ojczystego).

3.  $T = \{t\}$ ,  $t=1, \dots, t^*$  - zbiór technologii / metodologii / narzędzi powiązanych z kompetencjami

Wszystkie technologie / metodologie / narzędzia należą do jednego, wspólnego zbioru. Ich powiązanie z kompetencjami może się jednak różnić zależnie od miejsca wykorzystania.

Mówimy o technologiach, metodologiach i narzędziach ze względu na to, że wszystkie mogą podlegać dezaktualizacji, w związku z czym ich powiązanie z kompetencjami wymaganymi oraz gwarantowanymi jest istotne dla oceny użyteczności oferty edukacyjnej. Określenie „technologia” stosowane w pracy zawsze stanowi uproszczenie językowe i obejmuje również metodologie i narzędzia.

**Przykład:** zawód menadżera projektów wymaga znajomości metodologii projektowych, takich jak np. PMBOK, przy czym co kilka lat pojawić się może nowa wersja zawartych w niej treści. Mimo więc, że nie jest to technologia przemysłowa, a jedynie podstawa teoretyczna, jej aktualność ma znaczenie.

4.  $y_t$  – poziom „przyszłościowości” technologii  $t$

Parametr ten określa w jakim stopniu technologia, metoda czy też narzędzie jest nadal rozwijane na świecie. Wysokie zaangażowanie różnych środowisk w prace nad danym rozwiązaniem może być rozumiane jako wysoki poziom jego „przyszłościowości” i pozwala sądzić, że nie zniknie ono z rynku, a inwestycja w kształcenie z nim związane jest dobrym pomysłem.

Wykorzystanie tego parametru pozwala uwzględnić sytuację, gdy na pewne rozwiązanie wciąż istnieje zapotrzebowanie na rynku związane z opóźnieniem w przechodzeniu firm i organizacji na nowsze rozwiązania. Udział tej technologii w rynku nie jest więc zerowy, ale brak jest perspektyw rozwoju.

**Skala oceniania:**  $\{0, 0.5, 1, 1.5\}$ , gdzie 0 oznacza zaniechanie rozwoju danej technologii, 0.5 to niski stopień przewidywanego rozwoju, 1 to stopień średni, zaś 1.5 oznacza pełne zaangażowanie odpowiednich środowisk w prace nad danym rozwiązaniem.

**Rynek pracy:**

1.  $P=\{p\}$ ,  $p=1, \dots, p^*$  - zbiór profesji (zawodów)

Przez profesję rozumiemy zawód/stanowisko pracy poszukiwane na rynku.

2.  $K_p=\{k_p\}$ ,  $k_p=1, \dots, k_p^*$ ,  $K_p \subset K$  - zbiór kompetencji  $k$  wymaganych w profesji  $p$

Każda profesja wiąże się z posiadaniem zestawu odpowiednich kompetencji, co wyrażone jest zazwyczaj w postaci słownej, przykładowo „bardzo dobra znajomość języka angielskiego”.

3.  $x_{kp}$  – poziom kompetencji  $k$  wymagany w profesji  $p$

Dla każdej kompetencji wymaganej w danej profesji powinien być określony minimalny zadowalający poziom kompetencji.

**Zakres:**  $(0,1>$  - kompetencje o wartości poziomu równej 0 nie są uwzględniane.

4.  $T_p=\{t_p\}$ ,  $t_p=1, \dots, t_p^*$ ,  $T_p \subset T$  - zbiór technologii / metodologii / narzędzi związanych z profesją  $p$ .

Każda profesja wiąże się z umiejętnością wykorzystania i wiedzą na temat pewnego zbioru technologii, metodologii czy narzędzi pracy. Dla grafika



komputerowego może to być Photoshop, Corel, dla menadżera projektów PMBOK czy PRINCE2.

5.  $v_{tkp}$ ,  $t_k=1, \dots, t_k^*$ ;  $k_p=1, \dots, k_p^*$ ; - udział technologii  $t$  w wymaganej kompetencji  $k_p$

**Zakres:**  $(0..1>$ , gdzie 0 oznacza brak obecności danej technologii, z racji tego, że rozpatrywane są tylko technologie obecne w danej profesji, wartość ta nie występuje; 1 oznacza zdominowanie profesji przez jedną technologię.

### Rynek edukacyjny

1.  $S=\{s\}$ ,  $s=1, \dots, s^*$  - zbiór specjalności.
2.  $U_s=\{u\}$  – zbiór uczelni  $u_s=1, \dots, u_s^*$  ze specjalnością  $s$  (prowadzących specjalność  $s$ ).
3.  $R=\{r\}$ ,  $r=1, \dots, r^*$  - zbiór rankingów zajmujących się określaniem pozycji uczelni na tle innych uczelni w kraju lub na świecie.
4.  $z_{ur}$  – pozycja uczelni  $u$  w rankingu  $r$ .
5.  $f_{us}$ ,  $u=1, \dots, u^*$ ,  $s=1, \dots, s^*$  – oferta uczelni  $u$  dotycząca specjalności  $s$
6.  $K_f=\{k_f\}$ ,  $k_f=1, \dots, k_f^*$ ,  $K_f \subset K$  - zbiór kompetencji gwarantowanych w ramach oferty  $f_{us}$  przy nauczaniu specjalności  $s$  na uczelni  $u$ .
7.  $x_{kf}$  – poziom kompetencji  $k$  gwarantowanej w ramach oferty  $f_{us}$  po zakończeniu studiów.

Każda oferta powinna określać poziom opanowania danej kompetencji w momencie zakończenia studiów. Można przyjąć, że sam fakt nauczania danego zakresu wiedzy gwarantuje jej znajomość na poziomie podstawowym. Poziom kompetencji może być określany na podstawie wymiaru godzin prowadzenia danego przedmiotu.

**Zakres:**  $(0,1>$  - zakładamy, że oferta nie może być powiązana z kompetencjami o wartości poziomu równej 0, byłoby to nielogiczne.

8.  $x_w$  – poziom kompetencji  $k$  wymagany w celu przyjęcia na specjalność  $s$  w ramach oferty  $f_{us}$ .

Każda oferta edukacyjna charakteryzuje się zbiorem wymagań, bez których spełnienia niemożliwe jest przyjęcie na studia w ramach tej oferty. Wymagania te

dotyczą zakresu oraz poziomu wiedzy (kompetencji), jakie należy posiadać przed rozpoczęciem studiów.

**Zakres:**  $\langle 0,1 \rangle$  - kompetencje, które nie są istotne w procesie rekrutacji mają wymaganą wartość poziomu równą 0.

9.  $T_s = \{t_s\}$ ,  $t_s = 1, \dots, t_s^*$ ,  $T_s \subset T$  – zbiór technologii / metodologii / narzędzi związanych ze specjalnością  $s$ .

Dana specjalność może być związana z różnymi technologiami, ale ich udział w tej specjalności uzależniony jest od konkretnej oferty edukacyjnej

10.  $v_{tkf}$ ,  $t=1, \dots, t_s^*$ ;  $k=1, \dots, k_f^*$ ;  $f=1, \dots, f_{us}^*$  – udział technologii  $t_s$  w kompetencji  $k_f$  gwarantowanej przez ofertę  $f_{us}$  przy nauczaniu specjalności  $s$  na uczelni  $u$ .

**Zakres:**  $\langle 0..1 \rangle$ , gdzie 0 oznacza brak obecności danej technologii  $t_s$  w ofercie  $f_{us}$ , zaś 1 oznacza zdominowanie oferty przez jedną technologię.

### Charakterystyki kandydata

1.  $M = \{m\}$  – zbiór kandydatów na studia

Jakkolwiek w otwartym nauczaniu zdalnym (ODL [66]) mowa jest raczej o przepływie studentów niż ich zbiorze, w sytuacji dla której przeznaczony jest przedstawiany model jednorazowo mamy do czynienia tylko z jednym kandydatem na studia. Wykorzystanie pojęcia zbioru ma znaczenie głównie dla tworzenia statystyk na podstawie danych zgromadzonych w bazie, sam przepływ studentów nie jest zaś rozpatrywany.

Każdy student charakteryzowany jest przez:

2.  $K_m = \{k_m\}$ ,  $k_m = 1, \dots, k_m^*$  – zbiór kompetencji bazowych kandydata  $m$

W dowolnym czasie każdy posiada pewien określony zbiór kompetencji, w oparciu o które może dalej rozwijać swoją wiedzę. Określamy je mianem kompetencji bazowych.

3.  $x_{km}$  - poziom kompetencji bazowej  $k_b$  u studenta  $m$

Każda z posiadanych kompetencji została opanowana w jakimś stopniu. Poziom tego opanowania odzwierciedlany jest przez poziom kompetencji bazowej.

**Zakres:**  $(0,1)$  - kompetencje o wartości poziomu równej 0 nie są uwzględniane.

Przy tak określonej strukturze obiektów możliwe jest określenie działających na nich aplikacji potrzebnych do realizacji założonych celów systemu. Poniżej przedstawiono opis najważniejszych z nich.

### **Aplikacje służące realizacji zadań systemu OUKZ**

Aplikacja 1: ***Pokrycie minimum wymaganego do przyjęcia na studia przez kompetencje bazowe kandydata.***

**Zastosowanie:** dokonanie oceny możliwości rozpoczęcia przez kandydata studiów proponowanych w ramach danej oferty edukacyjnej.

#### **Dane wejściowe:**

$m$  – kandydat na studia,

$u$  – rozpatrywana uczelnia,

$s$  – rozpatrywana specjalność,

$f_{us}$  – wybrana oferta edukacyjna dotycząca specjalności  $s$  na uczelni  $u$ ,

$K_f$  – zbiór kompetencji gwarantowanych w ramach oferty  $f_{us}$ ,

$x_w$  – poziom kompetencji  $k_f$  wymagany w celu przyjęcia na studia,

$K_m$  – kompetencje bazowe kandydata na studia,

$x_{km}$  – poziom kompetencji  $k$  należącej do zbioru  $K_m$

**Algorytm aplikacji:** może być przedstawiony w postaci następującej formuły logicznej (możliwej do zrealizowania np. w języku PROLOG):

$$\forall k_f \in K_f \exists k_m \in K_m, \text{ takie, że } k_f = k_m \text{ oraz } x_{km} \geq x_w \quad (4.10)$$

**Wynik:** określany jest w postaci **prawda / fałsz**, pozwalając na stwierdzenie czy kandydat posiada wymagany zbiór kompetencji na zadanym poziomie, czy też nie.

Aplikacja 2: ***Określenie znormalizowanego udziału technologii w kompetencji.***

**Zastosowanie:** określenie rzeczywistego udziału wybranej technologii w danej kompetencji ze względu na poziom biegłości określony dla tej kompetencji. Potrzeba przeprowadzenia takiego działania wynika z różnicy znaczenia udziału technologii w danej kompetencji zależnie od poziomu na jakim ta kompetencja jest rozpatrywana: nie jest tym samym udział technologii na poziomie 0.4 w kompetencji na poziomie podstawowym co na poziomie zaawansowanym,

choćby z punktu widzenia edukacji, gdzie na pracę z technologią poświęca się różną ilość czasu w zależności od poziomu kompetencji.

**Dane wejściowe:**

$k$  – kompetencja należąca do zbioru kompetencji gwarantowanych lub oferowanych,

$t$  – technologia związana z kompetencją  $k$ ,

$x_k$  – poziom kompetencji  $k$ ,

$v_{tk}$  – udział technologii  $t$  w kompetencji  $k$ .

**Algorytm aplikacji:** polega na znormalizowanym wyrażeniu:

$$\bar{v}_{tk} = v_{tk} \cdot x_k \quad (4.11)$$

**Wynik:** przedstawia wartość udziału technologii w kompetencji po uwzględnieniu poziomu tej kompetencji.

**Aplikacja 3: Ocena zgodności oferty edukacyjnej z wymaganiami profesji.**

**Zastosowanie:** określenie stopnia zgodności kompetencji oferowanych w ramach danej oferty edukacyjnej z kompetencjami, których posiadanie jest wymagane w ramach wybranej profesji. Dotyczy to kompetencji jako takich, ich poziomu, oraz udziału technologii.

**Dane wejściowe:**

$p$  – rozpatrywana profesja,

$u$  – rozpatrywana uczelnia,

$s$  – rozpatrywana specjalność,

$f_{us}$  – wybrana oferta edukacyjna dotycząca specjalności  $s$  na uczelni  $u$ ,

$K_f$  – zbiór kompetencji gwarantowanych po realizacji studiów w ramach oferty  $f_{us}$ ,

$x_{kf}$  – poziom kompetencji  $k$  należącej do zbioru  $K_f$ ,

$K_p$  – kompetencje wymagane w ramach profesji  $p$ ,

$x_{kp}$  – poziom kompetencji  $k$  należącej do zbioru  $K_p$ ,

$T_p$  – zbiór technologii obecnych w profesji  $p$ ,

$\bar{v}_{tkp}$  – znormalizowany udział technologii  $t$  w kompetencji  $k$  dotyczącej profesji  $p$ ,

$T_s$  – zbiór technologii związanych ze specjalnością  $s$ ,

$\bar{v}_{tkf}$  – znormalizowany udział technologii  $t$  w kompetencji  $k$  dotyczącej oferty  $f_{us}$ ,

$z_t$  – poziom „przyszłościowości” technologii  $t$ .

**Algorytm aplikacji:** może być przedstawiony za pomocą następującego pseudokodu:

```

obecne_kompetencje = 0;
nieobecne_kompetencje = 0;
liczba_kompetencji_o_mniejszej_sile=0;
FOR (i=1..kp*)
  FOR (j=1..kf*)
    IF (kj == ki)
      odchylenie_od_zawodu = xkj - xki;
      obecne_kompetencje ++;
      IF (xkj - xki < 0)
        liczba_kompetencji_o_mniejszej_sile++;
      END IF
      FOR (m=1..tp*)
        FOR (n=1..ts*)
          IF (tn == tm)
            odchylenie_od_zawodu = odchylenie_od_zawodu + zt *
              ( $\bar{v}_{ijn} - \bar{v}_{im}$ );
            BREAK FOR
          ELSE
            n++;
          END IF
        END FOR
        m++
      END FOR
      Usuń kompetencję z listy do dalszej analizy;
      BREAK FOR
    ELSE
      j++;
    END IF
  END FOR
  IF ( (obecne_kompetencje + nieobecne_kompetencje) < i)
    nieobecne_kompetencje++;
    FOR (m=1..tp*)
      odchylenie_od_zawodu = odchylenie_od_zawodu - zt *  $\bar{v}_{im}$ ;
      m++;
    END FOR
  END IF
  i++;
END FOR

```

**Wynik:** przedstawia w skali od -2 do +2 wartość odchylenia oferty edukacyjnej od wymagań związanych z zawodem. Wartość 0 oznacza pełną zgodność oferty z wymaganiami, odchylenie na + oznacza poziom wyższy niż wymagany, z kolei odchylenie na – oznacza niepełne spełnienie wymagań.

Ze względu na wykorzystane działanie, otrzymywany wynik jest wartością uśrednioną, bowiem poszczególne wartości składowe mogą się nawzajem równoważyć: niespełnione wymagania odnośnie jednej kompetencji zostają wyrównane przez przewyższenie wymagań odnośnie innej kompetencji. W związku z czym określa się również liczbę kompetencji o poziomie biegłości niższym od wymaganego.

Można dodatkowo określić liczbę kompetencji oferowanych wykraczających poza wymagania zawodu poprzez zastosowanie prostego działania: liczba kompetencji w ofercie – obecne\_kompetencje. Ma to znaczenie przy porównywaniu ze sobą dwóch ofert, które pokrywają zawód w takim samym stopniu.

Zaproponowana struktura obiektów i ich parametrów pozwala rozszerzać zestaw aplikacji niezbędnych do obliczania różnych innych aspektów użyteczności analizowanych kompetencji. Przykładowo:

Aplikacja 4: ***Określenie różnicy między zbiorem kompetencji bazowych kandydata a zbiorem kompetencji gwarantowanych przez ofertę edukacyjną.***

**Zastosowanie:** ocena zakresu przyrostu kompetencji w wyniku ukończenia nauki w ramach wybranej oferty edukacyjnej poprzez obliczenie liczby kompetencji, których kandydat nie posiada, lub ich poziom jest poniżej gwarantowanego.

Aplikacja 5: ***Pokrycie kompetencji wymaganych w zawodzie przez daną ofertę edukacyjną (lub, po wprowadzeniu pewnych modyfikacji, także specjalność).***

**Zastosowanie:** odnalezienie ofert edukacyjnych (lub specjalności) odpowiadających danej profesji (zawodowi) pod względem obecności wybranych kompetencji.

Aplikacja 6: ***Określenie różnicy między kompetencjami oferowanymi w ramach różnych ofert edukacyjnych.***

**Zastosowanie:** wykorzystanie przez uczelnie do oceny różnicy między własną a cudzą ofertą (ofertami), lub też do porównania cudzych ofert w celu odnalezienia braków i stworzenia własnej oferty je wypełniającej.

Aplikacja 7: *Określenie uśrednionej pozycji uczelni w wybranych rankingach.*

**Zastosowanie:** wyliczenie średniej pozycji uczelni w interesujących użytkownika rankingach, bądź to wybieranych pojedynczo, bądź z punktu widzenia kryteriów oceniania: akademickie, profesjonalne, ogólne, inne.

## Struktura bazy obiektowej

Z punktu widzenia bardziej zbliżonego do implementacji, model obiektowy może być zaprezentowany w postaci obiektowej bazy danych. Przy opracowywaniu struktury tej bazy rozpatrywano różne możliwości reprezentacji niezbędnych klas obiektów, a ostateczna reprezentacja nieco odbiega od interpretacji najbliższej założeniom teoretycznym, jest jednak bardziej odpowiednia. Kwestia ta dotyczy przede wszystkim wykorzystania klas asocjacyjnych. Przykładowo, z modelu obiektowego wynika zależność między kompetencją w sensie ogólnym (K), a kompetencjami w ofercie edukacyjnej ( $K_f$ ) oraz kompetencjami w zawodzie ( $K_p$ ) określana jako generalizacja / uszczegółowienie, jednakże przy opracowywaniu struktury bazy obiektowej stwierdzono, że wprowadzenie klas asocjacyjnych stanowi dużo lepsze odzwierciedlenie potrzeb i rzeczywistego znaczenia powiązań między kompetencjami a pozostałymi obiektami. Wynika to między innymi z faktu, że np kompetencja w zawodzie nie może istnieć bez powiązania z konkretnym zawodem, podobnie kompetencja w edukacji bez powiązania z ofertą edukacyjną, gdyż to powiązanie stanowi jej istotę, definiuje ją.

Na rysunku 4.5 przedstawiono diagram klas w UML reprezentujący proponowaną strukturę bazy obiektowej odpowiadającą opisanemu wcześniej modelowi obiektowemu. Diagram ten obejmuje osiem najważniejszych klas podstawowych i ich najważniejsze atrybuty oraz metody (dla przejrzystości schematu pominięto elementy mniej istotne dla zrozumienia całości): kompetencja, technologia, zawód, organizacja\_educacyjna, ranking, specjalność, przyszły\_student, preferencja. Zostały one dokładniej opisane w tabeli 4.1.





**Tabela 4.1.** Klasy podstawowe występujące w bazie obiektowej

Klasa	Parametry	Metody
<b>Kompetencja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nazwa</b> (w ostatecznej reprezentacji konieczne jest wprowadzenie klasy pozwalającej na powiązanie kompetencji ze wszystkimi znanymi jej nazwami, wraz z informacją o języku, w jakim je określono),</li> <li>• <b>opis</b>,</li> <li>• możliwe jest także wprowadzenie powiązania z obiektami dodatkowej klasy reprezentującej różne pojęcia, z jakimi mogą być związane kompetencje oraz technologie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>wprowadzanie, usuwanie i modyfikowanie kompetencji</b> w bazie,</li> <li>• tworzenie, modyfikowanie i usuwanie powiązań między kompetencjami.</li> </ul>
<b>Technologia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nazwa</b> (w ostatecznej reprezentacji należy rozpatrzyć wprowadzenie klasy pozwalającej na powiązanie technologii ze wszystkimi znanymi jej nazwami, wraz z informacją o języku, w jakim je określono – w niektórych przypadkach może to mieć znaczenie)</li> <li>• <b>opis</b>,</li> <li>• <b>poziom „przyszłościowości”</b>,</li> <li>• możliwe jest również wprowadzenie powiązania z obiektami dodatkowej klasy reprezentującej różne pojęcia, z jakimi mogą być związane kompetencje oraz technologie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>wprowadzanie, usuwanie i modyfikowanie technologii</b> w bazie,</li> <li>• <b>tworzenie, modyfikowanie i usuwanie powiązań między technologiami.</b></li> </ul>
<b>Zawód</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nazwa</b> (w ostatecznej reprezentacji konieczne jest wprowadzenie klasy pozwalającej na powiązanie zawodu ze wszystkimi znanymi jego nazwami, wraz z informacją o języku, w jakim je określono).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>wprowadzanie, usuwanie i modyfikowanie zawodu</b> w bazie,</li> <li>• <b>tworzenie, usuwanie i modyfikowanie powiązania zawodu z kompetencjami oraz powiązania kompetencji w zawodzie z technologiami.</b></li> </ul>

<b>Organizacja_educacyjna</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nazwa</b>,</li> <li>• <b>lokalizacja</b> (docelowo rozbita na szczegółowy adres wraz z danymi na temat miasta, jak liczba ludności itp.),</li> <li>• <b>inne informacje</b> interesujące dla studenta (np. koszt studiów, możliwości stypendialne itp.), zgodnie ze standardem CDM opisanym w 3.3 (lub innym, obowiązującym w momencie implementacji)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>wprowadzanie, usuwanie i modyfikowanie danych o organizacji</b> w bazie</li> <li>• <b>tworzenie, usuwanie i modyfikowanie powiązania organizacji edukacyjnej ze specjalnościami.</b></li> </ul>
<b>Ranking</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nazwa</b>,</li> <li>• <b>organizacja tworząca</b></li> <li>• <b>kategoria</b> (profesjonalny, akademicki, ogólny, inny – docelowo, po normalizacji, opisane w dodatkowej klasie słownikowej).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>wprowadzanie, usuwanie i modyfikowanie danych o rankingu</b> w bazie</li> <li>• <b>tworzenie, usuwanie i modyfikowanie pozycji danej organizacji edukacyjnej</b> w rankingu (stanowiące o powiązaniu rankingu z organizacją edukacyjną).</li> </ul>
<b>Specjalność</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nazwa</b> (w ostatecznej reprezentacji konieczne jest wprowadzenie klasy pozwalającej na powiązanie specjalności ze wszystkimi znanymi jej nazwami, wraz z informacją o języku, w jakim je określono).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>wprowadzanie, usuwanie i modyfikowanie danych o specjalności</b> w bazie,</li> <li>• <b>tworzenie, usuwanie i modyfikowanie powiązania specjalności z zawodem</b> do którego specjalność ta może prowadzić.</li> </ul>
<b>Przyszły_student</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>login</b>,</li> <li>• <b>hasło</b>,</li> <li>• <b>dane osobowe</b> (imię i nazwisko, miejsce zamieszkania, przychody miesięczne – opcjonalne, użytkownik nie musi ich podawać),</li> <li>• <b>poszukiwany zawód</b> (powiązanie z obiektem klasy Zawod),</li> <li>• <b>pożądany tryb nauki</b>,</li> <li>• <b>pożądany język wykładowy</b> (powiązanie z dodatkową klasą określającą języki pozwoli na wybór kilku poszukiwanych).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>wprowadzanie, usuwanie i modyfikowanie wartości atrybutów</b>,</li> <li>• <b>tworzenie, usuwanie i modyfikowanie powiązania przyszłego studenta z preferencjami</b> odnośnie oferty edukacyjnej, które może on określić,</li> <li>• <b>tworzenie oceny ofert edukacyjnych.</b></li> </ul>

<b>Preferencja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>nazwa</b> (w różnych językach),</li> <li>• nazwa <b>jednostki</b> opisu (np. „km” lub „mi” dla odległości, „PLN” lub „EUR” dla kosztu opłaty semestralnej, itp.),</li> <li>• <b>pożądana wartość</b> (domyślnie wypełniona przez system, np. „0” dla opłaty semestralnej),</li> <li>• <b>wartość progowa</b>, powyżej której oferty są odrzucane z analizy.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>wprowadzanie, usuwanie i modyfikowanie danych o preferencji</b> w bazie,</li> <li>• <b>tworzenie, usuwanie i modyfikowanie zależności między preferencjami</b> (jedna preferencja może być agregacją kilku innych).</li> </ul>
--------------------	--	--

Źródło: opracowanie własne

Dla powyższych klas określono relacje jakie między nimi zachodzą, niektóre w postaci klas asocjacyjnych, z których dla niektórych również określono powiązania z innymi klasami. Wyniki przedstawiono w tabeli 4.2.

**Tabela 4.2.** Klasy asocjacyjne i relacje między klasami podstawowymi występujące w bazie obiektowej (opracowanie własne)

<b>Klasa asocjacyjna lub rodzaj relacji</b>	<b>Powiązane klasy</b>	<b>Parametry</b>	<b>Metody</b>	<b>Krotność relacji</b>
<b>Pozycja_w_Rankingu</b>	<b>Ranking + Organizacja_Edukacyjna</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>pozycja</b> w rankingu,</li> <li>• <b>rok</b> przeprowadzonej oceny.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>modyfikowanie</b> atrybutów,</li> <li>• dodawanie lub usuwanie obiektów tej klasy możliwe tylko z klasy Ranking.</li> </ul>	<p><b>* do 2..*</b></p> <p>Jeden ranking obejmuje minimum dwie uczelnie, jedna uczelnia może występować w wielu rankingach.</p>
<b>Oferta_Edukacyjna</b>	<b>Organizacja_Edukacyjna + Specjalność</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>cykl nauczania</b>,</li> <li>• <b>poziom w akredytacji</b>,</li> <li>• <b>tryb nauki</b>,</li> <li>• <b>czas trwania studiów</b>,</li> <li>• <b>koszt semestru</b>,</li> <li>• <b>koszty wstępne</b>,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>modyfikowanie</b> atrybutów,</li> <li>• tworzenie lub usuwanie obiektów tej klasy możliwe tylko z klasy Organizacja_Edukacyjna,</li> <li>• <b>dodawanie, usuwanie i modyfikowanie powiązań z kompetencjami</b>.</li> </ul>	<p><b>1..* do 1..*</b></p> <p>Jedna uczelnia może prowadzić wiele specjalności, jedna specjalność może występować na wielu uczelniach, ale nie może istnieć uczelnia nie oferująca żadnej specjalności, ani specjalność nie występująca na żadnej uczelni.</p>

<p><i>Asocjacja</i> pozwalająca na określenie jaki zawód można osiągnąć po zakończeniu nauki związanej z daną specjalnością.</p>	<p><b>Specjalność + Zawód</b></p>			<p><b>* do 1..*</b>          Jedna specjalność może prowadzić do kilku zawodów, ale przynajmniej do jednego, z kolei jeden zawód może być osiągany za pośrednictwem różnych specjalności, możliwe jednak, że specjalność do niego prowadząca jeszcze nie istnieje.</p>
<p><b>Kompetencja_w_Zawodzie</b></p>	<p><b>Zawód + Kompetencja</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• poziom biegłości.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modyfikacja poziomu biegłości</li> <li>• tworzenie lub usuwanie obiektów tej klasy możliwe tylko z klasy Zawód,</li> <li>• dodawanie, usuwanie i modyfikowanie powiązań z technologiami.</li> </ul>	<p><b>* do 1..*</b>          Jeden zawód musi być związany z co najmniej jedną kompetencją, z kolei kompetencja może być powiązana z wieloma zawodami lub z żadnym.</p>
<p><b>Techn_w_Komp_w_Zawodzie,</b></p>	<p><b>Kompetencja_w_Zawodzie + Technologia</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• udział technologii,</li> <li>• znormalizowany udział technologii,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modyfikacja parametrów – w razie zmiany udziału technologii lub poziomu biegłości kompetencji służy obliczeniu nowego udziału znormalizowanego,</li> <li>• tworzenie i usuwanie obiektów tej klasy możliwe tylko z klasy Kompetencja_w_Zawodzie.</li> </ul>	<p><b>* do *</b>          Jedna kompetencja w zawodzie może być związana z wieloma technologiami, jedna technologia może dotyczyć wielu kompetencji w zawodzie.</p>

<b>Kompetencja_w_ Ofercie</b>	<b>Oferta_ _Edukacyjna + Kompetencja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>zapewniany poziom</b> biegłości</li> <li>• <b>wstępny poziom</b> biegłości, wymagany do przyjęcia na studia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>modyfikacja parametrów</b></li> <li>• tworzenie lub usuwanie obiektów tej klasy możliwe tylko z klasy Oferta_Edukacyjna,</li> <li>• <b> dodawanie, usuwanie i modyfikowanie powiązań z technologiami.</b></li> </ul>	<p><b>* do 1..*</b></p> <p>Jedna oferta musi być związana z co najmniej jedną kompetencją, z kolei kompetencja może być powiązana z wieloma ofertami edukacyjnymi lub z żadną.</p>
<b>Techn_w_Komp_w_ Ofercie</b>	<b>Kompetencja_ _w_Ofercie + Technologia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>udział technologii,</b></li> <li>• <b>znormalizowany udział technologii.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>modyfikacja parametrów</b> – w razie zmiany udziału technologii lub poziomu biegłości kompetencji służy obliczeniu nowego udziału znormalizowanego (dotyczy tylko oferowanego poziomu kompetencji),</li> <li>• tworzenie lub usuwanie obiektów tej klasy możliwe tylko z klasy Kompetencja_w_Ofercie.</li> </ul>	<p><b>* do *</b></p> <p>Jedna kompetencja w ofercie może być związana z wieloma technologiami, jedna technologia może dotyczyć wielu kompetencji w ofercie.</p>
<b>Kompetencja_ Bazowa_Kandydata</b>	<b>Przyszły_ _student + Kompetencja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>poziom biegłości</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>modyfikacja poziomu biegłości,</b></li> <li>• tworzenie lub usuwanie obiektów tej klasy możliwe tylko z klasy Oferta_Edukacyjna.</li> </ul> <p>W przyszłości możliwe rozszerzenie o metody dodawania, usuwania i modyfikowania powiązań z technologiami.</p>	<p><b>* do 1..*</b></p> <p>Każdy przyszły student musi posiadać co najmniej jedną kompetencję, z kolei kompetencja może być powiązana z wieloma kandydatami lub z żadnym.</p>

<i>Asocjacja</i>	<b>Przyszły_ _student + Preferencja</b>			<b>* do *</b> Jeden student może posiadać wiele preferencji lub żadnej (wtedy można przyjąć wartości domyślne określone w systemie), jedna preferencja może dotyczyć wielu studentów lub nie być powiązana z żadnym.
<b>Ocena_Oferty</b>	<b>Przyszły_ _student + Oferta_ _Edukacyjna</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• odchylenie od zawodu,</li> <li>• liczba kompetencji ponad wymagane w zawodzie,</li> <li>• średnia pozycja uczelni w rankingach,</li> <li>• wartości związane z wybranymi preferencjami użytkownika.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• określanie wartości,</li> <li>• modyfikowanie atrybutów,</li> <li>• tworzenie i usuwanie obiektów tej klasy możliwe jedynie z poziomu klasy Przyszły_student.</li> </ul>	<b>* do 1..*</b> Jeden student wymaga oceny co najmniej jednej oferty edukacyjnej, podczas gdy oferta edukacyjna może być oceniana przez wielu studentów lub żadnego.
<i>Uogólnienie, agregacja</i> bądź <i>asocjacja</i> , określone przez dodatkową klasę asocjacyjną, dla przejrzystości nie ujętą na schemacie.	<b>Kompetencja + Kompetencja</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• modyfikacja uwzględnionych parametrów,</li> <li>• dodawanie lub usuwanie obiektów tej klasy jest możliwe tylko z poziomu klasy Kompetencja.</li> </ul>	<b>* do *</b> Kompetencje mogą być ze sobą powiązane w dowolny sposób i w dowolnej liczbie.

<p><i>Asocjacja</i> określona za pomocą dodatkowej klasy asocjacyjnej, dla przejrzystości nie ujętej na schemacie.</p>	<p><b>Technologia + Technologia</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• poziom podobieństwa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modyfikacja poziomu podobieństwa</li> <li>• dodawanie lub usuwanie obiektów tej klasy możliwe tylko z poziomu klasy Technologia.</li> </ul>	<p>* do *</p> <p>Jedna kompetencja może być powiązana z wieloma innymi kompetencjami lub z żadną.</p>
<p><i>Agregacja pełna:</i> jedna preferencja może być częścią innej, preferencja podrzędna przestaje istnieć wraz z preferencją nadrzędną.</p>	<p><b>Preferencja + Preferencja</b></p>			<p>* do 0..1</p> <p>Jedna preferencja może być częścią co najwyżej jednej innej preferencji i może się składać z dowolnej liczby innych preferencji.</p>

Źródło: opracowanie własne

Przy tak określonej strukturze bazy obiektowej możliwe jest wykorzystanie występujących w niej obiektów i ich metod do realizacji aplikacji opisanych powyżej, a więc do realizacji założonych celów systemu.

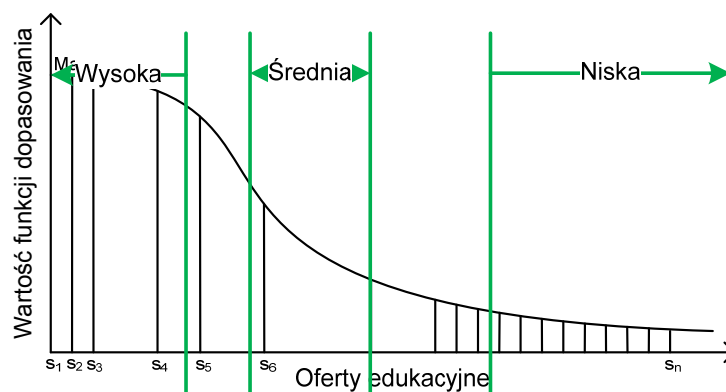
## **Ocena zgodności ofert edukacyjnych z wymaganiami rynku pracy**

W wyniku zastosowania aplikacji dostępnych w bazie otrzymujemy wstępny ranking ofert edukacyjnych odpowiadających pożądanemu profilowi kształcenia, uwzględniający możliwości rozpoczęcia przez kandydata studiów w ramach danej oferty (kandydat spełnia wymagania wstępne), zawierający informacje o stopniu zgodności kompetencji gwarantowanych z wymaganymi pod kątem poziomu biegłości oraz udziału technologii. Zgodnie z przyjętymi założeniami, ocena ta pozwala na określenie aktualności oferowanych kompetencji pod względem wymagań rynku pracy.

Jednakże, dla każdego sformułowanie „aktualne” może oznaczać co innego. Z tego względu, należy pozwolić użytkownikowi na wyznaczenie przestrzeni możliwego odchylenia od maksymalnej oceny zgodności. Część użytkowników może uznać, że wysoki poziom zgodności odnosi się tylko do ofert o ocenie bardzo zbliżonej do maksymalnej, nawet jeżeli ofert takich jest tylko kilka, inni użytkownicy mogą uznać, że zbiór ten powinien zawierać przynajmniej wybraną przez nich liczbę ofert, które mogą już charakteryzować się oceną znacznie odbiegającą od maksymalnej. Istotne przy tym jest to, że użytkownik może w ogóle nie życzyć sobie brania pod uwagę ofert, których ocena nie przekracza minimalnego dla niego progu, a ograniczenie analizowanego zbioru pozwala na przyspieszenie procesu analizy. Te właśnie powody stanowią uzasadnienie dla zastosowania personalizacji dla wyniku oceny zgodności kompetencji.

Personalizacja wyniku oceny stopnia zgodności kompetencji może następować na podstawie graficznej prezentacji wyników wstępnej analizy ofert, lub też na początku, przed rozpoczęciem analizy. Korzystając z wykresu użytkownik może określić, które oceny mieszczą się dla niego w wartości wysokiej, które w średniej, a w którym miejscu wyniki powinny już być kwalifikowane jako niskie (patrz rys. 4.6). Możliwe jest określenie skali bardziej lub mniej dokładnej, przy czym szczegółowość skali może mieć wpływ na dalszą pracę z systemem.





**Rys.4.6.** Graficzne przedstawienie wyniku analizy zgodności kompetencji z zaznaczeniem przedziałów ocen wg użytkownika

Źródło: opracowanie własne

#### **4.4. Prezentacja wyników z uwzględnieniem rankingów uczelni i personalizacji ofert edukacyjnych**

Ranking stanowi uwzględnienie eksperckiej wiedzy na temat poszczególnych uczelni oferujących kształcenie, zapewnia zatem dodatkowe źródło zewnętrznej oceny, przeprowadzanej z różnych punktów widzenia. Wysoka ocena zgodności oferowanych kompetencji w ramach wybranej oferty w zestawieniu z wysoką pozycją uczelni w rankingach światowych pozwala z dużą pewnością stwierdzić, że warto jest podjąć się proponowanego kształcenia. Z kolei wysoka ocena zgodności kompetencji w zestawieniu z bardzo niską pozycją w rankingach pozwala przypuszczać, że jakość kształcenia w ramach wybranej oferty może nie spełnić oczekiwań.

Choć indywidualne oceny w różnych rankingach mogą wywoływać dyskusje, analiza różnych rankingów o zasięgu światowym pokazuje, że nie ma zasadniczej różnicy w pozycjach uczelni, mimo zastosowania różnych kryteriów oceny. Uczelnie plasujące się w jednym rankingu w pierwszej dziesiątce, w innym znajdują się przynajmniej w pierwszej dwudziestce. Można pokusić się o stwierdzenie, że uwzględnienie kilku ocen na raz daje dość dobry obraz poziomu kształcenia w danej instytucji. Z kolei skupienie się na sposobie budowania poszczególnych rankingów i wykorzystywanych wskaźnikach pozwala odkryć mocne i słabe strony ocenianych instytucji.

Każdy z rankingów wykorzystuje swoje własne wskaźniki do oceny poszczególnych uczelni, nadając każdemu z nich odpowiednią wartość znaczeniową. W tabeli 4.3. przedstawiono strukturę wspomnianych wcześniej popularnych rankingów światowych.

**Tabela 4.3.** Struktura popularnych światowych rankingów uczelni

<b>Nazwa rankingu</b>	<b>Kryteria</b>	<b>Udział w ocenie</b>
THES/QS	Ocena zewnętrzna	40%
	Ocena rekruta	10%
	Międzynarodowa kadra	5%
	Międzynarodowi studenci	5%
	Kadra/studenta	20%
	Cytowania/wydział	20%
ARWU	Alumni Nobel/Medale	10%
	Kadra Nobel/Medale	20%
	Szeroko cytowani naukowcy	20%
	Artykuły w Nature&Science	20%
	Cytowania SCI&SSCI	20%
	Rozmiar instytucji	10%
Newsweek	ARWU cytowani naukowcy	50%
	ARWU artykuły w N&S	
	ARWU liczba artykułów w ISI	
	THES międzynarodowa kadra	40%
	THES międzynarodowi studenci	
	THES cytowania/wydział	
	THES kadra/studenta	
	Zasoby biblioteczne	10%
Webometrics	Wielkość strony	20%
	Rich files	15%
	(Google) Scholar	15%
	(odnośnik) Widoczność	50%
G-Factor	Odnośniki z innych uczelni	100%
PRWU	Alumni jako dyrektorzy	100%
RRSPWU/HEEACT (Tajwan)	Wydajność badawcza	20%
	Znaczenie badań	30%
	Jakość badań	50%
Wuhan	Cytowania ESI	100%

Źródło: opracowanie własne

Rozpowszechnienie odnośników do scharakteryzowanych rankingów w literaturze światowej pozwala uznać, że można obdarzyć je swoistym zaufaniem i uwzględnienie ich w ocenie ofert edukacyjnych nie powinno budzić zastrzeżeń. Nie jest to być może rozwiązanie pozbawione wad (choćby uwzględnianie wskaźnika cytowań jest elementem dyskusyjnym, gdyż zarzuca się mu faworyzowanie uczelni z krajów anglojęzycznych), jednak prace nad udoskonalaniem tychże sposobów oceniania uczelni trwają nieprzerwanie. Co więcej, oprócz rankingów ogólnych istnieją także rankingi uczelni na poziomie różnych dziedzin wiedzy, które pozwalają na bardziej szczegółową ocenę w danym obszarze kształcenia. Możliwe jest też wzbogacenie zakresu rozpatrywanych rankingów o rankingi narodowe.

System dostarcza użytkownikowi możliwość personalizacji spojrzenia na pozycję uczelni w rankingach poprzez określenie interesującego użytkownika profilu – punktu widzenia, który stanowił podstawę do oceny uczelni. Może to być profil akademicki, zawodowy, inny lub łączny. W zależności od wybranego profilu, inne rankingi zyskują na znaczeniu (np. ARWU w przypadku akademickiego, PRWU w przypadku zawodowego), inny jest rozkład wag przypisanych poszczególnym kryteriom. Na tej podstawie określana jest uśredniona pozycja uczelni w rankingach. Możliwe kierunki zwiększenia stopnia personalizacji tego kroku oceny ofert edukacyjnych przez system to pozwolenie na:

- samodzielne określenie kolejności, w jakiej pozycja uczelni w poszczególnych rankingach powinna być brana pod uwagę przy określaniu względnej, średniej pozycji – innymi słowy ułożenie rankingu samych rankingów;
- lub idący jeszcze dalej indywidualny wybór i określenie rankingu poszczególnych wskaźników (spośród wszystkich wykorzystywanych w uwzględnianych rankingach), które mają największe znaczenie dla użytkownika.

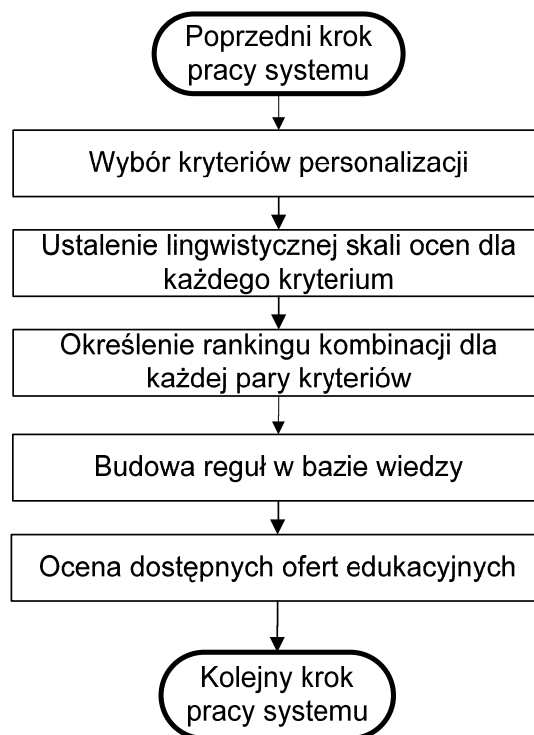
Jednym z uzasadnień personalizacji jest możliwość wyeliminowania z analizy szeregu ofert edukacyjnych nie spełniających podstawowych wymagań. Taki zabieg stanowi z punktu widzenia użytkownika znaczącą zaletę wykorzystania systemu – oszczędność czasu potrzebnego na analizę wybranych ofert pod kątem własnych, dobrze określonych możliwości oraz wymagań. Dzięki temu użytkownik zyskuje możliwość większego skupienia się na niesprecyzowanych, niesformalizowanych, a

czasem nawet nieuświadomionych preferencjach osobistych, które w innym wypadku mogłyby zostać zagłuszone.

Personalizacja oceny oferty edukacyjnej przewija się przez wszystkie etapy pracy systemu OUZKZ:

- określenie zakresu akceptowanego odchylenia od maksymalnej oceny zgodności kompetencji gwarantowanych z wymaganymi (omówiona w punkcie 4.3),
- określenie znaczenia pozycji uczelni w poszczególnych rankingach zależnie od pożądanego profilu oceny tejże pozycji (omówiona w punkcie 4.4),
- uwzględnienie indywidualnych preferencji odnośnie warunków kształcenia.

Rysunek 4.7 przedstawia podstawowe kroki w procesie personalizacji wyników.



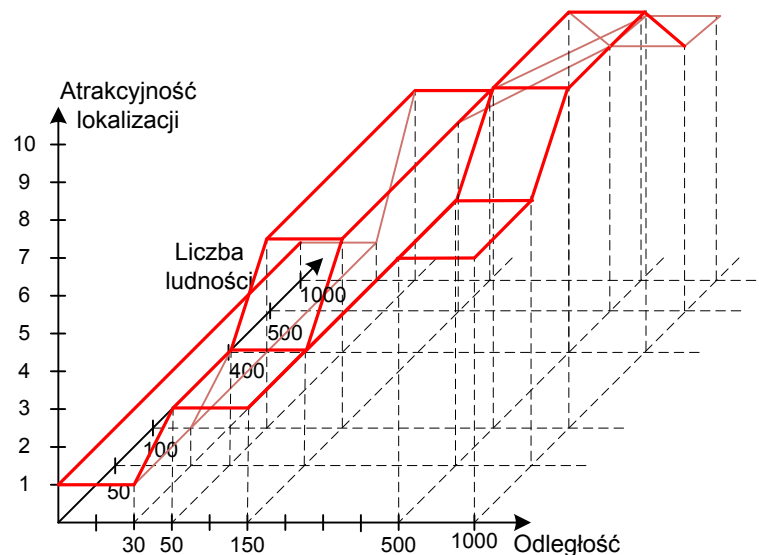
**Rys.4.7.** Personalizacja oceny ofert edukacyjnych pod względem preferencji indywidualnych użytkownika

Źródło: opracowanie własne

Określenie zakresu personalizacji pod względem preferencji indywidualnych to przede wszystkim wybór czynników, które brane będą pod uwagę, takich jak na przykład koszty studiowania czy odległość uczelni od miejsca zamieszkania. Lista dostępnych kryteriów jest podawana przez system, powiązania między kryteriami mniej i bardziej złożonymi są z góry określone, użytkownik musi jedynie zaznaczyć które z kryteriów go interesują.

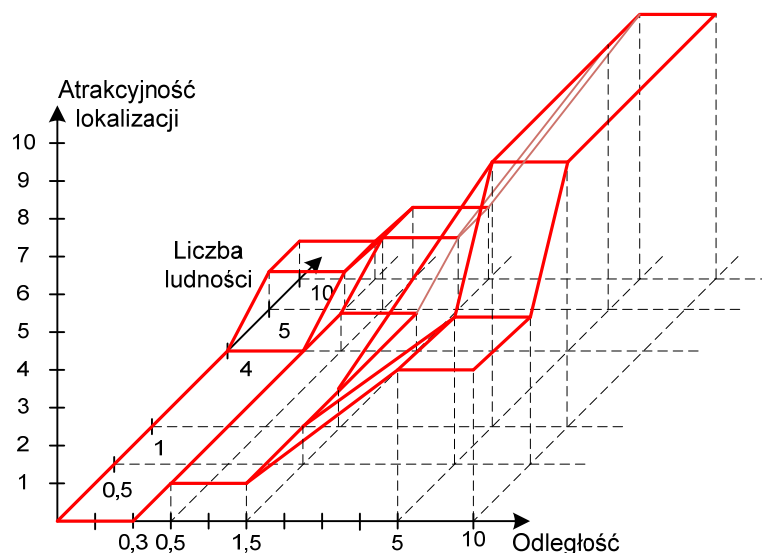
Dla każdego z kryteriów ustalana jest skala ocen, w postaci lingwistycznej a następnie dla każdej odpowiedniej pary kryteriów określany jest ranking kombinacji tych kryteriów. Na podstawie ustalonych zależności automatycznie tworzone są odpowiednie reguły oceniania. Choć do przeprowadzenia tego kroku możliwe jest wykorzystanie różnych znanych metod analizy wielokryterialnej, jak chociażby ELECTRE III, co proponowano już w [114], czy też AHP. Na potrzeby opracowywanego modelu proponuje się zastosowanie lingwistycznej bazy wiedzy, ze względu na to, że daje ona dużo lepszy obraz rzeczywistych preferencji użytkownika niż inne znane metody. Na rysunkach 4.8 i 4.9 przedstawiono krótki przykład graficzny obrazujący różnicę między wynikami uzyskanymi odpowiednio przy wykorzystaniu lingwistycznej bazy wiedzy oraz metody AHP.

Dla kryterium „atrakcyjność lokalizacji”, będącego agregacją kryteriów „liczba ludności” oraz „odległość od miejsca zamieszkania” utworzono trójwymiarowy wykres przedstawiający zależność między wartością wynikową, a wartościami wejściowymi. Następnie dla porównania przedstawiono jak kształtowałyby się płaszczyzna tych zależności gdyby do personalizacji oceny zastosowano jedną z najpopularniejszych metod wielokryterialnych - AHP.



**Rys.4.8.** Kształtowanie się wartości kryterium „atrakcyjność lokalizacji” – podejście lingwistyczne

Źródło: opracowanie własne



**Rys.4.9.** Kształtowanie się wartości kryterium „atrakcyjność lokalizacji” – podejście AHP

Źródło: opracowanie własne

Wykresy pokazują dokładnie jak duża jest różnica w ocenie oferty edukacyjnej pod względem atrakcyjności lokalizacji w zależności od zastosowanej metody. W przypadku zastosowania metody AHP nie tylko nie ma możliwości odwzorowania kształtu płaszczyzny wartości pod względem pojawiającej się w niespodziewanym miejscu wysokiej wartości kryterium, poziom tej wartości w ogóle nie został osiągnięty.

Ze względu na obszerność pełnego przykładu służącego budowie bazy lingwistycznej prowadzącej do przedstawionych wyników, został on umieszczony w Aneksie A. Jednak analiza samych tylko powyższych wykresów pozwala wyraźnie stwierdzić, że w przypadku gdy poziom personalizacji wyników ma bardzo duże znaczenie dla użytkownika, zaś przyjęty sposób oceniania opiera się na skali lingwistycznej i zmiennych rozmytych, zastosowanie metody rankingowej, będącej częścią metody budowania lingwistycznej bazy wiedzy, do utworzenia reguł w bazie wiedzy służącej ocenie alternatywnych ofert edukacyjnych, jest lepszym rozwiązaniem niż zastosowanie tradycyjnego porównania kryteriów według metody AHP.

Ostateczny wynik pracy systemu przedstawiany jest w postaci tabeli rankingowej uwzględniającej wszystkie rozpatrywane elementy oceny oferty edukacyjnej pod kątem użyteczności zdobywanych w jej ramach kompetencji. Tabela 4.4 przedstawia możliwą postać prezentacji wyniku.

**Tabela 4.4.** Możliwa postać tabeli rankingowej z ostatecznymi wynikami pracy systemu

<b>Kierunek studiów:</b>					
<b>Specjalność:</b>					
<b>Nazwa uczelni</b>	<b>Lokalizacja</b>	<b>Zgodność kompetencji</b>	<b>Pozycja w rankingach</b>	<b>Kryterium 1</b>	<b>Kryterium n</b>
	Miasto, kraj	Określana w skali lingwistycznej, lub z podaniem poszczególnych wyliczonych procentowych udziałów kompetencji o odpowiednim rodzaju zgodności	Uśredniona jako liczba lub podana w skali lingwistycznej	Wybrane kryterium opisane wartością lingwistyczną lub konkretną liczbą	Inne kryterium

Źródło: opracowanie własne

Po zapoznaniu się z rankingiem alternatyw, użytkownik może chcieć zachować lub usunąć wszystkie wprowadzone przez siebie dane lub / oraz wyniki pracy systemu OUZKZ. Proponuje się jednak gromadzenie danych statystycznych. Co więcej, zachęca się użytkownika do poinformowania o skuteczności pracy systemu poprzez podanie informacji na temat ostatecznego dokonanego wyboru, miejsca przyjęcia na studia, a także późniejszych sukcesów i niepowodzeń, tak by system OUZKZ mógł służyć użytkownikowi zgodnie z ideą kształcenia przez całe życie.

## 5. Zastosowanie wybranych opcji systemu do oceny użyteczności zdobywanych kompetencji zawodowych (studium przypadku)

Do zaprezentowania działania się systemu posłużono się przykładem kandydata na studia poszukującego oferty edukacyjnej która umożliwiałaby po zakończeniu edukacji zdobycie pracy w zawodzie programisty.

### 5.1. Określenie poszukiwanej specjalności

Pierwszym krokiem pracy systemu jest określenie predyspozycji użytkownika. Jako że część ta nie była rozwijana w ramach pracy, ponieważ stwierdzono istnienie narzędzi rozwiązujących tę kwestię, przyjmijmy, że ocena predyspozycji została przeprowadzona przez moduł zewnętrzny, bądź też została całkowicie pominięta. Kandydat zdecydował się poszukiwać oferty edukacyjnej która doprowadzi go do zawodu **programisty**. Interesują go studia pierwszego stopnia, w trybie nauczania klasycznego, o języku wykładowym polskim lub angielskim.

Biorąc powyższe pod uwagę określono, że rozpatrywane jest co następuje:

- jedna profesja  $p = I$ , gdzie  $I$  jest równoważne: **programista**,
- jedna specjalność  $s = I$  równoważna **programowaniu** (czyli np. inżynieria programowania, techniki programowania itp.).

### 5.2. Ocena zgodności ofert edukacyjnych z wymaganiami

W kolejnym kroku działania systemu przechodzimy do najważniejszego elementu – **oceny ofert edukacyjnych pod kątem ich dostosowania do przewidywanych wymagań rynkowych**. W tym celu konieczne jest określenie zbioru kompetencji wymaganych w zawodzie oraz oferowanych w ramach ofert edukacyjnych, a następnie ich przetworzenie do postaci obiektów bazy danych systemu, na których możliwe będzie wykonanie odpowiednich operacji.

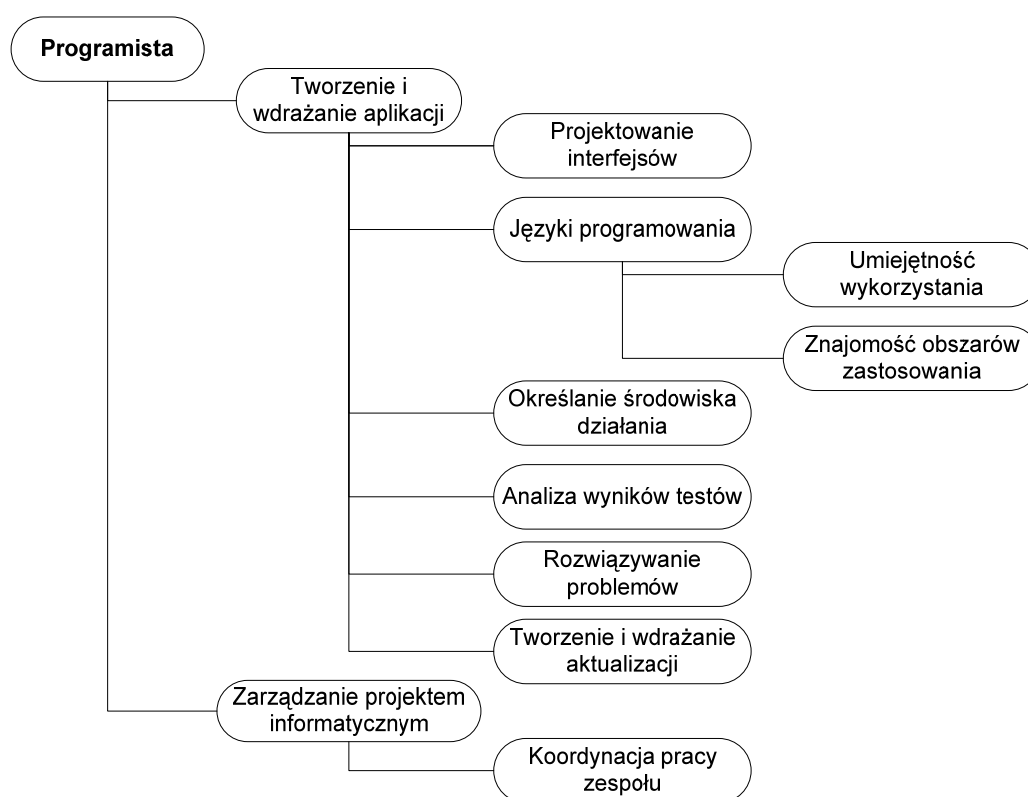
### Określenie ontologii kompetencji wymaganych

Zgodnie z krajowymi standardami kwalifikacji zawodowych, wśród kompetencji potrzebnych do pracy w dowolnym zawodzie wyróżnić można następujące kategorie:



1. Umiejętności i wiedzę o charakterze ponad-zawodowym,
2. Umiejętności i wiedzę o charakterze ogólnozawodowym,
3. Umiejętności i wiedzę podstawowe w zawodzie (powiązane z konkretnymi zadaniami zawodowymi),
4. Umiejętności i wiedzę o charakterze specjalistycznym.

Każda z kategorii zawiera szereg elementów składowych. Interpretacja tych elementów i utworzenie na ich podstawie **ontologii kompetencji** jest zadaniem dla eksperta dziedziny lub opracowanego z jego pomocą odpowiedniego narzędzia. Na potrzeby przykładu stworzono interpretację własną obejmującą kompetencje specjalistyczne dla zawodu programisty określone na trzecim poziomie standardu kwalifikacji (wyróżnia się pięć poziomów kwalifikacji zawodowej, dla zawodu programisty określony został poziom trzeci i czwarty, możemy więc przyjąć, że poziom trzeci odpowiada kwalifikacjom absolwenta studiów pierwszego stopnia, zaś poziom czwarty umiejętnościom absolwenta studiów drugiego stopnia). Rysunek 5.1 przedstawia łączną ontologię tych kompetencji [76], z zachowaniem podstawowych zależności (kompetencje ogólne – kompetencje składowe).



**Rys.5.1.** Fragment ontologii kompetencji dla zawodu „programista”

Źródło: opracowanie własne na podstawie [76]

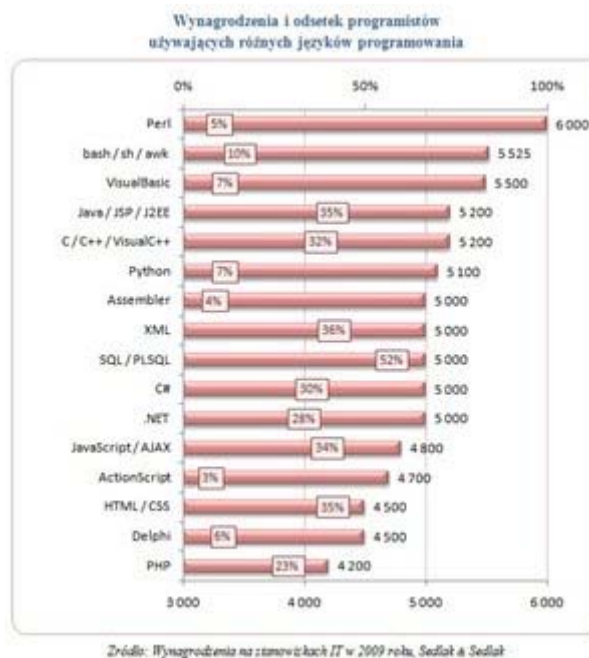
Po określeniu ontologii kompetencji tworzących wybrany zawód należy każdej z tych kompetencji przypisać wymagany **poziom biegłości** przedstawiciela tego zawodu. Niestety w standardach zawodów nie określono sposobu interpretacji i określania tego poziomu, konieczny jest zatem udział eksperta w interpretacji. W związku z tym, za wyjątkiem sytuacji, gdy zostało to określone wprost w inny sposób, przyjęto, że kompetencje o charakterze ponad-zawodowym powinny być znane co najmniej w stopniu podstawowym (0.3), kompetencje ogólnozawodowe co najmniej w stopniu średnio-zaawansowanym (0.5), natomiast kompetencje podstawowe w zawodzie oraz kompetencje o charakterze specjalistycznym w stopniu zaawansowanym (0.8). Z racji tego, że rozpatrywane w przykładzie będą tylko kompetencje z ostatniej kategorii, wszystkim im przypisany został poziom biegłości 0.8.

Wyraźnie potrzebne jest wprowadzenie dodatkowej informacji na temat wymaganego poziomu biegłości związanego z daną kompetencją lub opracowanie przez odpowiednich ekspertów metody, która pozwalałaby w sposób zautomatyzowany interpretować informacje zawarte w standardach pod tym kątem.

## **Określenie powiązań technologii z zawodem i ich trendów**

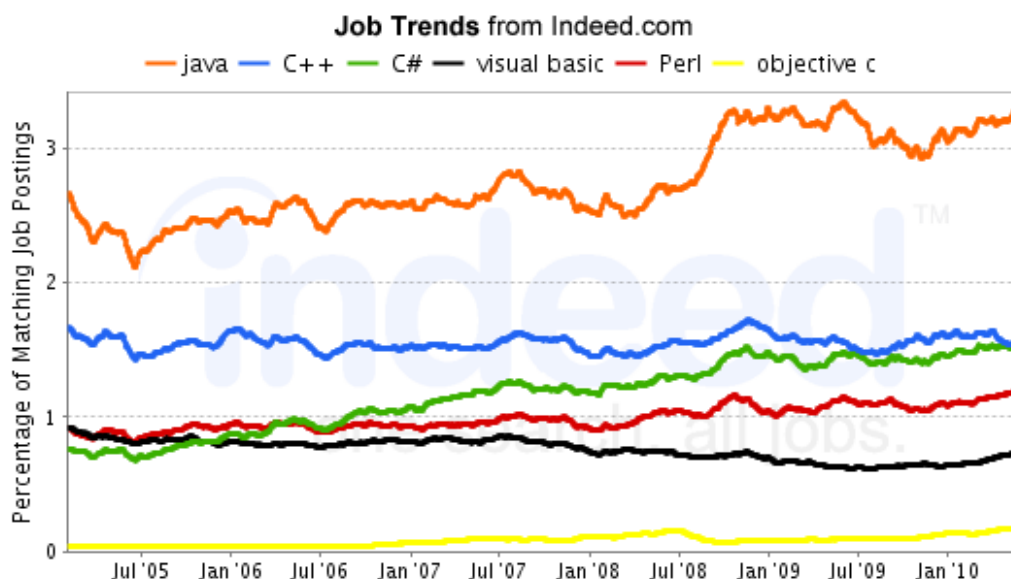
Zgodnie z założeniami, dla pełnego przedstawienia kompetencji związanych z zawodem należy również określić ich **powiązania technologiczne** z rozwiązaniami obecnymi na rynku. Powiązania te, czy też sposób i narzędzie ich określania, powinny zostać opisane przez eksperta dziedziny, w oparciu o informacje dotyczące sytuacji obecnej oraz trendów rozwoju danej technologii (metody, narzędzia), kompetencji, dziedziny. Na potrzeby przykładu postanowiono przedstawić różne dane dotyczące trendów w wykorzystaniu i rozwoju języków programowania (związanych z kompetencją o tej samej nazwie) oraz ich własną interpretację.

Rysunek 5.2 przedstawia kształtowanie się płac programistów w roku 2009 w zależności od znanych języków programowania [79]. Zobrazowane zostały nie tylko zarobki, ale także procent osób znających i korzystających z danego języka. Najwyżej ceniona była znajomość języka Perl. Bardzo cenione było również posługiwanie się językami VisualBasic, Java/J2EE, C/C++ czy Python, natomiast języki służące tworzeniu stron internetowych, takie jak HTML i PHP, znalazły się na samym końcu listy.

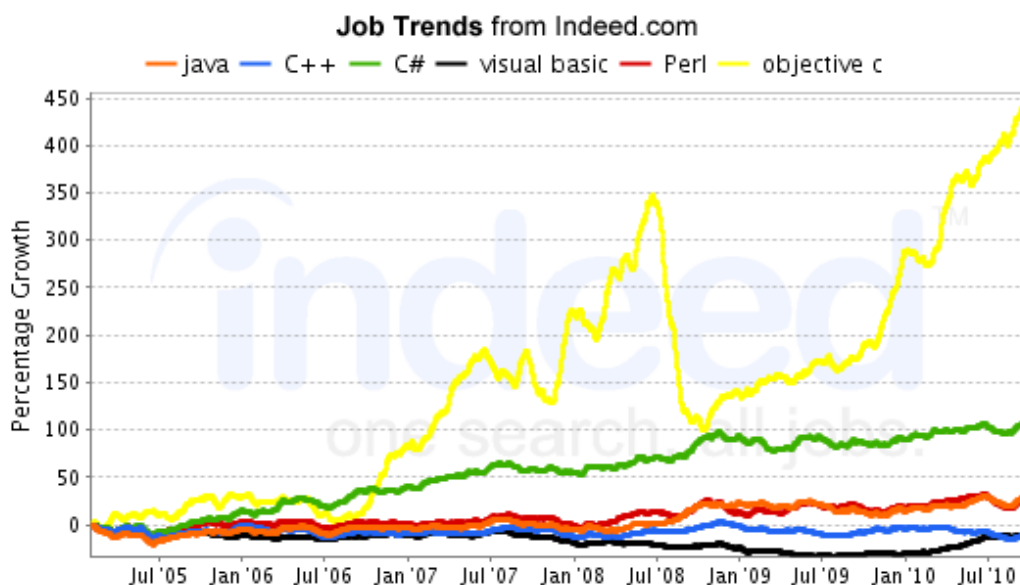


**Rys.5.2.** Wynagrodzenie w roku 2009 zależnie od znanego języka programowania  
Źródło: [79]

Przeprowadzone w połowie tego roku przez Indeed.com badanie trendów pokazuje z jednej strony jak kształtowało się istniejące zatrudnienie (schemat przedstawiony na rysunku 5.3), a z drugiej strony jakie następowały zmiany we wzroście zatrudnienia w zależności od wykorzystywanych języków programowania (przedstawione na rysunku 5.4).



**Rys.5.3.** Zatrudnienie w zależności od znajomości języka programowania  
Źródło: [49]



Rys.5.4. Trendy w przyroście zatrudnienia zależnie od znanego języka programowania

Źródło: [49]

Badania trendów pod względem istniejących pozycji zawodowych zależnie od języka programowania (rys. 5.3) wskazują na niesłabnącą pozycję Java, C#, Visual Basic, Perl oraz Objective C. Jednocześnie widoczny jest (rys. 5.4) gwałtownie postępujący przez wzrost zatrudnienia wśród osób posługujących się językiem Objective C, co związane jest z rosnącą popularnością urządzeń takich jak iPod, iPhone itp., posługujących się systemem operacyjnym iOS opartym na tym właśnie języku.

W związku z powyższym, bezpieczne wydaje się stwierdzenie, że oferty edukacyjne proponujące kształcenie w zakresie wspomnianych języków (Java, C#, Visual Basic, Perl, Objective C) mają charakter przyszłościowy i z dużym prawdopodobieństwem będą prowadzić do zatrudnienia absolwentów w tej dziedzinie.

Opierając się na przedstawionych wykresach, ustalono następujące **poziomy „przyszłościowości”**: wysoki (1.5) dla języków Java, Perl, C#, Objective C, średni (1.0) dla Visual Basic oraz niski (0.5) dla C++. **Udział** poszczególnych języków w rozpatrywanej **kompetencji** ustalono następująco:

- dla  $t = 1$ : Java = 0.9,
- dla  $t = 2$ : Perl = 0.4,
- dla  $t = 3$ : C# = 0.5,
- dla  $t = 4$ : Objective C = 0.1,
- dla  $t = 5$ : Visual Basic = 0.3,
- dla  $t = 6$ : C++ = 0.5.

Analiza dostępnych w internecie ofert pracy oraz informacji uzyskanych od różnych pracodawców i pracowników pozwala stwierdzić, że niezwykle cenione są też umiejętności programowania w językach takich jak COBOL, co związane jest z rozwojem bardziej zaawansowanych technologii i brakiem specjalistów z tego zakresu potrzebnych firmom, które jeszcze na nowe technologie nie przeszły. Zanik korzystających z tych rozwiązań technologii oznacza jednak, że mają one mało przyszłościowy charakter, nie zostały więc uwzględnione w przykładzie.

### **Charakterystyka ofert edukacyjnych dotyczących wybranej specjalności**

Najważniejszym krokiem przy rozpoczynaniu oceny ofert edukacyjnych jest znalezienie ofert odpowiadających podanym kryteriom podstawowym (specjalność, cykl nauczania, język wykładowy). Do tego celu najlepszym źródłem informacji okazał się portal europejski: [www.bachelorsportal.eu](http://www.bachelorsportal.eu). Korzystając z niego (oraz z innych źródeł), wytypowano do analizy oferty edukacyjne następujących pięciu uczelni:

- $u = 1$  – Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie,
- $u = 2$  – University College of London,
- $u = 3$  – Politechnika Gdańska,
- $u = 4$  – Helsinki Metropolia University of Applied Science
- $u = 5$  – The University of York

Na potrzeby przykładu zakładamy tutaj, że kandydat na studia spełnia kryteria przyjęcia na każdą z nich.

Do analizy włączono siedem kompetencji wynikających z przedstawionej wcześniej ontologii reprezentującej część wymagań odnośnie zawodu programisty:

- $k = 1$  – Projektowanie interfejsów
- $k = 2$  – Języki programowania
- $k = 3$  – Środowiska działania aplikacji
- $k = 4$  – Analiza wyników testów
- $k = 5$  – Rozwiązywanie problemów (analiza i poprawianie błędów)
- $k = 6$  – Tworzenie i wdrażanie aktualizacji
- $k = 7$  – Zarządzanie projektem informatycznym

Dla każdej z powyższych kompetencji należy określić poziom biegłości jaki gwarantują wybrane uczelnie po zakończeniu studiów. W związku z brakiem (w większości przypadków) wyraźnego określenia przewidywanego poziomu biegłości w zakresie poszczególnych kompetencji, starano się określić go w oparciu o liczbę godzin nauczania oraz liczbę przewidywanych punktów ECTS. Określenie takie można uznać jedynie za przybliżone, ze względu na to, że poszczególne kompetencje uzyskiwane są za pośrednictwem kilku przedmiotów łącznie, bądź jedynie ich fragmentów, przy czym nie ma rozróżnienia względem czasu przeznaczanego na każdą z nich. Ponadto, nie wszystkie uczelnie podają wymiar godzinowy prowadzonych przedmiotów, czy też informacje o liczbie przyznawanych punktów ECTS, przy tym nawet jeśli informacja o punktach istnieje, są one przyznawane na innych zasadach i w innej liczbie w zależności od organizacji edukacyjnej. Na potrzeby realizacji i implementacji systemu niezbędna jest więc pomoc eksperta przy interpretacji informacji udostępnianych przez uczelnie.

Tabela 5.1 zawiera informacje na temat poziomów biegłości dotyczących poszczególnych kompetencji w wybranych do analizy ofertach edukacyjnych.

**Tabela 5.1.** Kompetencje w ofertach edukacyjnych odpowiadających specjalności „programowanie”

Kompetencja	Poziom biegłości w ofercie				
	$f_{11}$	$f_{21}$	$f_{31}$	$f_{41}$	$f_{51}$
$k = 1$	0.6	0.6	0.6	0.8	0.6
$k = 2$	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
$k = 3$	0.8	0.6	0.8	0.8	0.6
$k = 4$	0.6	0.8	0.8	0.6	0.6
$k = 5$	0.3	0.8	0.6	0.6	0.5
$k = 6$	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5
$k = 7$	0.6	0.6	0.8	0.9	0.3

Źródło: opracowanie własne

W kolejnym kroku konieczne jest określenie jakie języki programowania z wcześniej ustalonej listy języków branych pod uwagę przy rozpatrywaniu zawodu są uwzględniane w rozpatrywanych ofertach edukacyjnych (w kompetencji  $k = 2$ ). Tak jak w przypadku zawodu, tak i tu nieoceniona jest pomoc eksperta przy opracowaniu metody interpretacji informacji na temat technologii wykorzystywanych w ramach nauczania danej kompetencji. Zestawienie własnej interpretacji wartości udziału

poszczególnych technologii w kompetencji  $k = 2$  dla każdej z ofert edukacyjnych przedstawione zostało w tabeli 5.2.

**Tabela 5.2.** Udział technologii w kompetencji  $k = 2$  dla poszczególnych ofert edukacyjnych

	$t = 1$	$t = 2$	$t = 3$	$t = 4$	$t = 5$	$t = 6$
$f_{11}$	0.8				0.3	
$f_{21}$	0.9					
$f_{31}$	0.9		0.3			0.8
$f_{41}$	0.9	0.3		0.3		0.8
$f_{51}$						

Źródło: opracowanie własne

Jak wynika z tabeli, w wielu przypadkach brak jest informacji na temat udziału danej technologii w kompetencji należącej do oferty. Logicznym byłoby stwierdzenie, że technologia ta zwyczajnie nie występuje, jednakże o ile w przypadku pierwszych czterech ofert można przyjąć takie założenie dla technologii bez określonego udziału, o tyle w przypadku oferty ostatniej sytuacja nieco się komplikuje. W przypadku bowiem tej oferty, nie tylko brak jest powiązań z wymienionymi technologiami, nie zostały określone żadne powiązania technologiczne. Sytuacja taka jest niemożliwa, gdyż nauczanie nie może odbywać się w czysto teoretyczny sposób, zwłaszcza, że uczelnia prowadzi zajęcia praktyczne. W związku z tym na potrzeby przykładu postanowiono ustalić udział technologii na poziomie 0.6 dla języka C++ ( $t = 6$ ), stanowiącego podstawę nauczania informatyki na wielu uczelniach i przy tym będącego zbliżonym do innych popularnych języków programowania. W rzeczywistości przypadek takiej oferty edukacyjnej (bez powiązań technologicznych) wymaga opinii eksperta lub (a może przede wszystkim) uzupełnienia informacji przez uczelnię.

## **Ocena zgodności ofert edukacyjnych z wymaganiami dotyczącymi zawodu**

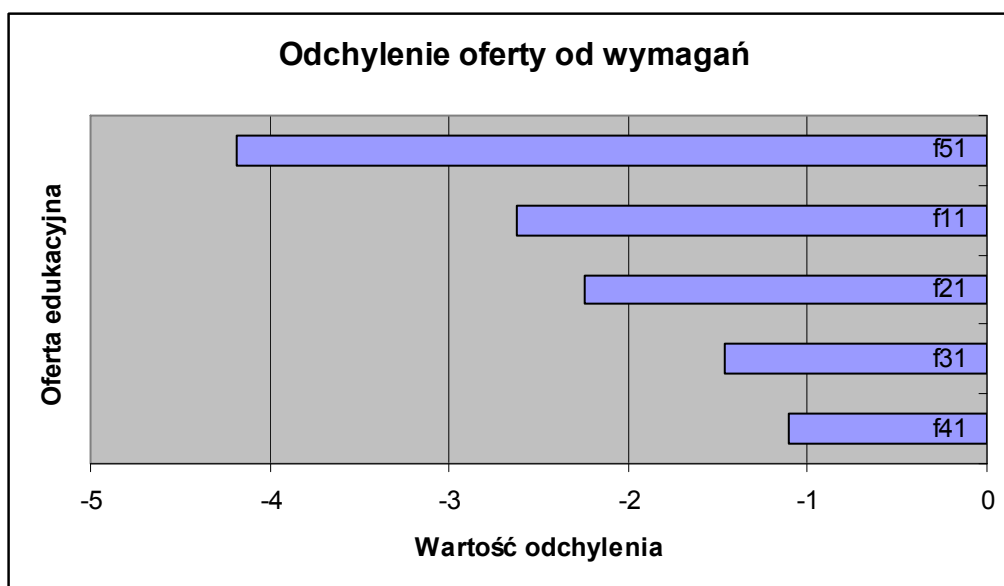
Pozyskane dane na temat ofert edukacyjnych oraz zawodu (w tym kompetencji oraz ich powiązań technologicznych) wprowadzone zostają do bazy danych, dzięki czemu możliwe jest uruchomienie odpowiednich aplikacji służących ich analizie. Wyniki zastosowania opisanego w 4.3 aplikacji 3 do oceny odchylenia oferty edukacyjnej od wymagań związanych z zawodem przedstawiono w tabeli 5.3.

**Tabela 5.3.** Wyniki oceny zgodności kompetencji wymaganych z gwarantowanymi w ramach rozpatrywanych ofert edukacyjnych

Oferta edukacyjna	Odchylenie od zawodu	Liczba kompetencji:		
		niepokrytych	mniejszej sile	dodatkowych
$f_{11}$	-2,62	0	4	0
$f_{21}$	-2,24	0	3	0
$f_{31}$	-1,46	0	3	0
$f_{41}$	-1,1	0	3	0
$f_{51}$	-4,18	0	6	0

Źródło: opracowanie własne

Przedstawione wyniki obliczeń pozwalają stwierdzić, że żadna z ofert edukacyjnych nie odpowiada w pełni wymaganiom zawodu, należy spojrzeć która z nich najmniej od tych wymagań odbiega. Oferta ostatnia uzyskała wynik najniższy, częściowo ze względu na brak określonych udziałów technologii, ale również z powodu zbyt niskiego, względem wymagań, poziomu biegłości dotyczącego sześciu z siedmiu rozpatrywanych kompetencji. Oferta czwarta osiągnęła najwyższy wynik mimo takiej samej liczby słabiej zaspokojonych kompetencji co w przypadku oferty drugiej i trzeciej, jest to jednak z pewnością zasługa szerokiego zakresu technologii uwzględnianych w procesie nauczania. Wyniki przedstawiono w formie wykresu na rysunku 5.5.



**Rys.5.5.** Wynik oceny odchylenia oferty edukacyjnej od wymagań związanych z zawodem

Źródło: opracowanie własne



Na podstawie zaprezentowanych wyników można wysnuć wniosek, że uwzględnienie wszystkich obecnych na rynku technologii może być przyczyną braku ofert edukacyjnych w pełni obejmujących wszystkie te powiązania, a więc zaspokajających wymagania rynku. Pamiętać jednak należy, że wiele z tych technologii jest równorzędnych i prawidłowe opanowanie jednej z nich (o wysokim poziomie „przyszłościowości”) już daje wysokie szanse na znalezienie pracy w zawodzie, zatem odchylenie „na minus” od wymagań rynku nie oznacza wcale automatycznego odrzucenia oferty.

Algorytm działania systemu przewiduje w kolejnym kroku określenie przez użytkownika skali lingwistycznej, przy pomocy której oferty będą klasyfikowane zależnie od uzyskanego wyniku oceny zgodności z wymaganiami rynku. Skalę tę użytkownik może określić korzystając z pomocy graficznej w postaci wykresu takiego jak przedstawiony na rysunku 5.5. W przypadku zaledwie pięciu ofert, krok ten może być zbędny, jednak przy bardzo dużej ich liczbie może pozwolić na odrzucenie części ofert nie spełniających wymaganego przez użytkownika minimum oraz na grupowanie pozostałych. Na potrzeby przykładu przyjęto, że wartości poniżej -3 uznaje się za niskie, do -2 za średnie, a powyżej -2 za wysokie.

### 5.3. Wzbogacenie oceny ofert o pozycje uczelni w rankingach

Kolejnym krokiem działania systemu jest uwzględnienie pozycji rozpatrywanych uczelni w rankingach światowych. Użytkownik może wybrać interesujący go profil rankingu, na potrzeby przykładu przyjęto jednak, że oceny w poszczególnych rankingach będą miały jednakowy wpływ na średnią pozycję uczelni.

**Tabela 5.4.** Pozycja uczelni w rankingach

<b>Ranking</b>	<b>u = 1 (AGH)</b>	<b>u = 2 (UCL)</b>	<b>u = 3 (PG)</b>	<b>u = 4 (HU)</b>	<b>u = 5 (UoY)</b>
<b>Webometrics</b>	537	63	730	59	254
<b>QS</b>		4		75	88
<b>ARWU</b>		21		72	
<b>SIR</b>	721	18	1042	120	341
<b>średnia</b>	<b>629</b>	<b>24</b>	<b>886</b>	<b>163</b>	<b>341,5</b>

Źródło: opracowanie własne

Tabela 5.4 przedstawia pozycję poszczególnych uczelni w wybranych czterech rankingach, a także pozycję po uśrednieniu. Nie wszystkie uczelnie były uwzględnione we wszystkich rankingach, co się zdarza w przypadku krajów mniej rozwiniętych lub nie-anglojęzycznych, ponadto niektóre rankingi podają dokładne pozycje tylko dla pierwszych 100 uczelni. Widać jednak wyraźnie w tabeli, że University College of London zdecydowanie wyprzedza pozostałe uczelnie.

#### **5.4. Personalizacja wyników oceny zgodności ofert edukacyjnych z wymaganiami i prezentacja ostatecznego rankingu**

Po uzyskaniu wszystkich danych i wyników na temat ofert edukacyjnych można przejść do etapu personalizacji wyniku. Przyjmijmy, że użytkownika interesują trzy podstawowe kryteria oceny:

1. odchylenie od wymagań związanych z zawodem – jak najmniejsze,
2. średnia pozycja w rankingach światowych – jak najwyższa,
3. odległość od miejsca zamieszkania – jak najmniejsza (przyjmujemy tutaj, że użytkownik mieszka w Poznaniu).

Zakładamy, że kryterium pierwsze jest dla użytkownika zdecydowanie najważniejsze ze wszystkich, kryterium drugie ma niewielkie znaczenie, zaś znaczenie trzeciego można określić jako średnie.

Personalizacji możemy dokonać posługując się jedną ze znanych metod analizy wielokryterialnej (można zastosować podejście opisane w [86] do doboru odpowiedniej metody), dla wielu z których istnieją już gotowe narzędzia, lub też stosując lingwistyczne bazy wiedzy. Ze względu na ograniczenie rozpatrywanych wariantów decyzyjnych i kryteriów, umożliwiające uzyskanie rezultatów w sposób prosty, niewymagający obszernych i skomplikowanych analiz, oraz biorąc pod uwagę, że wcześniej opracowano dokładny przykład tworzenia lingwistycznych baz wiedzy, na potrzeby określenia przewagi podejścia lingwistycznego nad prostymi metodami wielokryterialnymi (zamieszczony w aneksie A), stwierdzono, że korzyść z zastosowania zaawansowanych metod dla niniejszego, prostego przykładu byłaby niewielka w stosunku do wysiłku koniecznego do ponownego zdefiniowania dodatkowych kryteriów i preferencji, oraz przeprowadzenia wszystkich obliczeń. W

związku z tym do spersonalizowanej oceny ofert edukacyjnych i utworzenia ostatecznego rankingu wykorzystano macierz decyzji. Tabela 5.5 prezentuje wynik analizy alternatyw – ostateczny ranking ofert edukacyjnych.

**Tabela 5.5.** Ranking ofert edukacyjnych z punktu widzenia wybranych kryteriów oceny

<b>Kierunek studiów: Informatyka</b>				
<b>Specjalność: Programowanie</b>				
<b>Nazwa uczelni</b>	<b>Lokalizacja</b>	<b>Zgodność kompetencji</b>	<b>Pozycja w rankingach</b>	<b>Odległość od domu</b>
Helsinki Metropolia University of Applied Science	Helsinki, Finlandia	-1,1	163	1310
Politechnika Gdańska	Gdańsk, Polska	-1,46	886	300
University College of London	Londyn, Wielka Brytania	-2,24	24	1340
Akademia Górniczo-Hutnicza	Kraków, Polska	-2,62	629	465
The University of York	York, Wielka Brytania	-4,18	341,5	1660

Źródło: opracowanie własne

Wyniki analizy wskazują, że najlepszą ofertą jest oferta uniwersytetu w Helsinkach, oferty Politechniki Gdańskiej i University College of London nie odbiegają zbytnio od siebie, przy czym AGH nie pozostaje daleko za nimi, za to oferta University of York wypada zdecydowanie najgorzej. Jak można zauważyć, ocena zgodności kompetencji miała największy wpływ na ostateczny kształt rankingu.

W zależności od zastosowanej metody personalizacji, zaprezentowaną tabelę rankingową można wzbogacić o łączną ocenę uzyskaną przez poszczególne oferty edukacyjne. Przy zastosowaniu macierzy decyzji byłoby to odpowiednio: 68,43 dla uniwersytetu w Helsinkach, 62,77 dla Politechniki Gdańskiej, 61,47 dla University College of London, 56,58 dla AGH oraz 21,06 dla University of York. W przypadku zastosowania lingwistycznych baz wiedzy, zamiast wyników liczbowych można by zaprezentować przynależność do odpowiednich przedziałów na skali oceny ostatecznej (np. „bardzo wysoka”). Przy dokładniejszej personalizacji mogłyby nastąpić drobne zmiany w kwestii różnic między łącznymi ocenami poszczególnych ofert edukacyjnych, jednak ostateczny ranking kształtowałby się tak samo. Wzbogacenie rankingu o wynik

łączonej oceny ofert względem wszystkich kryteriów dawałoby użytkownikowi lepszy pogląd na różnice między poszczególnymi ofertami (np. różnica między AGH oraz University of York jest dużo bardziej drastyczna niż różnica między AGH a University College of London).

## Zakończenie

Jak wykazano w pracy, istnieje szereg rozwiązań służących wspomaganie osoby stojącej przed wyborem dotyczącym kształcenia. Rozwiązania te dają takie możliwości jak uzyskanie informacji na temat charakterystyki zawodów, ścieżek nauczania, które do tych zawodów prowadzą, dostępnych ofert edukacyjnych, określenia własnych predyspozycji zawodowych, ustalenia ścieżki kształcenia w obrębie jednej uczelni, czy oceny finansowej opłacalności rozpoczęcia studiów. Nie dają one jednak możliwości połączenia informacji na wszystkie te tematy w jedno. Ponadto pomijają jedną niezwykle istotną kwestię: aktualność zdobywanej wiedzy. Znalezienie oferty edukacyjnej dostosowanej do indywidualnych wymagań i preferencji, potencjalnie prowadzącej do wybranego zawodu, to jedno, znalezienie naprawdę użytecznej oferty edukacyjnej, która prowadzi do zawodu rzeczywiście poszukiwanego na rynku pracy i daje wiedzę oraz umiejętności jak najlepiej zbliżone do wymaganych w tym zawodzie do natychmiastowego podjęcia pracy, to już dużo trudniejsze zadanie.

Opracowanie takiego rozwiązania wymaga oparcia się na terminologii i narzędziach opisu aktualnie obowiązujących na rynku, a to oznacza konieczność posługiwania się pojęciem kompetencji. Jak przedstawiono w pracy, definicja tego pojęcia zależy od dziedziny jego zastosowań, zawsze jednak obejmuje wiedzę teoretyczną oraz praktyczne umiejętności jej wykorzystania. Znaczenie tego pojęcia w świecie poznać można po zakresie jego zastosowań (w opisie zawodów, w opisie wyników nauczania, przy ocenie wiedzy i umiejętności osobistych, w różnych dziedzinach wiedzy i zastosowań) oraz po liczbie wprowadzonych rozwiązań i prac dążących do standaryzacji jego znaczenia i sposobu reprezentacji (RCD, HR-XML i inne standardy) oraz analizy (zbiory kompetencji, RCMaP, Competence Gap Analysis itp.).

W rozprawie zaproponowano model systemu oceny użyteczności zdobywanych kompetencji zawodowych oparty na ontologicznym podejściu do analizy kompetencji, którego celem jest wspomaganie decyzji kandydata na studia w wyborze oferty edukacyjnej. Model ten zakłada wykorzystanie informacji o kompetencjach oferowanych w ramach ofert edukacyjnych oraz wymaganych w ramach zawodów, w powiązaniu z trendami i rozwojem w nauce i technice. Uwzględnienie tych aspektów oraz wykorzystanie podejścia ontologicznego i lingwistycznych skal ocen, pozwala stwierdzić, że osiągnięty został sformułowany następująco **cel pracy**:

*Opracowanie modelu doradczego systemu informatycznego oceny ofert edukacyjnych prowadzących do uzyskania docelowych (wymaganych na rynku) kompetencji (z określonym stopniem prawdopodobieństwa) w oparciu o metody sztucznej inteligencji.*

We wstępie postawiono również następującą **hipotezę naukową**:

*Wykorzystanie metod ilościowych i sztucznej inteligencji w ramach obowiązujących standardów umożliwia opracowanie systemu informatycznego o szerszych możliwościach wyboru jakościowego ofert edukacyjnych.*

Dowodem na słuszność hipotezy są następujące stwierdzenia:

- zastosowanie podejścia ontologicznego do analizy kompetencji pozwala na uwzględnienie powiązań między poszczególnymi kompetencjami, daje też możliwość określenia powiązań z konkretnymi rozwiązaniami technologicznymi, narzędziami i metodami związanymi z wykorzystaniem tych kompetencji
- wykorzystanie teorii grafów pozwoliło na opracowanie formalnego modelu sytuacji decyzyjnej,
- teoria zbiorów, opracowana sieć semantyczna oraz podejście obiektowe pozwoliły na opracowanie modelu rozwiązania postawionego zadania,
- wprowadzenie skal lingwistycznych do reprezentacji preferencji użytkownika ułatwia mu pracę z systemem na etapie personalizacji,
- odpowiedni system ekspertowy lub rozwiązanie zewnętrzne pozwala na ocenę predyspozycji w nauczaniu,
- uwzględnienie tych wszystkich elementów daje rozwiązanie bardziej kompleksowe niż rozwiązania w tej chwili dostępne na rynku, z których żadne przy tym nie uwzględnia zmian zachodzących na rynku pracy i stopnia w jakim oferty edukacyjne są do nich dostosowane.

Praca posiada charakter metodyczny i stosowany. Aspekt metodyczny odnosi się do opracowanych zasad reprezentacji i analizy kompetencji w systemie oraz wykorzystania informacji na temat trendów w nauce i technice do oceny zgodności ofert edukacyjnych z wymaganiami rynku pracy. Z kolei stosowalność wyników pracy osiągnięta jest dzięki opracowanemu modelowi obiektowemu, który może być łatwo zaimplementowany.

Elementy nowości jakie można odnaleźć w rozprawie to:

- określenie struktury rynku kompetencji,
- uwzględnienie zmian zachodzących nie tylko w wielkości zapotrzebowania na kompetencje, ale także w obrębie aktualności wewnętrznej treści kompetencji i rozumienia jej znaczenia,
- opracowanie modelu systemu informatycznego do oceny użyteczności zdobywanych kompetencji zawodowych,
- umiejscowienie systemu na rynku kompetencji,
- określenie interakcji systemu z organizacją edukacyjną zgodnie z cyklem życia tej organizacji,
- opracowanie algorytmów związanych z funkcjonowaniem systemu:
  - określania predyspozycji użytkownika,
  - oceny zgodności kompetencji gwarantowanych z wymaganymi,
  - personalizacji wyników zgodnie z preferencjami użytkownika,
  - funkcjonowania systemu jako całości,
- opracowanie formalnego modelu sytuacji decyzyjnej z wykorzystaniem teorii grafów, w oparciu o przyjętą i zaprezentowaną w pracy definicję kompetencji,
- opracowanie modelu obiektowego reprezentującego założenia przyjęte w modelu sytuacji decyzyjnej,
- opracowanie aplikacji działających na określonym modelu obiektowym, służących do określenia:
  - czy kandydat może podjąć studia na wybranej uczelni,
  - znormalizowanego udziału technologii w kompetencji, z punktu widzenia poziomu biegłości przypisanego tej kompetencji,
  - stopnia odchylenia oferty edukacyjnej i zawartych w niej kompetencji od wymagań dotyczących kompetencji związanych z rozpatrywanym zawodem,
- określenie struktury i zadań bazy obiektowej służącej do przechowywania i analizy danych w systemie,
- uwzględnienie w ocenie oferty edukacyjnej pozycji organizacji edukacyjnej w (światowych) rankingach uczelni.

Opracowany system uzyskuje przewagę nad innymi nie tylko ze względu na kompleksowe rozwiązanie problemu wyboru oferty edukacyjnej, uwzględniające zmiany związane z rozwojem nowych narzędzi, technologii i metod. Przewaga tego

rozwiązania wynika również w dużej mierze z możliwości jego dalszego rozwoju, zarówno pod kątem możliwości analitycznych i obejmowanych modułów, jak i pod kątem zastosowań.

Prześledzona w rozdziale 3.3 sytuacja dotycząca standaryzacji opisu oferty edukacyjnej pozwala stwierdzić, że w niedalekiej przyszłości możliwe będzie opracowanie narzędzia służącego do automatycznego pozyskiwania informacji o ofertach edukacyjnych, gdyż będą one opisane w sposób jednorodny i zrozumiały dla komputerów. Z kolei standardy dotyczące strukturyzacji kompetencji, gdy zdobędą szerokie zastosowanie, mogą być wykorzystane do zapisania tychże w bazie obiektowej. W takim wypadku można posłużyć się technologią agentów inteligentnych do automatycznego zasilania bazy danymi dotyczącymi ofert edukacyjnych (co zostało już zaproponowane w [113] oraz w [115]).

Wśród innych istotnych możliwości dalszego rozwoju wymienić należy rozbudowę modelu celem uwzględnienia innych form kształcenia niż tylko pełne programy studiów (np. jedno-przedmiotowe kursy szkoleniowe) oraz personalizacji ścieżki kształcenia w ramach jednego cyklu nauczania, przykładowo wykorzystując opracowane wcześniej podejście do określania ścieżki kształcenia w nauczaniu zdalnym, opublikowane w [53] i rozwijane dalej w [61] i w [18].

Duży rozwój możliwości systemu dałoby również uwzględnienie w modelu innych potencjalnych użytkowników systemu, takich jak same organizacje edukacyjne czy pracodawcy. W pierwszym wypadku system mógłby zostać wykorzystany do oceny własnej konkurencyjności na tle ofert innych uczelni oraz do poszukiwania obszaru, w którym można umiejscowić nową specjalność. Z kolei w przypadku pracodawców i firm można system wykorzystać do analizy kompetencji kandydatów w odniesieniu do wymagań związanych z zawodem, czy też do planowania rozwoju kadry i wyboru odpowiednich szkoleń.

Ponadto, rozszerzenie działania systemu o możliwości jakie daje data mining pozwoliłoby na analizę zbieranych danych na temat użytkowników i odnajdowanie występujących między nimi zależności (np. kształtowanie się preferencji użytkownika zależnie od profilu posiadanych kompetencji, miejsca zamieszkania). W tym celu przydatnym byłoby również gromadzenie informacji na temat ostatecznych podjętych przez użytkowników decyzji i ich późniejszej sytuacji zawodowej.



## Bibliografia

- [1] *About Lifelong learning programme | EACEA*. Dostępne z: [http://eacea.ec.europa.eu/llp/about\\_llp/about\\_llp\\_en.php](http://eacea.ec.europa.eu/llp/about_llp/about_llp_en.php).
- [2] Albaloooshi, F. i S. Shatnawi, *Online Academic Advising Support*, K. Elleithy i in., Editors. 2010, Springer Netherlands. p. 25-29. Dostępne z: [http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-9151-2\\_5](http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-9151-2_5).
- [3] Andrew, A.H. i J.S. Paul, *Computer-Assisted Career Guidance Use in Higher Education: A National Update*. Journal of Career Development, 1990. **16**(4): p. 249-259. Dostępne z: [http://jcd.sagepub.com/cgi/pdf\\_extract/16/4/249](http://jcd.sagepub.com/cgi/pdf_extract/16/4/249).
- [4] Barton, T., *EduCourse Data Model*, 2005, Internet2. Dostępne z: <http://middleware.internet2.edu/>.
- [5] Blanc, L.A.L., C.T. Rucks i W.S. Murray, *A decision support system for prescriptive academic advising*, w: *Advanced topics in end user computing 2002*, IGI Publishing Hershey. p. 263 – 284.
- [6] Bodea, C.-N. i M.-I. Dascălu, *Modeling Project Management Competences: An Ontology-Based Solution for Competency-Based Learning*, M.D. Lytras i in., Editors. 2010, Springer Berlin Heidelberg. p. 503-509. Dostępne z: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-13166-0\\_71](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-13166-0_71).
- [7] Bohl, O., J. Schellhase, R. Sengler i U. Winand, *The Sharable Content Object Reference Model (SCORM) - A Critical Review*, w: *Proceedings of the International Conference on Computers in Education 2002*, IEEE Computer Society. p. 950.
- [8] *Bologna Process*. 2008; Dostępne z: [www.bologna2009benelux.org](http://www.bologna2009benelux.org).
- [9] Bologna Working Group on Qualifications, F., *A Framework for Qualifications of the European Higher Education Area*, 2005, Ministry of Science, Technology and Innovation, Copenhagen.
- [10] Boyatzis, R.E., *The Competent Manager: A Model for Effective Performance*. 1982, Wiley.
- [11] Braun, S., C. Kunzmann i A. Schmidt, *People Tagging and Ontology Maturing: Toward Collaborative Competence Management*, D. Randall i P. Salembier, Editors. 2010, Springer London. p. 133-154. Dostępne z: [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-84882-965-7\\_7](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-84882-965-7_7).
- [12] Budziński, R., *Metodologiczne aspekty systemowego przetwarzania danych ekonomiczno-finansowych w przedsiębiorstwie*. II ed. 2002, Szczecin, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego.

- [13] Burstein, F. i C. Holsapple, *DSS Architecture and Types*, 2008, Springer Berlin Heidelberg. p. 163-189. Dostępne z: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-48713-5\\_9](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-48713-5_9).
- [14] Carson, A.D., *A History of Computer-Assisted Career Guidance Systems (CACGSs)*, 2008. Dostępne z: <http://vocationalpsychology.com/essay8CACGSs.htm>.
- [15] *cdm [cdm.utdanning.no]*. Dostępne z: <http://cdm.utdanning.no/CDM>.
- [16] CEN, *Metadata for Learning Opportunities (MLO) - Advertising*, 2008. Dostępne z: <http://www.cen-ltso.net/Main.aspx?put=1042>.
- [17] Cheng, D., *The Value of Gartner Research*, 2007, Gartner Inc.
- [18] Ciszczyk, M., K. Sikora, E. Kusztina, O. Zaikin i R. Tadeusiewicz, *Didactic process based on the repository system*, w: *EUNIS 2010*2010. Dostępne z: <http://www.eunis.pl/>.
- [19] *Citation Impact Center - Science - Thomson Reuters*. Dostępne z: <http://science.thomsonreuters.com/citationimpactcenter/>.
- [20] Coi, J.L.D., E. Herder, A. Koesling, C. Lofi, D. Olmedilla, O. Papapetrou i W. Siberski. *A Model for Competence Gap Analysis*. 2007. Barcelona, Spain.
- [21] Commission of the European, C., *Progress towards the Lisbon objectives in education and training 2005 Report*, 2005, Brussels.
- [22] Competency Data Standards Working Group, *IEEE Standard for Learning Technology - Data Model for Reusable Competency Definitions*, 2008, Learning Technology Standards Committee. Dostępne z: <http://www.cen-ltso.net/main.aspx?put=264>.
- [23] Council of Europe, *The Convention on the Recognition of Qualifications concerning Higher Education in the European Region*, 1997, Lisbon. Dostępne z: <http://conventions.coe.int>.
- [24] Crosier, D., L. Purser i H. Smidt, *Trends V: Universities shaping the European Higher Education Area*, 2007, EUA.
- [25] *Decyzja nr 1720/2006/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 listopada 2006 r. ustanawiająca program działań w zakresie uczenia się przez całe życie*, 2006, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej.
- [26] *DISCOVER: ACT's Career Planning Program*. Dostępne z: <http://www.act.org/discover/>.
- [27] Dudek, T., *Integracja heterogenicznych źródeł danych w ekspertowym systemie oceny jakości.*, 2008, Politechnika Szczecińska, Szczecin, Publisher, Place Published.

- [28] Ermilova, E. i H. Afsarmanesh, *Competency Modeling Targeted on Promotion of Organizations Towards VO Involvement*, L. Camarinha-Matos i W. Picard, Editors. 2008, Springer Boston. p. 3-14. Dostępne z: [http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-84837-2\\_1](http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-84837-2_1).
- [29] *Europass - The European CV*. Dostępne z: <http://www.europa-pages.com/jobs/europass.html>.
- [30] European Commission. *Portal on Learning Opportunities throughout the European Space*. [cited 2011; Dostępne z: <http://ec.europa.eu/ploteus/>].
- [31] *European Higher Education Area website 2010-2020 EHEA*. Dostępne z: <http://www.ehea.info/>.
- [32] Feng, J.W. i P.L. Yu, *Minimum Spanning Table and Optimal Expansion of Competence Set*. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 1998. **99**(3): p. 655-679.
- [33] *Find Bachelor's studies across Europe - BachelorsPortal.eu*. Dostępne z: <http://www.bachelorsportal.eu/>.
- [34] *Find Master's Studies in Europe - MastersPortal.eu*. Dostępne z: <http://www.mastersportal.eu/>.
- [35] Ganz, W. i A.S. Tombeil. *The Competence Card A Tool to improve Service*. w: *Proceedings of the Tenth International Conference on Human-Computer Interaction*. 2003.
- [36] Gluhak, A. i F. Adoue, *Catalogue of competences - European competence profiles for Multimedia jobs*, 2007, CompTrain project.
- [37] Gómez, P., M.a.J. González, F. Gil, J.L. Lupiáñez, M.a.F. Moreno, L. Rico i I. Romero, *Assessing the relevance of higher education courses*. *Evaluation and Program Planning*, 2007. **30**(2): p. 149-160. Dostępne z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V7V-4MX56GG-9/2/b958aa53f3c41e036bad2cc39dea230c>.
- [38] Hajlaoui, K., X. Boucher, M. Beigbeder i J. Girardot, *Competence Ontology for Network Building*, L. Camarinha-Matos, I. Paraskakis i H. Afsarmanesh, Editors. 2009, Springer Boston. p. 282-289. Dostępne z: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-04568-4\\_30](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-04568-4_30).
- [39] Hawkins, S., *The competence marketplace*, 2002. Dostępne z: [http://findarticles.com/p/articles/mi\\_qa5366/is\\_/ai\\_n21322427](http://findarticles.com/p/articles/mi_qa5366/is_/ai_n21322427).
- [40] Helwig, A.A. i P.J. Snodgres, *Computer-Assisted Career Guidance Use in Higher Education: A National Update*. *Journal of Career Development*, 1990. **16**(4): p. 249-259. Dostępne z: [http://jcd.sagepub.com/cgi/pdf\\_extract/16/4/249](http://jcd.sagepub.com/cgi/pdf_extract/16/4/249).

- [41] Herling, R.W., *Operational Definitions of Expertise and Competence*. Advances in Developing Human Resources, 2000. 2(1): p. 8-21. Dostępne z: <http://adh.sagepub.com/cgi/content/abstract/2/1/8>.
- [42] Herr, E.L. i S.H. Cramer, *Planowanie kariery zawodowej*. Zeszyty informacyjno-metodyczne doradcy zawodowego. Vol. 15. 2004, Warszawa, Ministerstwo Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej.
- [43] HR-XML Consortium, *HR-XML Standard 3.1*, 2010. Dostępne z: <http://www.hr-xml.org>.
- [44] Hu, Y.-C., R.-S. Chen, G.-H. Tzeng i Y.-H. Chiu, *Acquisition of Compound Skills and Learning Costs for Expanding Competence Sets*. Computers and Mathematics with Applications, 2003. 46: p. 831-848.
- [45] Hull, C.L., *Aptitude testing*. 1928, Yonkers, NY: World Book Co.
- [46] *IAEVG - International Association for Educational and Vocational Guidance*. Dostępne z: <http://www.iaevg.org>.
- [47] IEEE, *Text of ISO/IEC PDTR 24763 Conceptual reference model for competencies and related objects*, 2007. Dostępne z: <http://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=1056984&objAction=browse&sort=name>.
- [48] IMS Global Learning Consortium, *IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective - Information Model 2002*. Dostępne z: <http://www.imsglobal.org/competencies/>.
- [49] Indeed. *java, C++, C#, visual basic, Perl, objective c Job Trends*. 2010; Dostępne z: <http://www.indeed.com>.
- [50] Juri, L.D.C., H. Eelco, K. Arne, L. Christoph, O. Daniel, P. Odysseas i S. Wolf. *A Model for Competence Gap Analysis*. 2007. Barcelona, Spain.
- [51] Kahneman, D. i A. Tversky, *Choice, Values, Frames*. 2000, The Cambridge University Press.
- [52] Keen, K., *Competence: what is it and how can it be developed?*, J. Lowyck, P. de Potter i J. Elen, Editors. 1992, Brussels: IBM International Education Center. p. 111-122.
- [53] Korytkowski, P. i K. Sikora, *Creating Learning Objects and Learning Sequence on the Basis of Semantic Networks*, R. Wagner, N. Revell i G. Pernul, Editors. 2007, Springer Berlin / Heidelberg. p. 710-719. Dostępne z: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-74469-6\\_69](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-74469-6_69).
- [54] Kruś, L.S., *Koncepcja użyteczności R.Kulikowskiego w zastosowaniu komputerowego wspomaganie decyzji edukacyjnych*, E. Urbanczyk, A. Straszak

- i J.W. Owsinski, Editors. 2006, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT: Warszawa. p. 69-80.
- [55] Kruś, L.S., *Problemy konstrukcji systemów komputerowych wspomagania decyzji*, R. Kulikowski, Z. Bubnicki i J. Kacprzyk, Editors. 2006, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT: Warszawa. p. 97-156.
- [56] Kulikowski, R., *Metodologia użyteczności trwałego rozwoju oraz jego zastosowania*, R. Kulikowski, Z. Bubnicki i J. Kacprzyk, Editors. 2006, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT: Warszawa. p. 13-95.
- [57] Kushtina, E., *Koncepcja otwartego systemu informacyjnego. Struktury i modele funkcjonowania*. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej, Wydział Informatyki. 2006, Szczecin, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej. 163.
- [58] Kushtina, E., P. Rozewski, O. Zaikin i R. Tadeusiewicz. *Competency framework in Open and Distance Learning*. 2006. Tartu, Estonia.
- [59] Kushtina, E., O. Zaikin, P. Rozewski i R. Tadeusiewicz. *Conceptual model of theoretical knowledge representation for distance learning*. 2003. Amsterdam, The Netherlands.
- [60] Kusztina, E., P. Różewski, M. Ciszczyk i K. Sikora, *Struktura ontologii jako narzędzie opisu wiedzy dziedzinowej*. *Metody informatyki stosowanej*, 2007. **12**(2): p. 73-88.
- [61] Kusztina, E., K. Sikora i M. Ciszczyk, *Information system of didactic materials development*, w: *Problemy sterowania bezpieczeństwem systemów złożonych* 2007, Moskwa, Rosja. p. 310-313.
- [62] Kwiatkowski, S.M. i I. Woźniak, *Krajowe standardy kwalifikacji zawodowych, projektowanie i stosowanie*. Projekt Phare 2000 Cz. II. 2003, Warszawa, Krajowy System Szkolenia Zawodowego.  
Ministerstwo Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej.
- [63] Kwiatkowski, S.M. i I. Woźniak, *Krajowe standardy kwalifikacji zawodowych, kontekst europejski*. Projekt Phare 2000 Cz. II. 2004, Warszawa, Krajowy System Szkolenia Zawodowego.  
Ministerstwo Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej
- [64] Lang, A., *Digital Trade of Human Competencies*, w: *Proceedings of the Thirty-second Annual Hawaii International Conference on System Sciences-Volume 5 - Volume 5* 1999, IEEE Computer Society. p. 5008.
- [65] Li, J.-M., C.-I. Chiang i P.-L. Yu, *Optimal multiple stage expansion of competence set*. *European Journal of Operational Research*, 2000. **120**(3): p. 511-524. Dostępne z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VCT-3Y9HH0Y-3/2/a363e24c1385ab375bdc5512f6eaa143>.

- [66] Lockwood, F., *Open and distance learning today*. 1995, Routledge.
- [67] *LTSO Contents - IEEE SRCM - Overview*. Dostępne z: <http://www.cen-ltso.net/main.aspx?put=1054>.
- [68] Małachowski, B., *Zintegrowany model podejmowania decyzji o doborze kompetentnych partnerów do projektu badawczego*, 2008, Politechnika Szczecińska, Szczecin, Publisher, Place Published.
- [69] Marques, J., M. Zacarias i J. Tribolet, *A Bottom-Up Competency Modeling Approach*, A. Albani i J.L.G. Dietz, Editors. 2010, Springer Berlin Heidelberg. p. 50-64. Dostępne z: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-13048-9\\_4](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-13048-9_4).
- [70] McClelland, D.C., *Testing for Competence Rather than for "Intelligence"*. *American Psychologist*, 1973. **28**(1): p. 1-14.
- [71] *MCP: A Career & Education Planning System*. Dostępne z: <http://www.careerdimension.com/>.
- [72] Metamatrix Development & Consulting AB, *EMIL – Education Information Markup Language, A metadata model for education information*, 2005. Dostępne z: [http://www.elframework.org/projects/xcri/EMIL\\_PM%20v.1.0.pdf/view](http://www.elframework.org/projects/xcri/EMIL_PM%20v.1.0.pdf/view).
- [73] Ministerstwo Nauki i Szkolnictwo Wyższego, *Standardy kształcenia dla kierunku studiów: 45 - Informatyka*, 2007. Dostępne z: <http://www.bip.nauka.gov.pl>.
- [74] Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej - Departament Rynku Pracy. *Doradca 2000*. 2006; Dostępne z: <https://doradca.praca.gov.pl>.
- [75] Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. *Krajowy System Szkolenia Zawodowego*. Dostępne z: <http://www.standardyiskolenia.praca.gov.pl/>.
- [76] Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej, *Krajowy Standard Kwalifikacji Zawodowych: Programista (213201)*, 2007, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB.
- [77] Mirabile, R.J., *Everything You Wanted to Know about Competency Modeling*. *Training and Development*, 1997. **51**(8): p. 73-77.
- [78] Moffatt, M.P., *Education and Competence*. *Journal of Educational Sociology*, 1961. **35**(4): p. 189-192
- [79] Mudel, M., *Wynagrodzenia na stanowiskach IT w 2009 roku*, 2010. Dostępne z: <http://gazetapraca.pl/>.
- [80] Muroyama, H., *Development of a Computer-assisted Career Guidance System*. *Japan Labor Review*, 2004. **1**(1): p. 68-76.



- [81] Nash, J.F., *The Bargaining Problem*. *Econometrica*, 1950. **28**: p. 155-162.
- [82] *National Academic Recognition Information Centres (NARICs)*. 2008; Dostępne z: <http://www.enic-naric.net/>.
- [83] Ostyn, C., *Competency Data for Training Automation, White Paper – Draft 0.2*, 2005, Ostyn Consulting.
- [84] Ostyn, C., *Service Oriented Architecture for Competency-based Lifelong Learning and Personal Development*, 2006, Ostyn Consulting. Dostępne z: <http://www.ostyn.com/rescompetency.htm>.
- [85] Paquette, G., *An Ontology and a Software Framework for Competency Modeling and Management*. *Journal of Educational Technology and Society*, 2007. **10**(3): p. 1-21.
- [86] Piotrowski, Z., *Algorytm doboru metod wielokryterialnych w środowisku niedoprecyzowania informacji preferencyjnej*, 2009, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin, Publisher, Place Published.
- [87] Power, D.J., *Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers*. *Studies in Informatics and Control*, 2002. **11**(4): p. 349-350.
- [88] Progra. *Indywidualny Planer Kariery*. Dostępne z: <http://www.progra.pl/ipk.html>.
- [89] *Qualifications: what the different levels mean : Directgov - Education and learning*. Dostępne z: [http://www.direct.gov.uk/en/EducationAndLearning/QualificationsExplained/DG\\_10039017](http://www.direct.gov.uk/en/EducationAndLearning/QualificationsExplained/DG_10039017).
- [90] Reichert, S. i C. Tauch, *Trends III: Progress towards the European Higher Education Area*, 2003, EUA.
- [91] Reichert, S. i C. Tauch, *Trends IV: European Universities Implementing Bologna*, 2005, EUA.
- [92] Riel, A.C.R.v., H. Ouwersloot i J. Lemmink, *Antecedents Of Effective Decision-Making: A Cognitive Approach*. *The IUP Journal of Managerial Economics*, 2006. **0**(4): p. 7-28.
- [93] Różewski, P., E. Kusztiņa, M. Ciszczyk i K. Sikora, *Competence theory as a tool for integrating information systems in education*. *Polish Journal of Environment Studies*, 2008. **17**(3B): p. 391 – 395.
- [94] Różewski, P., E. Kusztiņa i K. Sikora, *Formalny model porównania kompetencji gwarantowanych i wymaganych*, w: *Badania operacyjne i systemowe: decyzje, gospodarka, kapitał ludzki i jakość* 2008: Warszawa. p. 433-440.

- [95] Różewski, P. i B. Małachowski, *Competence Management in Knowledge-Based Organisation: Case Study Based on Higher Education Organisation*, D. Karagiannis i Z. Jin, Editors. 2009, Springer Berlin / Heidelberg. p. 358-369. Dostępne z: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-10488-6\\_35](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-10488-6_35).
- [96] Różewski, P. i B. Małachowski, *System for Creative Distance Learning Environment Development Based on Competence Management*, R. Setchi i in., Editors. 2010, Springer Berlin / Heidelberg. p. 180-189. Dostępne z: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-15384-6\\_20](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-15384-6_20).
- [97] Różewski, P. i K. Sikora, *The concept of a Student Support System: education path management*, w: *Problemy regionalnego i miejskiego zarządzania* 2006, Moskwa, Rosja. p. 356-358.
- [98] Różewski, P., K. Sikora i O. Zaikin, *Building ranking of education offers for needs of student decision support system*, . Polish Journal of Environment Studies, 2007. **16**(4A): p. 291-294.
- [99] rynekpracy.pl, *Szkolnictwo wyższe a wyzwania rynku pracy*, 2008. Dostępne z: [http://www.rynekpracy.pl/raporty\\_1.php/kategoria.5/wpis.13](http://www.rynekpracy.pl/raporty_1.php/kategoria.5/wpis.13).
- [100] S.A.P. Polska. *SAP dla szkolnictwa wyższego i badań naukowych (SAP for Higher Education & Research)*. Dostępne z: <http://www.sap.com/poland/industries/highered/index.epx>.
- [101] Sampson, D. i D. Fytros, *Competence Models in Technology-Enhanced Competence-Based Learning*, H.H. Adelsberger i in., Editors. 2008, Springer Berlin Heidelberg. p. 155-177. Dostępne z: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-74155-8\\_9](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-74155-8_9).
- [102] SAP A. G., *SAP® CAMPUS MANAGEMENT (Zarządzanie uczelniami wyższymi)*, 2004, SAP.
- [103] Savage, L.J., *The Foundations of Statistics*. 1954, Nowy Jork, Wiley.
- [104] Schmidt, A., *The Babel of Competence, Competencies, Potential, ...*, 2008. Dostępne z: <http://andreas.schmidt.name/blog/>.
- [105] Schmidt, A. i C. Kunzmann, *Towards a Human Resource Development Ontology for Combining Competence Management and Technology-Enhanced Workplace Learning*, R. Meersman, Z. Tari i P. Herrero, Editors. 2006, Springer Berlin / Heidelberg. p. 1078-1087. Dostępne z: [http://dx.doi.org/10.1007/11915072\\_10](http://dx.doi.org/10.1007/11915072_10).
- [106] Shippmann, J.S., R.A. Ash, M. Batjtsta, L. Carr, L.D. Eyde, B. Hesketh, J. Kehoe, K. Pearlman, E.P. Prien i J.I. Sanchez, *The practice of competency modeling*. Personnel Psychology, 2000. **53**(3): p. 703-740. Dostępne z: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-6570.2000.tb00220.x>.



- [107] Sienkiewicz, Ł. i M. Gruza, *Badanie kwalifikacji i kompetencji oczekiwanych przez pracodawców od absolwentów kształcenia zawodowego*, 2009, GHK Consulting Ltd., Warszawa.
- [108] *SIGI 3 - Education and Career Planning Software for the Web*. Dostępne z: <http://www.sigi3.org/>.
- [109] Sikora, K., *Ontology merging problem conceptualization*, w: *Problemy Zarządzania Bezpieczeństwem Systemów Złożonych* 2005, Moskwa, Rosja. p. 471-473.
- [110] Sikora, K., M. Ciszczyk, P. Różewski i E. Kuszina, *Zapewnienie standardów kompetencji w procesie nauczania w warunkach ODL*, w: *Uniwersytet Wirtualny 2010* 2011 (w oczekiwaniu na druk), Warszawa.
- [111] Sikora, K. i P. Korytkowski., *Mapowanie pojęć jako metoda łączenie sieci semantycznych*, w: *Metody informatyki stosowanej w zarządzaniu*, 2005: Szczecin. p. 277-286.
- [112] Sikora, K., E. Kuszina i P. Różewski, *Obtaining and processing information for the Student Decision Support System*, w: *Problemy sterowania bezpieczeństwem systemów złożonych* 2007, Moskwa, Rosja p. 215-219.
- [113] Sikora, K. i O. Zaikin, *The concept of a student support system based on intelligent agents technology* w: *Problemy sterowania bezpieczeństwem systemów złożonych* 2006, Moskwa, Rosja. p. 91-94.
- [114] Sikora, K. i O. Zaikin, *ELECTRE methods as a mean of aiding the education path choice decision*, w: *Problemy regionalnego i miejskiego zarządzania* 2007, Moskwa, Rosja. p. 27-29.
- [115] Sikora, K., O. Zaikin i P. Różewski, *Koncepcja systemu wspomagania studenta w doborze ścieżki nauczania opartego na technologii inteligentnych agentów*, w: *Metody informatyki stosowanej* 2006: Szczecin. p. 215-223.
- [116] Silver, M., *Systems that support decision makers: description and analysis*. 1991, Nowy Jork, Wiley.
- [117] Spencer, S.M. i L.M. Spencer, *Competence at Work: Models for Superior Performance*. 1993, Wiley.
- [118] Stoof, A., *Tools for the identification and description of competencies*, 2005, Open University of the Netherlands, Publisher, Place Published.
- [119] *Technology Research & Business Leader Insight*. [cited 2011; Dostępne z: <http://www.gartner.com>].
- [120] *TEN Competence, Building The European Network for Lifelong Competence Development*. 2008; Dostępne z: <http://www.tencompetence.org/>.

- [121] Trotter, A. i L. Ellison, *Understanding competence and competency*, w: *School Leadership for the 21st Century: A competency and knowledge approach*, B. Davies i L. Ellison, Editors. 2001, Routledge. p. 36-53.
- [122] *Tuning Education Structures in Europe*. 2008; Dostępne z: <http://tuning.unideusto.org/tuningeu/>.
- [123] Vervenne, L., J. Najjar i C. Ostin, *Competency data management (CDM), a proposed reference model*, 2008, Synergetics, ICOPER. Dostępne z: <http://www.semic.eu/semic/>.
- [124] Wang, H.-F. i C.H. Wang, *Modelling of Optimal Expansion of a Fuzzy Competence Set*. International Transactions in Operational Research, 1998. **5**(5): p. 413-424.
- [125] Westerheijden, D.F., E. Beerkens, L. Cremonini, J. Huisman, B. Kehm, A. Kovac, P. Lazetic, A. Mccoshan, N. Mozuraityte, M.S. Otero, E.D. Weert, J. Witte i Y. Yagci, *The Bologna Process Independent Assessment, The first decade of working on the European Higher Education Area, Executive summary, overview and conclusions*, 2010. Dostępne z: [http://ec.europa.eu/education/higher-education/doc1290\\_en.htm](http://ec.europa.eu/education/higher-education/doc1290_en.htm).
- [126] *XCRI: eXchanging Course-Related Information*. Dostępne z: <http://www.xcri.org/>.
- [127] Yu, P.L., *Habitual Domains*. Operations research, 1991. **39**(6): p. 869-876. Dostępne z: <http://or.journal.informs.org/cgi/content/abstract/39/6/869>.
- [128] Yu, P.L. i D. Zhang, *A foundation for competence set analysis*. Mathematical Social Sciences, 1990. **20**: p. 251-299.
- [129] Zunker, V., *Career Counseling: Applied Concepts of Life Planning*. 2001, {Wadsworth Publishing}. Dostępne z: <http://www.amazon.ca/exec/obidos/redirect?tag=citeulike09-20&path=ASIN/0534367232>.

## Spis rysunków

Rys.1.1. Dynamika rynku pracy i rynku edukacyjnego – zapotrzebowania i dostępu do kompetencji.....	10
Rys.1.2. Ontologia systematyzująca pojęcia dotyczące kompetencji (oryginał).....	15
Rys.1.3. Ontologia kompetencji językowej (oryginał).....	25
Rys.3.1. Struktura rynku kompetencji .....	43
Rys.3.2. Obszar działania systemu OUKZ.....	45
Rys.3.3. Miejsca interakcji systemu OUKZ z organizacją edukacyjną, zgodnie z cyklem jej życia .....	46
Rys.3.4. Zawartość opisu oferty edukacyjnej w CDM.....	55
Rys.3.5. Model wzajemnych powiązań w ramach MLO.....	57
Rys.4.1. Ogólny algorytm funkcjonowania systemu do oceny użyteczności zdobywanych kompetencji zawodowych .....	61
Rys.4.2. Struktura modelu systemu OUKZ.....	63
Rys.4.3. Analiza predyspozycji użytkownika systemu OUKZ.....	66
Rys.4.4. Struktura sieci semantycznej obiektów uwzględnianych w procesie decyzyjnym.....	76
Rys.4.5. Diagram klas podstawowych występujących w bazie obiektowej.....	86
Rys.4.6. Graficzne przedstawienie wyniku analizy zgodności kompetencji z zaznaczeniem przedziałów ocen wg użytkownika .....	95
Rys.4.7. Personalizacja oceny ofert edukacyjnych pod względem preferencji indywidualnych użytkownika .....	98
Rys.4.8. Kształtowanie się wartości kryterium „atrakcyjność lokalizacji” – podejście lingwistyczne .....	99
Rys.4.9. Kształtowanie się wartości kryterium „atrakcyjność lokalizacji” – podejście AHP .....	100
Rys.5.1. Fragment ontologii kompetencji dla zawodu „programista” .....	103
Rys.5.2. Wynagrodzenie w roku 2009 zależnie od znanego języka programowania... ..	105
Rys.5.3. Zatrudnienie w zależności od znajomości języka programowania .....	105
Rys.5.4. Trendy w przyroście zatrudnienia zależnie od znanego języka programowania .....	106
Rys.5.5. Wynik oceny odchylenia oferty edukacyjnej od wymagań związanych z zawodem .....	110
Rys.A.1 Funkcja cechy „aktualność oferowanych kompetencji” – $x_1$ .....	133

Rys.A.2. Funkcja cechy „pozycja uczelni w rankingach” – $x_2$ .....	134
Rys.A.3. Funkcja cechy „koszty stałe studiowania” – $x_2$ .....	135
Rys.A.4. Funkcja cechy „odległość od miejsca zamieszkania” – $x_4$ .....	136
Rys.A.5. Funkcja cechy „liczba mieszkańców miasta” – $x_5$ .....	137
Rys.A.6. Niezdekomponowana baza wiedzy.....	138
Rys.A.7. Zdekomponowana baza wiedzy.....	138
Rys.A.8. Funkcja cechy „jakość kształcenia” – $x_{12}$ .....	139
Rys.A.9. Funkcja cechy „atrakcyjność lokalizacji” – $x_{45}$ .....	140
Rys.A.10. Funkcja cechy „zgodność z preferencjami osobistymi” – $x_{345}$ .....	141
Rys.A.11. Funkcja cechy „ocena oferty edukacyjnej” – $x_{12345}$ .....	141
Rys.A.12. Zestawienie wartości kwantyfikatorów lingwistycznych opisujących jakość kształcenia z wartościami indeksującymi.....	143
Rys.A.13. Zestawienie wartości kwantyfikatorów lingwistycznych opisujących atrakcyjność lokalizacji z wartościami indeksującymi.....	144
Rys.A.14. Zestawienie wartości kwantyfikatorów lingwistycznych opisujących zaspokojenie preferencji osobistych z wartościami indeksującymi.....	146
Rys.A.15. Zestawienie wartości kwantyfikatorów lingwistycznych opisujących ocenę oferty edukacyjnej z wartościami indeksującymi.....	148
Rys.A.16. Kształtowanie się wartości kryterium „jakość kształcenia” w zależności od aktualności kompetencji i pozycji w rankingu – podejście lingwistyczne.....	150
Rys.A.17. Kształtowanie się wartości kryterium „jakość kształcenia” w zależności od aktualności kompetencji i pozycji w rankingu – podejście AHP.....	151
Rys.A.18. Kształtowanie się wartości kryterium „atrakcyjność lokalizacji” – podejście lingwistyczne.....	153
Rys.A.19. Kształtowanie się wartości kryterium „atrakcyjność lokalizacji” – podejście AHP.....	153

## Spis tabel

Tabela 1.1. Zmiana zawartości specjalności.....	11
Tabela 1.2. Wymiary kompetencji.....	14
Tabela 2.1. Podsumowanie przedstawionych systemów służących doradztwu akademickiemu i zawodowemu.....	37
Tabela 3.1 Uczestnicy rynku kompetencji.....	44
Tabela 3.2. Postać opisu kompetencji uczestników rynku kompetencji.....	60
Tabela 4.1. Klasy podstawowe występujące w bazie obiektowej .....	87
Tabela 4.2. Klasy asocjacyjne i relacje między klasami podstawowymi występujące w bazie obiektowej (opracowanie własne) .....	89
Tabela 4.3. Struktura popularnych światowych rankingów uczelni.....	96
Tabela 4.4. Możliwa postać tabeli rankingowej z ostatecznymi wynikami pracy systemu .....	101
Tabela 5.1. Kompetencje w ofertach edukacyjnych odpowiadających specjalności „programowanie”.....	108
Tabela 5.2. Udział technologii w kompetencji $k = 2$ dla poszczególnych ofert edukacyjnych .....	109
Tabela 5.3. Wyniki oceny zgodności kompetencji wymaganych z gwarantowanymi w ramach rozpatrywanych ofert edukacyjnych .....	110
Tabela 5.4. Pozycja uczelni w rankingach.....	111
Tabela 5.5. Ranking ofert edukacyjnych z punktu widzenia wybranych kryteriów oceny .....	113
Tabela A.1. Ranking kombinacji wartości parametrów „aktualność kompetencji” oraz „pozycja w rankingach” z użyciem wartości indeksujących.....	142
Tabela A.2. Ranking kombinacji wartości parametrów „aktualność kompetencji” oraz „pozycja w rankingach” z użyciem odpowiednich wartości lingwistycznych.....	143
Tabela A.3. Ranking kombinacji wartości parametrów „odległość od miejsca zamieszkania” oraz „liczba ludności” z użyciem wartości indeksujących.....	144
Tabela A.4. Ranking kombinacji wartości parametrów „odległość od miejsca zamieszkania” oraz „liczba ludności” z użyciem odpowiednich wartości lingwistycznych.....	145
Tabela A.5. Ranking kombinacji wartości parametrów „koszty studiowania” oraz „atrakcyjność lokalizacji” z użyciem wartości indeksujących.....	146

Tabela A.6. Ranking kombinacji wartości parametrów „koszty studiowania” oraz „atrakcyjność lokalizacji” z użyciem odpowiednich wartości lingwistycznych. ....	146
Tabela A.7. Ranking kombinacji wartości parametrów „jakość kształcenia” oraz „zaspokojenie preferencji osobistych” z użyciem wartości indeksujących. ....	147
Tabela A.8. Ranking kombinacji wartości parametrów „jakość kształcenia” oraz „zaspokojenie preferencji osobistych” z użyciem odpowiednich wartości lingwistycznych. ....	148
Tabela A.9. Ranking kombinacji wartości parametrów „aktualność kompetencji” oraz „pozycja w rankingach” z użyciem wartości liczbowych. ....	149
Tabela A.10. Macierz i wektor wag dla kryteriów „aktualność kompetencji” oraz „pozycja w rankingach” .....	150
Tabela A.11. Średnie wartości liczbowe kryterium „jakość kształcenia” otrzymane na podstawie kryteriów składowych zgodnie z wektorem wag AHP. ....	151
Tabela A.12. Ranking kombinacji wartości parametrów „odległość od miejsca zamieszkania” oraz „liczba ludności” z użyciem wartości liczbowych. ....	152
Tabela A.13. Macierz i wektor wag dla kryteriów „odległość od miejsca zamieszkania” oraz „liczba ludności”. ....	152
Tabela A.14. Średnie wartości liczbowe kryterium „atrakcyjność lokalizacji”. ....	152

## A. Przykład opracowywania lingwistycznej bazy wiedzy służącej personalizacji oceny ofert edukacyjnych

Rozważając podjęcie nauki na poziomie uniwersyteckim kandydat na studia musi dokonać wyboru oferty edukacyjnej. Załóżmy, że bierze on pod uwagę następujące kryteria oceniania:

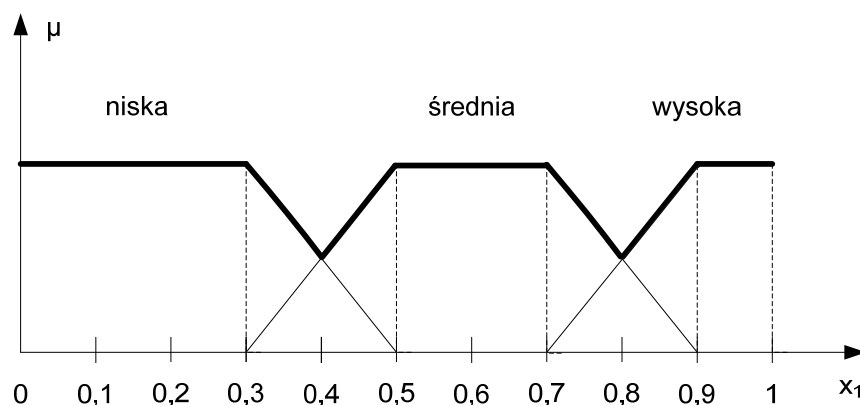
- $x_1$  – aktualność oferowanych kompetencji,
- $x_2$  – pozycja uczelni w rankingach światowych,
- $x_3$  – łączne koszty stałe studiowania (czesne, ubezpieczenie itp.),
- $x_4$  – odległość od miejsca zamieszkania,
- $x_5$  – liczba mieszkańców miasta, w którym znajduje się uczelnia.

### I. Charakterystyka parametrów podstawowych

#### *Aktualność oferowanych kompetencji – $x_1$*

Aktualność oferowanych kompetencji rozumiana jest jako stopień zgodności kompetencji zapewnianych przez uczelnię w ramach oferty studiów na konkretnym kierunku kształcenia z przewidywanymi wymaganiami rynku pracy odnośnie kompetencji zawodowych. Ocena stopnia zgodności następuje poprzez zastosowanie metody opracowanej w ramach pracy doktorskiej.

Znormalizowany wynik przeprowadzonych działań mieści się w skali  $\langle 0;1 \rangle$ , gdzie 1 oznacza maksymalną zgodność z wymaganiami (przypadek ekstremalnie rzadki).



Rys.A.1 Funkcja cechy „aktualność oferowanych kompetencji” –  $x_1$

Źródło: opracowanie własne

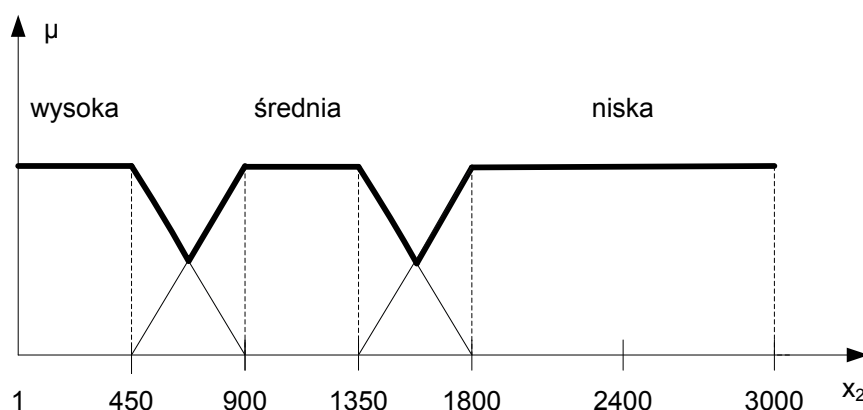
Użytkownik ocenia aktualność oferowanych kompetencji wykorzystując następujące kwantyfikatory lingwistyczne: niska – N, średnia – S, wysoka – W. Przykładową funkcję cechy tych kwantyfikatorów przedstawiono na rys.A.1.

Powyższą funkcję należy interpretować w następujący sposób: jeżeli stopień zgodności kompetencji o 20% przekracza wartość średnią, czyli wynosi przynajmniej 0,9, to uznawany jest z prawdopodobieństwem 100% za wysoki, z kolei jeżeli jest o 20% niższy od wartości średniej, a więc wynosi co najwyżej 0,3, to istnieje 100% prawdopodobieństwo, że należy uznać go za niski.

Każdy użytkownik ma możliwość samodzielnego określenia granic poszczególnych ocen w ramach skali liczbowej. Może się do tego posłużyć graficznym przedstawieniem wyników obliczania stopnia zgodności dla wszystkich ofert, dzięki czemu będzie mógł też wziąć pod uwagę ilościowe rozłożenie ofert między poszczególnymi stopniami. Jest to korzystne rozwiązanie w wypadku, gdy niewiele ofert uzyskało wysokie oceny, lub wręcz przeciwnie, gdy wiele ofert znajduje się na tym samym poziomie względem oferowanych kompetencji – użytkownik może odpowiednio dostosować preferowaną przez siebie skalę oceniania.

### ***Pozycja uczelni w rankingach światowych – $x_2$***

Pozycja uczelni w rankingach światowych zależy od określonych wcześniej przez użytkownika zasad ustalania pozycji uśrednionej, czyli od tego które rankingi będą brane pod uwagę, w jakiej kolejności i z jakim wpływem na łączną ocenę pozycji.



**Rys.A.2.** Funkcja cechy „pozycja uczelni w rankingach” –  $x_2$

Źródło: opracowanie własne

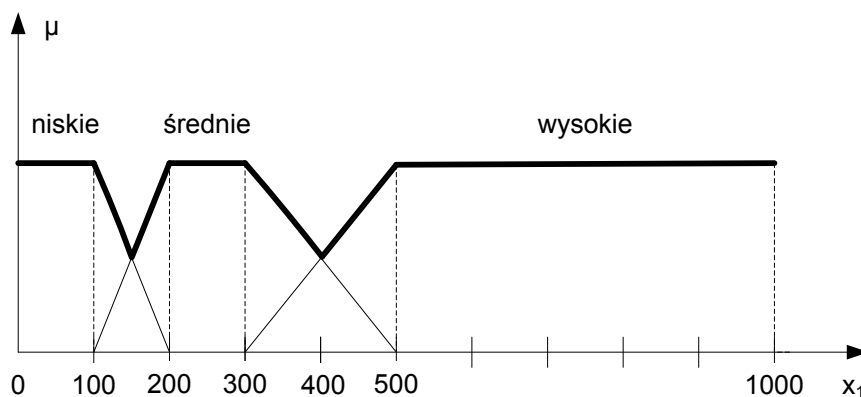


Przeciętna liczba ocenionych uczelni w rankingach poziomu światowego to około 3000, zatem na potrzeby przykładu przyjęto, że zakres oceniania pozycji rankingowej obejmuje wartości  $\langle 1; 3000 \rangle$ . Także w tym przypadku posłużymy się kwantyfikatorami lingwistycznymi postaci: niska – N, średnia – S, wysoka – W. Przykładową funkcję cechy odnoszącą się do tych kwantyfikatorów przedstawiono na rys.A.2.

### ***Łączne koszty stałe studiowania – $x_3$***

Studiowanie na dowolnej uczelni wiąże się z ponoszeniem kosztów takich jak opłata za studia (tzw. czesne), opłata za ubezpieczenie, za powtarzanie przedmiotu itp. Część z tych kosztów – w tym przypadku dwa pierwsze – można uznać za koszty stałe, obowiązujące wszystkich studentów w rozliczeniu rocznym, semestralnym lub miesięcznym. Dla celu niniejszych rozważań zakładamy sprowadzenie wszelkich kosztów do rozliczenia miesięcznego. Naturalnym jest, że najniższe możliwe koszty, to koszty zerowe, jednak nawet na uczelniach nie wymagających czesnego konieczne jest poniesienie różnych kosztów administracyjnych, jak opłata za ubezpieczenie czy za wydanie legitymacji. Z kolei maksymalne koszty miesięczne zależą od uczelni, kraju, kierunku studiów. Możemy zatem przyjąć, że wartość kosztów miesięcznych będzie mieć ograniczenie dolne, natomiast nie będzie mieć ograniczenia górnego. Zatem koszty określać będziemy na przedziale  $(0; \infty)$ . W przypadku kontynuacji przez rząd i uwzględnienia w rozważaniach kierunków zamawianych należałoby rozważyć możliwość zaistnienia kosztów ujemnych, na potrzeby obecnego przykładu sytuacja ta nie będzie jednak rozpatrywana.

Do oceny kosztów posłużą następujące kwantyfikatory lingwistyczne: niskie – N, średnie – S, wysokie – W. Rys.A.3 przedstawia funkcję tych kwantyfikatorów.



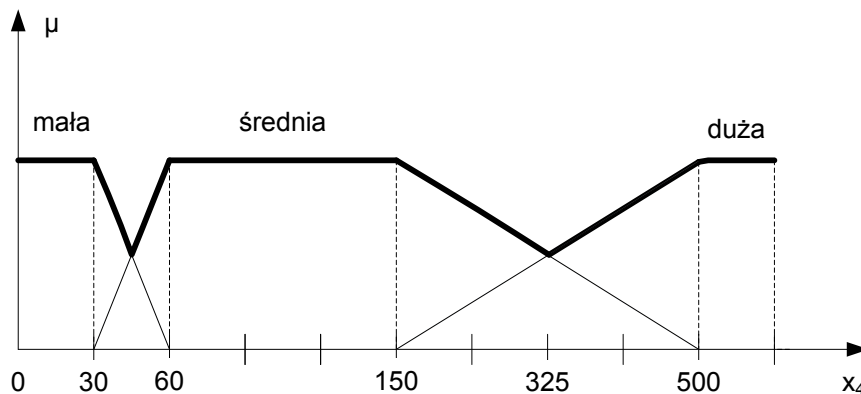
**Rys.A.3.** Funkcja cechy „koszty stałe studiowania” –  $x_2$

Źródło: opracowanie własne

### ***Odległość od miejsca zamieszkania – $x_4$***

Jednym z elementów istotnych przy wyborze miejsca kształcenia jest również odległość od miejsca zamieszkania. Ma ona niewątpliwie duży wpływ na koszty związane z podjęciem nauki, jeżeli wymaga zamieszkania poza domem rodzinnym. Z drugiej strony może jednak dla niektórych stanowić dużą zaletę, jeżeli chcą oni zmienić środowisko, w którym mieszkają lub poznać nowe otoczenie. Skala oceny odległości mieści się w zakresie (0;20 000), gdzie górny zakres to przybliżenie uczelni na odległym kontynencie.

Do oceny odległości posłużymy się kwantyfikatorami lingwistycznymi: mała – M, średnia – S, duża – D. Funkcja cechy została przedstawiona na rysunku A.4.



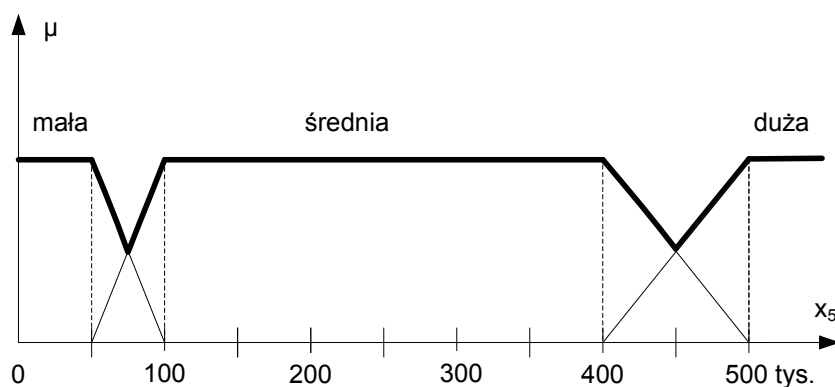
Rys.A.4. Funkcja cechy „odległość od miejsca zamieszkania” –  $x_4$

Źródło: opracowanie własne

### ***Liczba mieszkańców miasta, w którym znajduje się uczelnia – $x_5$***

Dla wielu osób niewątpliwie znaczenie ma także lokalizacja uczelni, z którą wiąże się wiele aspektów dotyczących życia osobistego studentów. Podobnie jak w przypadku odległości od miejsca zamieszkania, tak i tu mogą pojawić się zupełnie sprzeczne podejścia do znaczenia tego jaka wielkość jest odpowiednia – niektórzy wolą małe, swojskie miasteczka, podczas gdy inni potrzebują wielu możliwości rozrywki, będą więc preferować duże metropolie. Z tego właśnie powodu liczba mieszkańców stanowi jedno z kryteriów oceny oferty edukacyjnej. Ocenia się ją w tysiącach osób, przyjmując skalę, podobnie jak w poprzednich dwóch przypadkach: (0;  $\infty$ ).

Kwantyfikatory lingwistyczne służące ocenie liczby mieszkańców to: mała – M, średnia – S, duża – D. Rysunek A.5 przedstawia funkcję cechy.



Rys.A.5. Funkcja cechy „liczba mieszkańców miasta” –  $x_5$

Źródło: opracowanie własne

## II. Ustalenie rankingu cech

Użytkownik systemu może określić jawnie ranking cech wykorzystywanych do oceny oferty edukacyjnej, choć kolejność tę można także określić automatycznie na podstawie późniejszych decyzji użytkownika.

Na potrzeby niniejszego przykładu ustalony został następujący ranking, w kolejności od najważniejszej do najmniej ważnej cechy:

1.  $x_1$  – aktualność oferowanych kompetencji,
2.  $x_2$  – pozycja uczelni w rankingach światowych,
3.  $x_3$  – łączne koszty stałe studiowania,
4.  $x_4$  – odległość od miejsca zamieszkania,
5.  $x_5$  – liczba mieszkańców miasta, w którym znajduje się uczelnia.

## III. Dekompozycja ogólnej bazy wiedzy

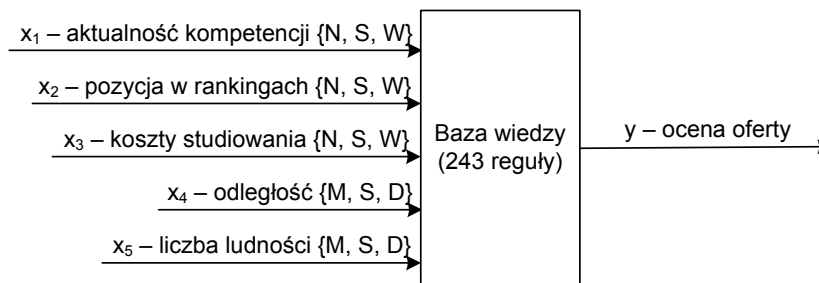
Każda cecha oceniana jest przy użyciu trzech kwantyfikatorów lingwistycznych. Utworzenie bazy wiedzy bezpośrednio obejmującej wszystkie te cechy wymagałoby przygotowania 243 reguł. O ile liczba ta nie jest wartością przekraczającą możliwości oprogramowania komputerowego, o tyle dla człowieka utworzenie pięciowymiarowej tabeli określającej zależności poszczególnych cech między sobą jest zadaniem praktycznie niewykonalnym, a z pewnością perspektywa takiego działania nie zachęca użytkownika do korzystania z systemu, który by tego wymagał. W związku z tym niezbędne jest dokonanie dekompozycji całościowej bazy wiedzy.

Dekompozycja wymaga wprowadzenia agregacji poszczególnych parametrów w kilku etapach, zamiast w jednym, jak ma to miejsce w bazie niezdekomponowanej.

Oznacza to konieczność wprowadzenia odpowiednich parametrów zagregowanych. Parametrami tymi będą odpowiednio:

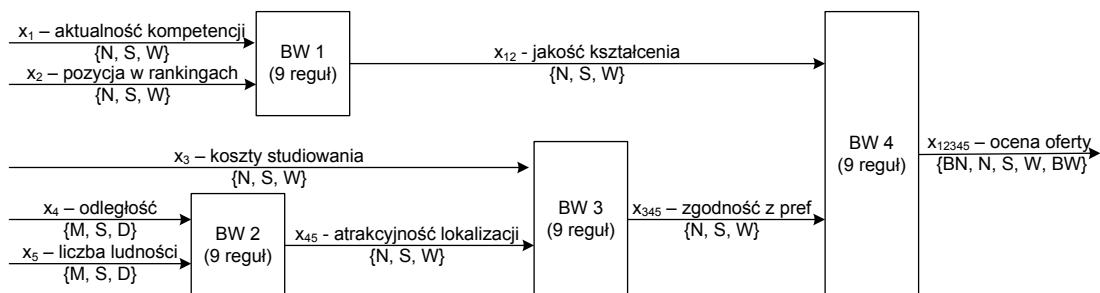
1.  $x_{12}$  – jakość kształcenia, łącząca w sobie  $x_1$ , czyli aktualność kompetencji, oraz  $x_2$ , czyli pozycję w rankingach; oceniana z wykorzystaniem kwantyfikatorów lingwistycznych: niska – N, średnia – S, wysoka – W.
2.  $x_{45}$  – atrakcyjność lokalizacji, łącząca  $x_4$ , czyli odległość od miejsca zamieszkania z  $x_5$ , czyli liczbą ludności zamieszkującej miasto, w którym uczelnia się znajduje; oceniana z wykorzystaniem kwantyfikatorów lingwistycznych: niska – N, średnia – S, wysoka – W.
3.  $x_{345}$  – zgodność z preferencjami osobistymi, uzupełniająca atrakcyjność lokalizacji ( $x_{45}$ ) o koszty studiowania ( $x_3$ ); oceniane z wykorzystaniem kwantyfikatorów lingwistycznych: niskie – N, średnie – S, wysokie – W.
4.  $x_{12345}$  – ocena oferty edukacyjnej, parametr wynikowy ( $y$ ), oceniany z wykorzystaniem kwantyfikatorów lingwistycznych: bardzo niska – BN, niska – N, średnia – S, wysoka – W, bardzo wysoka – BW.

Zastosowanie tak przedstawionych parametrów zagregowanych pozwoli na doprowadzenie bazy z postaci przedstawionej na rysunku A.6 do postaci przedstawionej na rysunku A.7.



**Rys.A.6.** Niezdekomponowana baza wiedzy

Źródło: opracowanie własne



**Rys.A.7.** Zdekomponowana baza wiedzy

Źródło: opracowanie własne

## IV. Charakterystyka parametrów zagregowanych

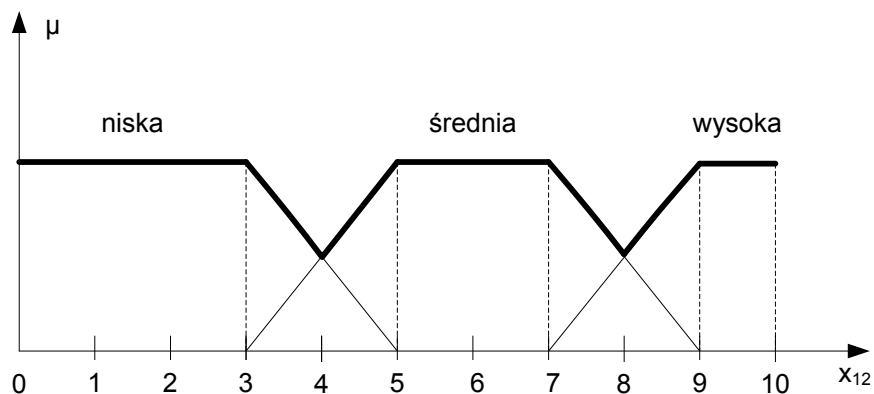
### *Jakość kształcenia – $x_{12}$*

Jakość kształcenia rozumiana jest jako połączenie oceny zgodności kompetencji oferowanych w ramach wybranego kierunku studiów z zewnętrzną oceną uczelni jako całości zawartą w różnych rankingach poziomu światowego. Pozwala ona zatem na łączną ocenę treści oferty edukacyjnej oraz światowej opinii o instytucji kształcącej. Ocena wzrasta wraz ze wzrostem stopnia zgodności kompetencji, maleje zaś wraz ze wzrostem pozycji w rankingu.

Parametry składowe i opisujące je kwantyfikatory lingwistyczne:

- $x_1$  – aktualność kompetencji: niska – N, średnia – S, wysoka – W,
- $x_2$  – pozycja w rankingach: niska – N, średnia – S, wysoka – W.

Jakość kształcenia możemy oceniać przykładowo w skali od 1-10, gdzie 10 jest oceną najwyższą. Do oceny zastosowane zostaną kwantyfikatory lingwistyczne: niska – N, średnia – S, wysoka – W. Funkcja cechy opisująca te kwantyfikatory przedstawiona została na rysunku A.8.



Rys.A.8. Funkcja cechy „jakość kształcenia” –  $x_{12}$

Źródło: opracowanie własne

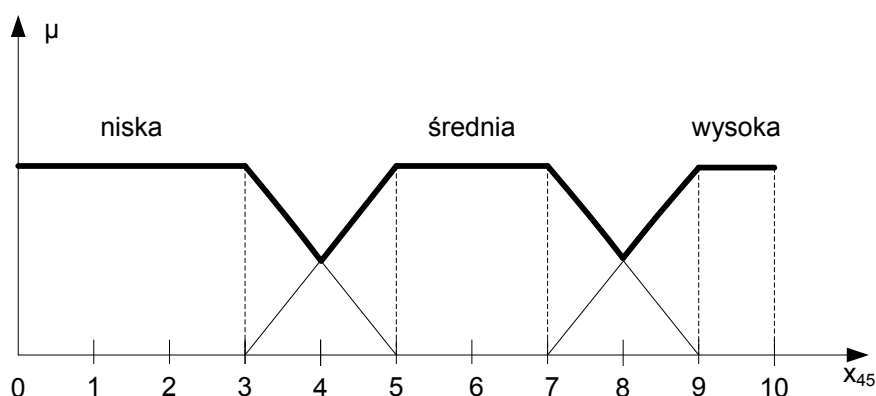
### *Atrakcyjność lokalizacji – $x_{45}$*

Atrakcyjność lokalizacji oceniana jest na podstawie odległości od miejsca zamieszkania i wielkości miasta będącego siedzibą instytucji kształcącej. Przy tym zależnie od użytkownika może ona wzrastać bądź maleć wraz ze wzrostem odległości i/lub liczby ludności zamieszkującej miasto.

Parametry składowe i opisujące je kwantyfikatory lingwistyczne:

- $x_4$  – odległość od miejsca zamieszkania: mała – M, średnia – S, duża – D,
- $x_5$  – liczba ludności zamieszkująca miasto: mała – M, średnia – S, duża – D.

Atrakcyjność lokalizacji możemy oceniać przykładowo w skali od 1-10, gdzie 10 jest oceną najwyższą. Do oceny zastosowane zostaną kwantyfikatory lingwistyczne: niska – N, średnia – S, wysoka – W. Funkcja cechy opisująca te kwantyfikatory przedstawiona została na rysunku A.9.



Rys.A.9. Funkcja cechy „atrakcyjność lokalizacji” –  $x_{45}$

Źródło: opracowanie własne

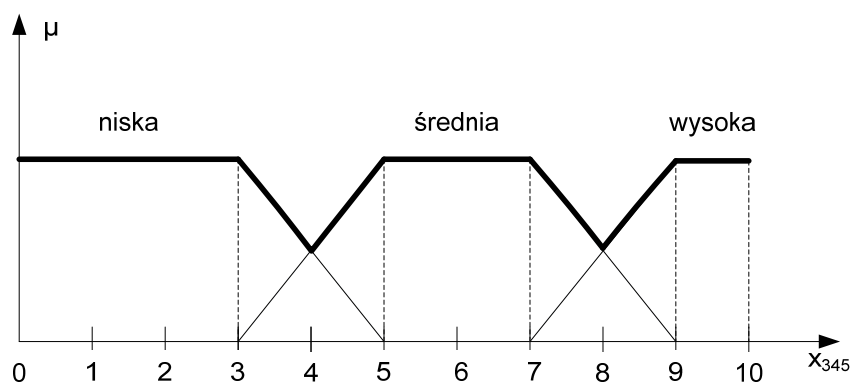
### ***Zgodność z preferencjami osobistymi – $x_{345}$***

Zaspokojenie preferencji osobistych to połączenie wszystkich indywidualnych wymagań użytkownika dotyczących oferty edukacyjnej. Wzrost wartości tego parametru powodowany jest wzrostem atrakcyjności położenia uczelni oraz spadkiem kosztów kształcenia.

Parametry składowe i opisujące je kwantyfikatory lingwistyczne:

- $x_3$  – koszty studiowania: niskie – N, średnie – S, wysokie – W,
- $x_{45}$  – atrakcyjność lokalizacji: mała – M, średnia – S, duża – D.

Zgodność z preferencjami osobistymi możemy oceniać przykładowo w skali od 1-10, gdzie 10 jest oceną najwyższą. Do oceny zastosowane zostaną kwantyfikatory lingwistyczne: niskie – N, średnie – S, wysokie – W. Funkcja cechy opisująca te kwantyfikatory przedstawiona została na rysunku A.10.



Rys.A.10. Funkcja cechy „zgodność z preferencjami osobistymi” –  $x_{345}$

Źródło: opracowanie własne

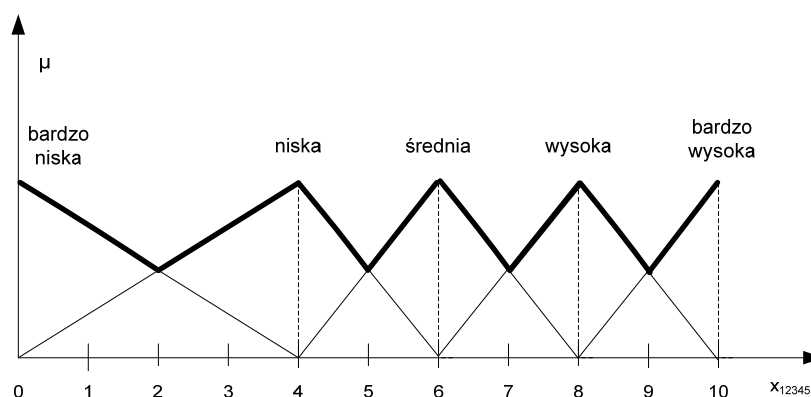
### Ocena oferty edukacyjnej – $x_{12345}$

Parametr wynikowy pozwalający na ocenę stopnia dostosowania oferty do wymagań i potrzeb zarówno rynku jak i użytkownika. Wzrost oceny jakości kształcenia oraz wzrost stopnia zaspokojenia preferencji osobistych użytkownika powodują wzrost wartości tego parametru.

Parametry składowe i opisujące je kwantyfikatory lingwistyczne:

- $x_{12}$  – jakość kształcenia: niska – N, średnia – S, wysoka – W,
- $x_{345}$  – zaspokojenie preferencji osobistych: mała – M, średnia – S, duża – D.

Ogólnie wartościowość oferty edukacyjnej, w sensie zgodnym z wykorzystywanymi parametrami składowymi, możemy oceniać przykładowo w skali od 1-10, gdzie 10 jest oceną najwyższą. Do oceny zastosowane zostaną kwantyfikatory lingwistyczne: bardzo niska – BN, niska – N, średnia – S, wysoka – W, bardzo wysoka – BW. Funkcja cechy opisująca te kwantyfikatory przedstawiona została na rysunku A.11.



Rys.A.11. Funkcja cechy „ocena oferty edukacyjnej” –  $x_{12345}$

Źródło: opracowanie własne

## V. Synteza bazy wiedzy

### Tworzenie bazy wiedzy 1

Parametry wejściowe i opisujące je kwantyfikatory lingwistyczne:

- $x_1$  – aktualność kompetencji: niska – N, średnia – S, wysoka – W,
- $x_2$  – pozycja w rankingach: niska – N, średnia – S, wysoka – W.

Parametr wyjściowy i opisujące go kwantyfikatory lingwistyczne:

- $x_{12}$  – jakość kształcenia: niska – N, średnia – S, wysoka – W.

Wykorzystując macierz zestawiającą dwa parametry wejściowe oraz skalę od 1-9, gdzie 9 jest oceną najwyższą, użytkownik tworzy ranking możliwych kombinacji wartości tych parametrów. Wartości 1-9 stanowią indeks opisujący pozycję danej kombinacji w rankingu. Użytkownik może przypisać tę samą wartość indeksu kilku kombinacjom, jeżeli naprawdę nie jest w stanie ocenić, która z nich ma dla niego większą wartość. Może także przypisać wybranym kombinacjom wartość 0, jeżeli uzna, że wybrane przypadki w ogóle go nie interesują i powinny być pominięte w rozważaniach. W tabeli A.1 przedstawiono przykładowe oceny użytkownika.

**Tabela A.1.** Ranking kombinacji wartości parametrów „aktualność kompetencji” oraz „pozycja w rankingach” z użyciem wartości indeksujących.

		Aktualność kompetencji			
		cecha ważniejsza →			
		$x_1$	N	S	W
Pozycja w rankingach ↓	$x_2$				
	W		0	3	7
	S		0	4	8
	N		0	5	9

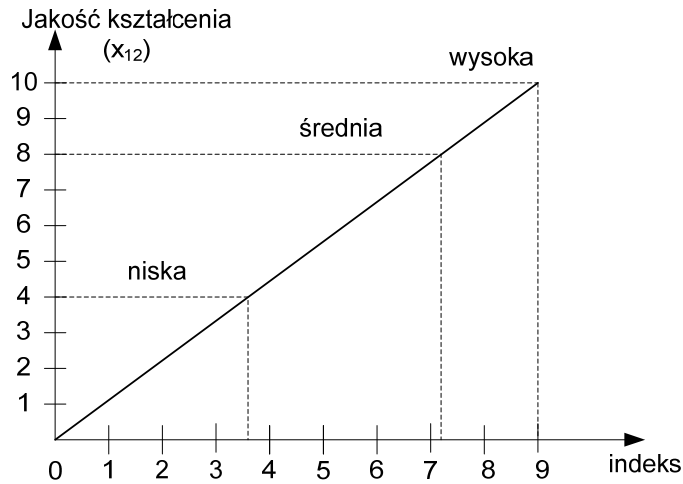
Źródło: opracowanie własne

Zestawienie na wykresie wartości odpowiadających kwantyfikatorom lingwistycznym opisanym funkcją cechy „jakość kształcenia” oraz wartości indeksujących pozycje poszczególnych kombinacji w rankingu pozwala na lepsze przyporządkowanie wartości lingwistycznych odpowiednim kombinacjom.

Korzystając z wykresu przedstawionego na rysunku A.12 możemy przyporządkować wartości lingwistyczne odpowiednim wartościom indeksu występującym w stworzonej przez użytkownika tabeli A.1: 3 – niska (N), 4 – średnia (S), 5 – średnia (S), 7 – średnia (S), 8 – wysoka (W), 9 – wysoka (W). Tabela A.2 przedstawia przyporządkowanie ocen



lingwistycznych do poszczególnych kombinacji wartości parametrów zgodnie wartościami indeksu przypisanymi w tabeli A.1.



**Rys.A.12.** Zestawienie wartości kwantyfikatorów lingwistycznych opisujących jakość kształcenia z wartościami indeksującymi  
Źródło: opracowanie własne

**Tabela A.2.** Ranking kombinacji wartości parametrów „aktualność kompetencji” oraz „pozycja w rankingach” z użyciem odpowiednich wartości lingwistycznych.

		Aktualność kompetencji		
		N	S	W
Pozycja w rankingach	x <sub>1</sub>			
	W	0	N	S
	S	0	S	W
	N	0	S	W

cecha ważniejsza →

Źródło: opracowanie własne

W wyniku przetworzenia tabeli A.2 w bazie wiedzy powstaną następujące reguły zagregowane dotyczące jakości kształcenia:

1. IF  $x_1 = N$  THEN odrzuć\_ofertę
2. IF  $x_1 = S$  AND  $x_2 = W$  THEN  $x_{12} = N$
3. IF  $(x_1 = S$  AND  $(x_2 = S$  OR  $x_2 = N)$  ) OR  $(x_1 = W$  AND  $x_2 = W)$  THEN  $x_{12} = S$
4. IF  $(x_1 = W$  AND  $(x_2 = S$  OR  $x_2 = N)$  ) THEN  $x_{12} = W$

Jeżeli założymy wykorzystywanie w regułach jedynie operatora AND, wtedy zamiast czterech reguł o różnej liczbie argumentów otrzymamy jedną regułę jednoargumentową i sześć reguł dwuargumentowych, które mogą okazać się łatwiejsze (szybsze) do analizy przez system komputerowy.

## Tworzenie bazy wiedzy 2

Parametry wejściowe i opisujące je kwantyfikatory lingwistyczne:

- $x_4$  – odległość od miejsca zamieszkania: mała – M, średnia – S, duża – D,
- $x_5$  – liczba ludności zamieszkująca miasto: mała – M, średnia – S, duża – D.

Parametr wyjściowy i opisujące go kwantyfikatory lingwistyczne:

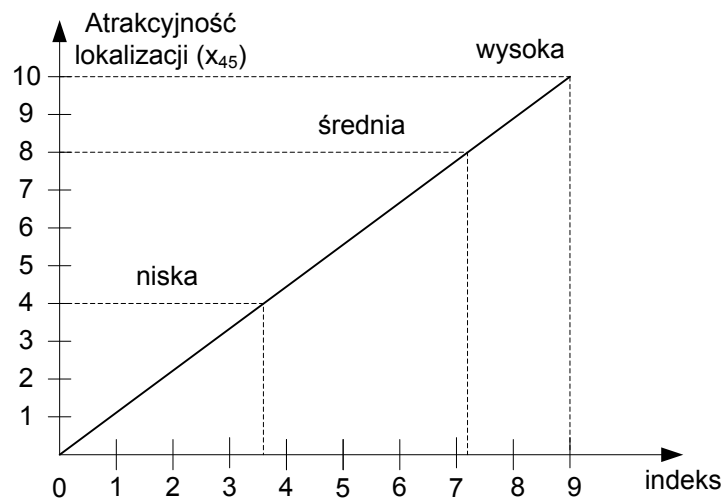
- $x_{45}$  – atrakcyjność lokalizacji: niska – N, średnia – S, wysoka – W.

Stosując analogiczne podejście jak przy tworzeniu pierwszej bazy wiedzy otrzymamy wyniki przedstawione w tabeli A.3 i A.4 oraz na rysunku A.13.

**Tabela A.3.** Ranking kombinacji wartości parametrów „odległość od miejsca zamieszkania” oraz „liczba ludności” z użyciem wartości indeksujących.

		Odległość <span style="font-size: small;">cecha ważniejsza</span> →			
		$x_4$			
Liczba ludności		$x_5$	D	S	M
		M	1	2	6
S	1	4	9		
D	2	5	7		

Źródło: opracowanie własne



**Rys.A.13.** Zestawienie wartości kwantyfikatorów lingwistycznych opisujących atrakcyjność lokalizacji z wartościami indeksującymi

Źródło: opracowanie własne

Przyporządkowanie wartości lingwistycznych odpowiednim wartościom indeksującym w stworzonej przez użytkownika tabeli A.3: 1 – niska (N), 2 – niska (N), 4 – średnia (S), 5 – średnia (S), 6 – średnia (S), 7 – średnia (S), 9 – wysoka (W).

**Tabela A.4.** Ranking kombinacji wartości parametrów „odległość od miejsca zamieszkania” oraz „liczba ludności” z użyciem odpowiednich wartości lingwistycznych.

		←————— Odległość —————→ cecha ważniejsza		
Liczba ludności ↓	$x_4$	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>M</b>
	$x_5$			
	<b>M</b>	N	N	S
	<b>S</b>	N	S	W
	<b>D</b>	N	S	S

Źródło: opracowanie własne

W wyniku przetworzenia tabeli A.4 w bazie wiedzy powstaną następujące reguły zagregowane dotyczące atrakcyjności lokalizacji:

1. IF  $x_4 = D$  OR ( $x_4 = S$  AND  $x_5 = M$ ) THEN  $x_{45} = N$
2. IF ( $x_4 = S$  AND ( $x_5 = S$  OR  $x_5 = D$ )) OR ( $x_4 = M$  AND ( $x_5 = M$  OR  $x_5 = D$ )) THEN  $x_{45} = S$
3. IF  $x_4 = M$  AND  $x_5 = S$  THEN  $x_{45} = W$

Jeżeli założymy wykorzystywanie w regułach jedynie operatora AND, to zamiast trzech reguł o różnej liczbie argumentów otrzymamy siedem reguł dwuargumentowych, które mogą okazać się łatwiejsze (szybsze) do analizy przez system komputerowy.

### ***Tworzenie bazy wiedzy 3***

Parametry wejściowe i opisujące je kwantyfikatory lingwistyczne:

- $x_3$  – koszty studiowania: niskie – N, średnie – S, wysokie – W,
- $x_{45}$  – atrakcyjność lokalizacji: mała – M, średnia – S, duża – D.

Parametr wyjściowy i opisujące go kwantyfikatory lingwistyczne:

- $x_{345}$  – zaspokojenie preferencji osobistych: małe – M, średnie – S, duże – D.

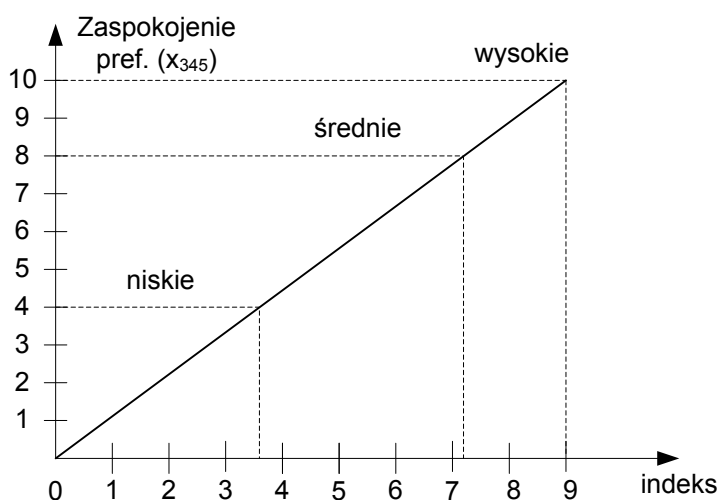
Stosując analogiczne podejście jak przy tworzeniu pierwszej bazy wiedzy otrzymamy wyniki przedstawione w tabeli A.5 i A.6 oraz na rysunku A.14.

Przyporządkowanie wartości lingwistycznych odpowiednim wartościom indeksującym występującym w stworzonej przez użytkownika tabeli A.5: 1 – niska (N), 2 – niska (N), 3 – niska (N), 4 – średnia (S), 5 – średnia (S), 6 – średnia (S), 8 – wysoka (W), 9 – wysoka (W).

**Tabela A.5.** Ranking kombinacji wartości parametrów „koszty studiowania” oraz „atrakcyjność lokalizacji” z użyciem wartości indeksujących.

		Koszty studiowania cecha ważniejsza →			
		$x_3$	W	S	N
Atrakcyjność lokalizacji ↓	$x_{45}$				
	M		1	3	6
	S		1	4	8
	D		2	5	9

Źródło: opracowanie własne



**Rys.A.14.** Zestawienie wartości kwantyfikatorów lingwistycznych opisujących zaspokojenie preferencji osobistych z wartościami indeksującymi

Źródło: opracowanie własne

**Tabela A.6.** Ranking kombinacji wartości parametrów „koszty studiowania” oraz „atrakcyjność lokalizacji” z użyciem odpowiednich wartości lingwistycznych.

		Koszty studiowania cecha ważniejsza →			
		$x_3$	W	S	N
Atrakcyjność lokalizacji ↓	$x_{45}$				
	M		N	N	S
	S		N	S	W
	D		N	S	W

Źródło: opracowanie własne

W wyniku przetworzenia tabeli A.6 w powstaną następujące reguły zagregowane:

1. IF  $x_3 = W$  OR ( $x_3 = S$  AND  $x_{45} = M$ ) THEN  $x_{345} = M$
2. IF ( $x_3 = S$  AND ( $x_{45} = S$  OR  $x_{45} = D$ )) OR ( $x_3 = N$  AND  $x_{45} = M$ ) THEN  $x_{45} = S$
3. IF  $x_3 = N$  AND ( $x_{45} = S$  OR  $x_{45} = D$ ) THEN  $x_{45} = W$

Jeżeli założymy wykorzystywanie w regułach jedynie operatora AND, wtedy zamiast trzech reguł o różnej liczbie argumentów otrzymamy siedem reguł dwuargumentowych, które mogą okazać się łatwiejsze (szybsze) do analizy przez system komputerowy.

#### **Tworzenie bazy wiedzy 4**

Parametry wejściowe i opisujące je kwantyfikatory lingwistyczne:

- $x_{12}$  – jakość kształcenia: niska – N, średnia – S, wysoka – W,
- $x_{345}$  – zaspokojenie preferencji osobistych: małe – M, średnie – S, duże – D.

Parametr wyjściowy i opisujące go kwantyfikatory lingwistyczne:

- $x_{12345}$  – ocena oferty edukacyjnej: bardzo niska – BN, niska – N, średnia – S, wysoka – W, bardzo wysoka – BW.

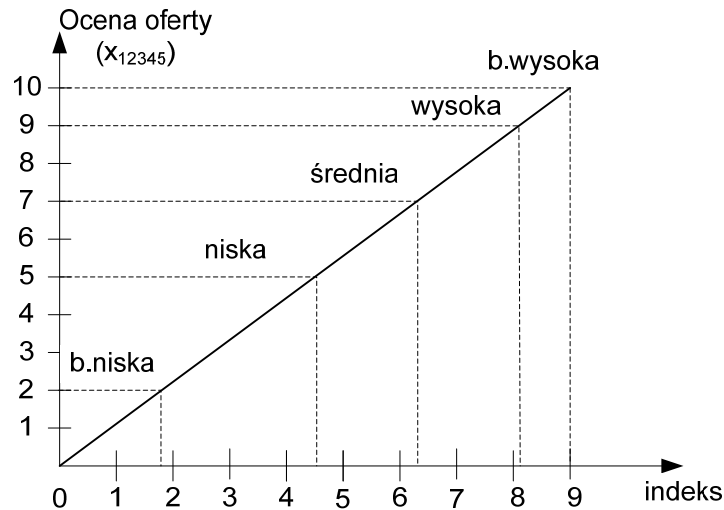
Także i w tym przypadku wykonamy kroki analogiczne jak przy tworzeniu bazy pierwszej, drugiej oraz trzeciej, z tym że parametr wynikowy występujący w czwartej bazie wiedzy opisany jest przy pomocy większej liczby kwantyfikatorów lingwistycznych niż miało to miejsce w przypadkach poprzednich. Wyniki postępowania przedstawione są w tabeli A.7 i A.8 oraz na rysunku A.15.

**Tabela A.7.** Ranking kombinacji wartości parametrów „jakość kształcenia” oraz „zaspokojenie preferencji osobistych” z użyciem wartości indeksujących.

		Jakość kształcenia <span style="float: right;">cecha ważniejsza →</span>		
		N	S	W
Zaspokojenie preferencji	$x_{12}$ \ $x_{345}$			
	M	1	4	6
	S	1	5	8
	D	2	7	9

Źródło: opracowanie własne

Przyporządkowanie wartości lingwistycznych odpowiednim wartościom indeksującym występującym w stworzonej przez użytkownika tabeli A.7: 1 – bardzo niska (BN), 2 – niska (N), 4 – niska (N), 5 – średnia (S), 6 – średnia (S), 7 – wysoka (W), 8 – wysoka (W), 9 – bardzo wysoka (BW).



**Rys.A.15.** Zestawienie wartości kwantyfikatorów lingwistycznych opisujących ocenę oferty edukacyjnej z wartościami indeksującymi  
 Źródło: opracowanie własne

**Tabela A.8.** Ranking kombinacji wartości parametrów „jakość kształcenia” oraz „zaspokojenie preferencji osobistych” z użyciem odpowiednich wartości lingwistycznych.

		Jakość kształcenia      cecha ważniejsza →		
		<b>N</b>	<b>S</b>	<b>W</b>
Zaspokojenie preferencji	<b>M</b>	BN	N	S
	<b>S</b>	BN	S	W
	<b>D</b>	N	W	BW
	<b>x<sub>345</sub></b>			

Źródło: opracowanie własne

W wyniku przetworzenia tabeli A.8 w bazie wiedzy powstaną następujące reguły zagregowane:

1. IF  $x_{12} = N$  AND ( $x_{345} = M$  OR  $x_{345} = S$ ) THEN  $x_{12345} = BN$
2. IF ( $x_{12} = N$  AND  $x_{345} = D$ ) OR ( $x_{12} = S$  AND  $x_{345} = M$ ) THEN  $x_{12345} = N$
3. IF ( $x_{12} = S$  AND  $x_{345} = S$ ) OR ( $x_{12} = W$  AND  $x_{345} = M$ ) THEN  $x_{12345} = S$
4. IF ( $x_{12} = S$  AND  $x_{345} = D$ ) OR ( $x_{12} = W$  AND  $x_{345} = S$ ) THEN  $x_{12345} = W$
5. IF  $x_{12} = W$  AND  $x_{12345} = D$  THEN  $x_{12345} = BW$

Jeżeli założymy wykorzystywanie w regułach jedynie operatora AND, wtedy zamiast pięciu reguł o różnej liczbie argumentów otrzymamy dziewięć reguł dwuargumentowych, które mogą okazać się łatwiejsze (szybsze) do analizy przez system komputerowy.

W zastosowanym przykładzie łączna liczba reguł w bazie wiedzy po przeprowadzeniu procesu syntezy to 15 reguł w postaci zagregowanej lub 30 reguł prostych. Maksymalna możliwa liczba reguł to  $4 \times 9$ , czyli 36. W rozpatrywanym przypadku wybory użytkownika pozwoliły na znaczne (o 20%) zmniejszenie liczby reguł.

## VI. Znaczenie zastosowania lingwistycznej bazy wiedzy oraz metody rankingowej dla wysokiej personalizacji wyniku

W celu przedstawienia zasadności zastosowania lingwistycznej bazy wiedzy do personalizacji oceny oferty edukacyjnej zgodnie z oczekiwaniami użytkownika, posłużono się metodą graficzną. Dla każdego kryterium zagregowanego utworzono trójwymiarowy wykres przedstawiający zależność między wartością wynikową, a wartościami wejściowymi. Następnie dla porównania przedstawiono jak kształtowałyby się płaszczyzna tych zależności gdyby do personalizacji oceny zastosowano jedną z powszechnie stosowanych metod wielokryterialnych - AHP.

Przed przedstawieniem graficznego porównania konieczne jest wykonanie kilku kroków przygotowawczych:

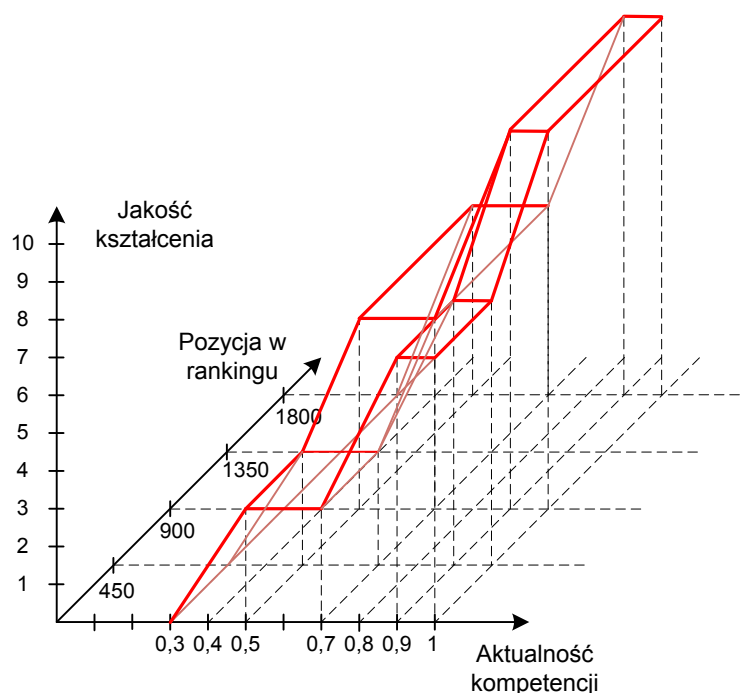
- opisanie tabeli rankingowej każdego kryterium zagregowanego z wykorzystaniem wartości liczbowych, co ułatwi stworzenie wykresu,
- ustalenie wag kryteriów składowych zgodnie z metodą AHP.

W tabeli A.9 przedstawiono zależności opisujące kryterium „jakość kształcenia” po zamianie wartości rozmytych na liczbowe o 100% pewności przynależności do danego przedziału. Dla przejrzystości wykresu przedstawionego na rys.A.16 dla kryterium zagregowanego zamiast zastosowania całych przedziałów przyjęto ich skrajne wartości.

**Tabela A.9.** Ranking kombinacji wartości parametrów „aktualność kompetencji” oraz „pozycja w rankingach” z użyciem wartości liczbowych.

		Aktualność kompetencji		
		cecha ważniejsza		
Pozycja w rankingach ↓	$x_1$	0-0,3	0,5-0,7	0,9-0,1
	1-450	0	3 (N)	7 (S)
	900-1350	0	5 (S)	9 (W)
	1800-3000	0	5 (S)	9 (W)

Źródło: opracowanie własne



**Rys.A.16.** Kształtowanie się wartości kryterium „jakość kształcenia” w zależności od aktualności kompetencji i pozycji w rankingu – podejście lingwistyczne  
Źródło: opracowanie własne

Zgodnie z metodą AHP, należy określić stopień w jakim jedno z kryteriów jest dla użytkownika ważniejsze od drugiego. Zwyczajowo używa się w tym celu skali 1-9, gdzie 1 oznacza równowagę, a 9 zdecydowaną, absolutną przewagę jednego kryterium nad drugim. W rozważanym przypadku przyjmijmy, że przewagę znaczenia aktualności kompetencji nad pozycją w rankingach użytkownik określił jako 6. Powstała jako rezultat macierz zależności oraz wektor wag przedstawione zostały w tabeli A.10. Z kolei tabela A.11 przedstawia wartości kryterium „jakość kształcenia” wyliczone zgodnie z otrzymanym wektorem wag, w postaci uśrednionej i zaokrąglonej do najbliższej liczby całkowitej. Na potrzeby obliczeń wartości kryteriów składowych znormalizowano do 10, czyli do docelowej skali, w jakiej określa się wartości kryterium zagregowanego.

**Tabela A.10.** Macierz i wektor wag dla kryteriów „aktualność kompetencji” oraz „pozycja w rankingach”.

	Aktualność kompetencji	Pozycja w rankingach	Wektor wag
Aktualność kompetencji	1,00	6,00	85,71%
Pozycja w rankingach	0,17	1,00	14,29%

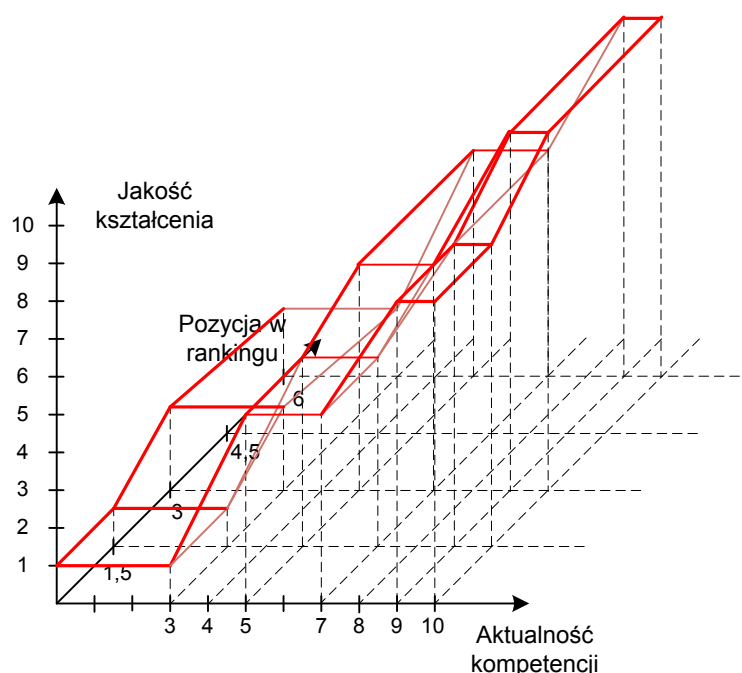
Źródło: opracowanie własne



**Tabela A.11.** Średnie wartości liczbowe kryterium „jakość kształcenia” otrzymane na podstawie kryteriów składowych zgodnie z wektorem wag AHP.

		Aktualność kompetencji <span style="float: right;">cecha ważniejsza →</span>		
		0-3	5-7	9-10
Pozycja w rankingach ↓	$x_1$			
	$x_2$			
	1-1,5	1 (N)	5 (S)	8 (S-W)
	3-4,5	2 (N)	6 (S)	9 (W)
6-10	2 (N)	6 (S)	9 (W)	

Źródło: opracowanie własne



**Rys.A.17.** Kształtowanie się wartości kryterium „jakość kształcenia” w zależności od aktualności kompetencji i pozycji w rankingach – podejście AHP

Źródło: opracowanie własne

Rysunek A.17 przedstawia sposób kształtowania się wartości „jakość kształcenia” po zastosowaniu zasad analizy wielokryterialnej AHP do określenia zależności między kryteriami składowymi.

Porównanie wykresów przedstawionych na rysunkach A.16 i A.17 pozwala zauważyć różnice wynikające z zastosowania odmiennych podejść do tego samego problemu. Przede wszystkim przy zastosowaniu metody AHP brak jest możliwości odrzucenia wariantów decyzyjnych przy niskiej ocenie jednego z kryteriów, niezależnie od wartości drugiego – jakość kształcenia jest nie tylko oceniana powyżej zera dla alternatyw o niskiej aktualności kompetencji, ale też kształtuje się na różnym poziomie, zależnie od pozycji w rankingach.

Ponieważ pozostałe wartości jakości kształcenia ocenione zostały na podobnym poziomie jak przy zastosowaniu podejścia rankingowego, dla jeszcze lepszego zobrazowania różnicy wynikającej z innego charakteru obu metod posłuży kryterium „atrakcyjność lokalizacji”. Zależności charakteryzujące to kryterium przedstawione zostały w tabelach A.12, A.13 i A.14 oraz na rysunkach A.18 i A.19.

**Tabela A.12.** Ranking kombinacji wartości parametrów „odległość od miejsca zamieszkania” oraz „liczba ludności” z użyciem wartości liczbowych.

		Odległość      cecha ważniejsza →		
		<b>0-30</b>	<b>50-150</b>	<b>500-1000</b>
Liczba ludności ↓	<b>x<sub>4</sub></b> \ <b>x<sub>5</sub></b>			
	<b>0-50</b>	1 (N)	3 (N)	7 (S)
	<b>100-400</b>	1 (N)	5 (S)	9 (W)
	<b>500-1000</b>	1 (N)	5 (S)	7 (S)

Źródło: opracowanie własne

**Tabela A.13.** Macierz i wektor wag dla kryteriów „odległość od miejsca zamieszkania” oraz „liczba ludności”.

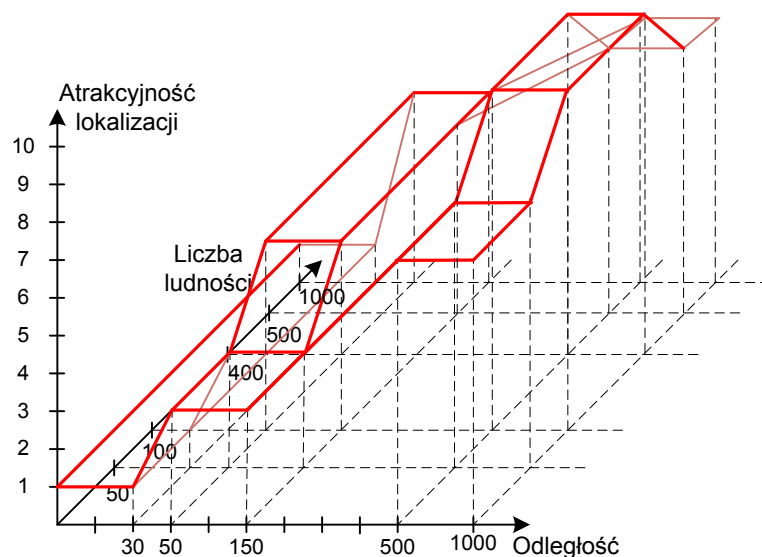
	Odległość od m. zam.	Liczba ludności	Wektor wag
Odległość od m. zam.	1,00	5,00	83,33%
Liczba ludności	0,20	1,00	16,67%

Źródło: opracowanie własne

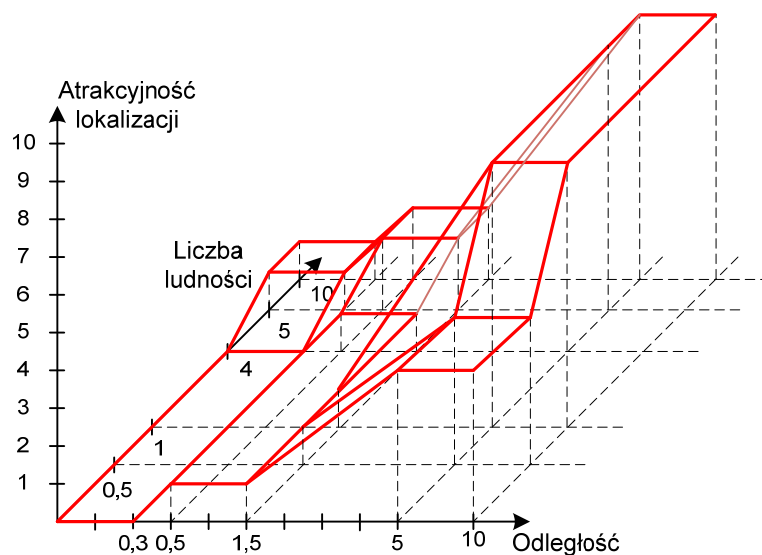
**Tabela A.14.** Średnie wartości liczbowe kryterium „atrakcyjność lokalizacji”.

		Odległość      cecha ważniejsza →		
		<b>0-0,3</b>	<b>0,5-1,5</b>	<b>5-10</b>
Liczba ludności ↓	<b>x<sub>4</sub></b> \ <b>x<sub>5</sub></b>			
	<b>0-0,5</b>	0 (N)	1 (N)	4 (N-S)
	<b>1-4</b>	0 (N)	1 (N)	7 (S)
	<b>5-10</b>	1 (N)	2 (N)	7 (S)

Źródło: opracowanie własne



Rys.A.18. Kształtowanie się wartości kryterium „atrakcyjność lokalizacji” – podejście lingwistyczne  
 Źródło: opracowanie własne



Rys.A.19. Kształtowanie się wartości kryterium „atrakcyjność lokalizacji” – podejście AHP  
 Źródło: opracowanie własne

Tabele oraz wykresy dokładnie obrazują jak znaczna jest różnica w ocenie oferty edukacyjnej pod względem atrakcyjności lokalizacji, w zależności od zastosowanej metody. W przypadku zastosowania metody AHP nie tylko nie ma możliwości odwzorowania kształtu płaszczyzny wartości pod względem pojawiającej się w niespodziewanym miejscu wartości „wysoka”, poziom wartości „wysoka” w ogóle nie został osiągnięty.

Analiza powyższych wyników pozwala wyraźnie stwierdzić, że w przypadku gdy poziom personalizacji wyników ma bardzo duże znaczenie dla użytkownika, zaś przyjęty sposób oceniania opiera się na skali lingwistycznej i zmiennych rozmytych,

zastosowanie metody rankingowej do utworzenia reguł w bazie wiedzy służącej ocenie alternatyw jest lepszym rozwiązaniem niż zastosowanie tradycyjnego porównania kryteriów według metody AHP.

Zastosowanie metody AHP mogłoby okazać się zasadne, gdyby nie zdecydowano się na dekompozycję bazy wiedzy. W takim wypadku obie metody przeprowadzałyby analizę opierając się na wszystkich danych jednocześnie, ale tylko AHP pozwalałoby na przyjazne użytkownikowi porównanie na raz jedynie dwóch kryteriów względem siebie, podczas gdy metoda rankingowa wymagałaby jednoczesnego określenia wszystkich zależności. Nie mniej jednak, stopień oddania osobistego spojrzenia użytkownika na relacje między kryteriami byłby przy jej zastosowaniu dużo niższy.

W trakcie badań prowadzonych w ramach prac nad rozprawą przeanalizowano również możliwość zastosowania metody ELECTRE III (i innych wersji metody ELECTRE) do rozwiązania problemu wielokryterialnego występującego na etapie personalizacji (co odzwierciedlają tytuły publikacji autorki), jednakże w efekcie wprowadzonych modyfikacji, idea ta została zarzucona. Ze względu na obszerność zagadnień ujętych w pracy, analizy możliwości zastosowania innych metod wielokryterialnych wykraczają poza zakres rozprawy. Przedstawiony powyżej przykład wykazał, że zastosowanie lingwistycznej bazy wiedzy spełnia postawione w pracy wymagania, natomiast skorzystanie z rozwiązań służących doborowi metody wielokryterialnej do problemu (patrz [86]) stanowi interesujący kierunek dalszych badań nad tematyką rozprawy.