

ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY
W SZCZECINIE
WYDZIAŁ INFORMATYKI

ROZPRAWA DOKTORSKA
mgr inż. Magdalena Malinowska

Model referencyjny systemu informacyjnego
monitorowania procesu nabywania
kompetencji

Promotor pracy:
dr hab. Emma Kusztna, prof. ZUT

SZCZECIN 2013

Spis treści:

WSTĘP	3
1 ANALIZA WYKORZYSTANIA MODELOWANIA REFERENCYJNEGO SYSTEMÓW INFORMACYJNYCH.....	7
1.1 TEORETYCZNE PODSTAWY MODELOWANIA REFERENCYJNEGO	7
1.2 ZARYS STOSOWALNOŚCI MODELOWANIA REFERENCYJNEGO SYSTEMÓW	9
1.3 PODSUMOWANIE	12
2 INFORMATYCZNE ASPEKTY DEFINIOWANIA STRUKTURY KOMPETENCJI.....	13
2.1 OBSZARY BADAŃ I STANDARYZACJA KOMPETENCJI	13
2.2 IDENTYFIKACJA STRUKTURY KOMPETENCJI W PROCESIE KSZTAŁCENIA	23
2.3 CHARAKTERYSTYKA FUNKCJONALNO-NARZĘDZIOWEGO POTENCJAŁU INŻYNIERII ONTOLOGII W CELU PRZYGOTOWANIA FORMALNEGO MODELU REPREZENTACJI KOMPETENCJI	27
2.4 PODSUMOWANIE	39
3 ŚRODOWISKO INFORMATYCZNE REALIZACJI PROCESU NABYWANIA KOMPETENCJI.....	40
3.1 PRZEGLĄD ZASTOSOWAŃ REPOZYTORIÓW ELEKTRONICZNYCH.....	40
3.2 UWARUNKOWANIA ORGANIZACYJNE MONITOROWANIA PROCESU NABYWANIA KOMPETENCJI	46
3.3 ANALIZA ZAKRESU FUNKCYJNEGO SYSTEMÓW LMS/LCMS NA POTRZEBY BUDOWANIA REPOZYTORIUM W NAUCZANIU OPARTYM NA KOMPETENCJACH	48
3.4 PODSUMOWANIE	50
4 MODELOWANIE REFERENCYJNE SYSTEMU INFORMACYJNEGO MONITOROWANIA PROCESU NABYWANIA KOMPETENCJI.....	52
4.1 FORMALIZACJA ZJAWISKA NABYWANIA KOMPETENCJI	52
4.2 MODEL SYMULACYJNY WSPÓLDZIAŁANIA NAUCZYCIELA I UCZNIÓW PODCZAS NABYWANIA KOMPETENCJI	71
4.3 SYNTEZA ELEMENTÓW REALIZACJI PROCESU DYDAKTYCZNEGO DO POSTACI MODELU REFERENCYJNEGO SYSTEMU INFORMACYJNEGO MONITOROWANIA PROCESU NABYWANIA KOMPETENCJI	102
4.4 ZASTOSOWANIE MODELU REFERENCYJNEGO W INFORMATYCZNYM SYSTEMIE WSPOMAGANIA PROCESU KSZTAŁCENIA	105
ZAKOŃCZENIE	109
SPIS RYSUNKÓW	111
SPIS TABEL	113
SPIS KODÓW	114
BIBLIOGRAFIA	115

Wstęp

W literaturze tematyka kompetencji jest przedmiotem dyskusji wielu konferencji (Eunis [34], SKM Symposium. Competence-based Strategic Management [140], Modeling and Measurement of Competencies in Higher Education [100], KIT Organization. The Innovations for Competence Management [63]), a prezentowane badania mają dać odpowiedź na kwestie m.in. opisu, analizy, pomiaru, testowania i metod rozwoju kompetencji.

Zagadnieniem badania i monitorowania kompetencji, a także ich rozwojem zajmują się zarówno organizacje edukacyjne, jak również firmy prowadzące działalność biznesową.

Współczesne przedsiębiorstwa coraz większą rolę przywiązują do oceny kompetencji pracowników, bowiem to w kompetencjach upatruje się źródeł przewagi konkurencyjnej. Istotne jest zatem wprowadzenie odpowiednich systemów, które pozwolą zbierać informacje o kompetencjach, odpowiednio je rozwijać i monitorować ten rozwój [81], [91], [54].

W organizacjach edukacyjnych dąży się z kolei do zorientowania procesu kształcenia (procesu dydaktycznego) na kompetencje. Trend ten, który w literaturze opisany jest pod hasłem „edukacja oparta na kompetencjach” (ang. competence based education) [84], [102], [109], [51], [64] podkreśla wagę wprowadzania zmian w realizowanych treściach kształcenia, konieczność powiązania teorii z praktyką podczas realizacji procesu dydaktycznego oraz nową rolę nauczyciela, który jest bezpośrednio odpowiedzialny za kierowanie procesem nabywania kompetencji. Podstawą do wprowadzenia „edukacji opartej na kompetencjach” w obszarze szkolnictwa wyższego w Europie jest opracowanie Europejskich i Krajowych ram Kwalifikacji (ERK – Europejskie Ramy Kwalifikacji, KRK – Krajowe Ramy Kwalifikacji), dzięki którym poprzez efekty kształcenia zostają wyrażone wymagane na rynku kompetencje. Kompetencje te oznaczają dowiedzioną zdolność do wykorzystania wiedzy, umiejętności i zdolności podczas pracy, indywidualnego rozwoju lub studiowania [4], [154].

Rosnące znaczenie kompetencji w ocenie osób i organizacji stało się podstawą prowadzenia wielu badań naukowych. Główne kierunki badań nad kompetencjami dotyczą:

- *tworzenia katalogów kompetencji* [43] - formalizacja ta jest bardzo rozwinięta w Szkocji, gdzie opracowano Scottish Credit and Qualifications Framework [134] w postaci bazy kompetencji publikowanej w postaci katalogu, czy w Australii, gdzie powstał standard kompetencji (Australian Competency Standard [144]). W Szwecji, w ramach prac Szwedzkiego Instytutu Standaryzacyjnego, opracowano wymagania do systemu analizy kompetencji zgodnie z ISO:9000 (KRAV [146]), a w Polsce został zrealizowany specjalny projekt SPO RZL „Opracowanie i upowszechnienie krajowych standardów kwalifikacji zawodowych [98]” na poziomie Ministerstwa Pracy i Polityki Społecznej, w którym opracowano metodologiczne podstawy opisu zawodów obejmujące swych zakresem przedstawienie m.in. umiejętności, wiadomości i cech psychofizycznych;
- *tworzenia standardów opisu kompetencji* - powstała grupa standardów, w których opisuje się kompetencje jako strukturę danych (np. HR-XML, IEEE RCD, IMS RDCEO [127], [139], [52], [55]) w celu ujednoczenia sposobu przechowywania informacji, porównywania kompetencji, tworzenia profili zawodowych;
- *tworzenia systemów kompetencji* [32], [18] - obszerne badania nad

kompetencjami przedstawił w swojej pracy badawczej Lindgren [81], [82], który pod hasłem systemu kompetencji dokonał analizy tej klasy systemów (Prohant Competence (Prohant), SAP R/3 Human Resource Competence Module (SAP R/3), Tieto Persona Human Resource (TP/HR)), tworząc obraz ich zakresu funkcyjnego. Zarówno prace Lindgrama, jak i rozwiązania prezentowane przez Cogent i Ukpia [25], czy też Transbaltic [158] dotyczą opracowania sformalizowanego opisu kompetencji na potrzeby przetwarzania w systemie kompetencji. Typowy system kompetencji może wspierać alokację pracowników, odpowiedni dobór pracowników do zadań i zespołów, analizę luk kompetencyjnych na dwóch poziomach: pracownika oraz firmy i na tej podstawie wpływać na rozwój kompetencji, obsadzanie stanowisk, planowanie kariery, wyznaczenia pensji, rekrutację i selekcję oraz szkolenia. Identyfikacja luk kompetencyjnych jest związana z opisem wymagań kompetencyjnych na stanowiskach pracy oraz określenia statusu kompetencji zasobów w porównaniu do żądanych wymagań;

- *analizy zbiorów kompetencji pod kątem obliczania kosztów nabywania kompetencji* [90] - charakterystykę tych metod można znaleźć m.in. pracach Yu & Zang [171] i Wang & Wang [165]. Kluczową rolę w tym kontekście jest określenie dla każdego problemu odpowiedniego zbioru kompetencji koniecznych do osiągnięcia zadowalającego rozwiązania i ich pomiaru, by na tej podstawie można mówić o kosztach i czasie rozwoju kompetencji. Źródłem proponowanych metod obliczania tych kosztów są badania operacyjne i statystyka;
- *wykorzystania systemów LMS/LCMS (LMS-Learning Management Systems - System Zarządzania Nauczaniem, LCMS-Learning Content Management Systems - System Zarządzania Zawartością Nauczania)* [41] – celem zastosowania tych systemów jest dystrybuowanie materiałów dydaktycznych niezbędnych do rozwoju kompetencji, monitorowanie poziomu wykorzystania tych zasobów oraz osiąganych na ich podstawie postępów, co potwierdzają rozwiązania SABA [124], czy też Lasco [30]. Istotnym elementem związanym z wykorzystaniem LMS/LCMS jest tworzenie elektronicznych repozytoriów (np. FreeLOms w ramach SLOOP2DESC Project [41]), w których przechowywane treści szkoleniowe, niezbędne do uzyskania kompetencji, występują w postaci porcji wiedzy (ang. Learning Object – LO [145]) i są opisane przy wykorzystaniu standardów opisu treści (SCORM, LOM). Jednakże, jak podkreśla [132], [66], istnieje pewna trudność w powiązaniu ze sobą przechowywanych i dystrybuowanych treści szkoleniowych, tak by odpowiadały określonym wymaganiom kompetencyjnym.

Na tle prowadzonych badań związanych z przetwarzaniem i modelowaniem struktury kompetencji, rozwiązywaniem problemów dotyczących rozwoju kompetencji, przechowywania i dystrybuowania wiedzy, która ma być podstawą kompetencji można dostrzec główny cel tych badań - wspieranie osób, które mają ewidencjonować wiedzę o kompetencjach, analizować zapotrzebowanie na kompetencje, monitorować rozwój kompetencji i nimi zarządzać. Wsparcie to ma szczególne znaczenie dla nauczycieli, którzy w obliczu nowych wymagań ERK i KRK oraz standardów kompetencji, powinni dostosować treści kształcenia w taki sposób, by pozwalały nabywać określone kompetencje, a nauczyciel miał możliwość oceny procesu nabywania kompetencji oraz oddziaływania na jego przebieg. Rozwiązaniem, które mogłoby to wsparcie nauczycielowi zapewnić, jest odpowiedni system informatyczny. Głównym zadaniem

takiego systemu powinna być możliwość monitorowania procesu nabywania kompetencji, by na tej podstawie wspomagać nauczyciela w doborze metod i treści kształcenia, a także zwiększać wydajność procesu nabywania kompetencji. Zadanie opracowania systemu tej klasy jest niezwykle trudne z uwagi na konieczność znalezienia metody precyzyjnego określenia zestawu oraz struktury wiedzy, która tworzy podstawę kompetencji i powiązania ze sobą treści kształcenia, określenia roli technologii informatycznych w kształceniu zorientowanym na kompetencje, uwzględnienia motywacji uczestników procesu kształcenia.

Na gruncie informatyki powstaje pytanie, w jaki sposób tak złożony system opisać i zaprojektować.

Analiza systemowa przebiegu procesu dydaktycznego wskazuje, iż jego organizowanie, przebieg i osiągnięte rezultaty zależą w dużej mierze od zachowania się, motywacji i predyspozycji ludzi [107]. Wg Beynon-Davies'a [7], aby zbudować system informatyczny trzeba zrozumieć naturę procesów w nim zachodzących, dzięki czemu za pomocą odpowiednich procedur i modeli, można będzie przetwarzać informacje niezbędne dla prawidłowej pracy systemu, wskazać właściwości powiązanych ze sobą składowych elementów. Taka identyfikacja stanowi podstawę do formalizacji zachodzących w systemie procesów i jest niezbędna do opracowania struktury i architektury systemu informatycznego. Dodatkowo, powstaje problem opisu efektów kształcenia, którymi mają być kompetencje. Z tego powodu opracowanie modelu analitycznego tego procesu na bazie dostępnej literatury jest niemożliwe [6], [67].

Do reprezentacji tak złożonych systemów [67] działania wykorzystuje się metodykę modelowania referencyjnego [71]. Umożliwia ona tworzenie ram konstrukcyjnych i metodycznych dla modelowania takich systemów. Modele referencyjne służą do przedstawiania koncepcji i realizacji systemów informacyjnych organizacji (obiektów) i stanowią obraz procesów w niej zachodzących. Pozwalają określić strukturę systemu informacyjnego i dobrać narzędzia informatyczne, automatyzujące procesy opisane tymi modelami [71].

W obliczu przedstawionych powyżej spostrzeżeń, dotyczących specyfiki procesu dydaktycznego zorientowanego na nabywanie kompetencji, który wymaga odpowiedniego opisu i ułożenia treści kształcenia, uwzględnienia postaw uczestników podczas nabywania kompetencji oraz dostarczenia mechanizmów oceny tego procesu, można sformułować cel pracy.

Celem pracy jest opracowanie modelu referencyjnego systemu informacyjnego pozwalającego na prowadzenie eksperymentów dotyczących określenia parametrów procesu nabywania umiejętności (kompetencji) w procesie dydaktycznym uczelni.

W opracowanym modelu referencyjnym określenie parametrów procesu nabywania kompetencji stanowi podstawę do oddziaływania na jego przebieg w wyniku analizy wartości zidentyfikowanych parametrów. Parametryzacja ta stanowi zatem bazę dla monitorowania procesu nabywania kompetencji, a następnie zarządzania nim na bazie poczynionych obserwacji.

Podstawą prowadzenia monitorowania jest z jednej strony jednoznaczne zidentyfikowanie obiektu monitorowania – kompetencji, a z drugiej analiza różnych wariantów przebiegu procesu nabywania kompetencji. W [149] zaproponowano definicję kompetencji, która jest zgodna z ramami kwalifikacji na poziomie krajowym i europejskim [4], [154], a przy tym jej interpretacja pozwala przedstawić strukturę kompetencji i wyrazić kompetencje jako odpowiednie typy wiedzy (teoretyczna, proceduralna i projektowa [89]). Definicja ta stała się podstawą do wykorzystanie podejścia

ontologicznego, dzięki możliwości określenia każdego typu wiedzy za pomocą pojęć i wskazaniu relacji pomiędzy tymi pojęciami. Takie sformułowanie kompetencji prowadzi do automatyzacji pracy związanej ze zdobywaniem, przetwarzaniem i monitorowaniem kompetencji. Opracowany graf ontologii przedmiotu (kursu) stanowi bazę do przygotowania materiałów dydaktycznych, które są przechowywane w repozytorium. Na podstawie tak zorganizowanych zasobów jest realizowany proces dydaktyczny, którego uczestnicy są zainteresowani nabywaniem kompetencji w różnym stopniu. Dla uwzględnienia tych preferencji podjęto próbę opracowania formalnego modelu motywacji, którego zadaniem jest określanie warunków współpracy pomiędzy nauczycielem a studentami podczas nabywania kompetencji. Opisany proces współdziałania może być podstawą do prowadzenia eksperymentów symulacyjnych, których celem jest ilościowa ocena procesu nabywania kompetencji przy założonych efektach kształcenia. Zintegrowanie ze sobą opisanych funkcji związanych z realizacją procesu kształcenia (opracowania i wykorzystania ontologii, uwzględnienia motywacji uczestników, analizy ilościowej procesu nabywania kompetencji przy pomocy symulacji) w postaci modelu referencyjnego pozwala sformułować **hipotezę badawczą**, która brzmi następująco:

opracowany model referencyjny systemu informacyjnego monitorowania procesu nabywania kompetencji oraz zaproponowana metoda jego sprawdzenia oparta na modelowaniu symulacyjnym powoduje, że jest to rozwiązanie kompletne, weryfikowalne i może stanowić podstawy do budowy odpowiedniego systemu informatycznego.

Przygotowana rozprawa doktorska składa się z 4 rozdziałów.

W rozdziale 1 przedstawiono zakres zastosowań modelowania referencyjnego. Przytaczając przykłady modeli referencyjnych stosowanych w różnych branżach wskazano na uniwersalność tego rozwiązania dla opisu złożonych systemów działania.

Rozdział 2 stanowi tło rozważań dla rozpatrywanego problemu. Zawiera z jednej strony charakterystykę rozważań nad problemem definiowania kompetencji i wsparcia narzędziowego na potrzeby przetwarzania informacji o kompetencjach, z drugiej zaś opisuje rozwój metod i narzędzi inżynierii ontologii, w celu ich wykorzystania do opisu wiedzy, będącej podstawą do nabywania kompetencji.

Rozdział 3 prezentuje środowisko informatyczne dystrybuowania materiałów dydaktycznych na potrzeby realizacji procesu nabywania kompetencji i monitorowania przyrostu kompetencji. Zaprezentowana charakterystyka obecnych zastosowań elektronicznych repozytoriów zbudowanych przy wykorzystaniu istniejących platform, wskazuje, iż rozwiązania te dziś silnie wpływają na realizację procesu kształcenia, choć ich zastosowanie dla nabywania kompetencji wymaga m.in. stosownej organizacji zamieszczonych treści dydaktycznych.

W rozdziale 4 przedstawiono założenia i model referencyjny systemu informacyjnego monitorowania procesu nabywania kompetencji. Opisano poszczególne komponenty proponowanego modelu oraz ich zależności funkcyjne.

Zwieńczeniem pracy jest podsumowanie, w którym scharakteryzowano osiągnięte wyniki oraz przedstawiono wkład w rozwój badań naukowych.

1 Analiza wykorzystania modelowania referencyjnego systemów informacyjnych

Czas rewolucji elektronicznej, nastanie ery zwanej erą informacji i wiedzy, spowodował zmianę w zakresie funkcjonowania przedsiębiorstw i organizacji. Dostosowywanie się do nowych wymagań rynkowych wymagało znalezienia narzędzi, które pozwolą na przedstawienie przebiegu procesów w organizacji, umożliwią jej opis i dadzą możliwość zdefiniowania w postaci modeli struktur informacyjnych organizacji. W tym celu zaproponowano modelowanie referencyjne jako mechanizm przedstawiania ram konstrukcyjnych i metodycznych dla systemów informacyjnych.

1.1 Teoretyczne podstawy modelowania referencyjnego

Identyfikacja systemu informacyjnego organizacji jest rzeczą trudną i wymaga uwzględnienia zależności funkcyjnych procesów w niej zachodzących oraz identyfikacji osób, które mają bezpośredni wpływ na charakter realizowanego procesu. Z uwagi na fakt, iż pewne procesy poddają się formalizacji, natomiast te związane z podejmowaniem decyzji i zachowaniem ludzi trudno jest sformalizować, konieczne jest znalezienie narzędzia, które pozwoli zidentyfikować całość badanego systemu informacyjnego, przeprowadzić analizę zależności pomiędzy procesami oraz umożliwi prowadzenie eksperymentów dotyczących przebiegu procesów w systemie.

W literaturze przedmiotu [157], [38], [39] jako narzędzie opisu oraz wzorzec dla poprawnego funkcjonowania procesu informacyjnego organizacji proponuje się wykorzystanie modelowania referencyjnego i opracowanie modelu referencyjnego systemu informacyjnego organizacji.

Ogólnie rzecz biorąc, modele referencyjne stanowią jednolicie rozumiany język formułowania potrzeb użytkowników w zakresie wspomagania procesów zarządzania, a także są podstawą do automatyzacji przebiegu tych procesów. Dodatkowo model jest również traktowany jako wzorzec do analiz porównawczych i oceny poziomu zaawansowania funkcjonalnego stosowanych w organizacji systemów informatycznych, jak również może być zbiorem cech wzorcowych do wytyczania ich rozwoju [65].

Z etymologicznego punktu widzenia termin "referencyjny" ma podwójne znaczenie. Oprócz tego, iż oznacza pewnego rodzaju rekomendację, może też zostać użyty dla określenia wpływu relacji na coś, oznaczając powoływanie się na coś lub nawiązanie do czegoś. W nomenklaturze biznesowej termin ten był używany dla określenia osoby lub organizacji będącej w stanie udzielić informacji na temat wiarygodności partnera biznesowego. Z kolei w lingwistyce „referencyjny” odnosi się do relacji pomiędzy symbolami językowymi i ich wkładzie w rzeczywistość pozajęzykową. Natomiast w ekonomii słowo „referencyjny” jest wykorzystywane do opisu stanu, który nie może być osiągnięty w rzeczywistości lub też wzorcowego stanu natury.

Jak podaje O.Thomas [157], [156] szukając korzeni modelowania referencyjnego na potrzeby informatyki, można je znaleźć w koncepcji modeli idealnych przywołanych przez E.Kosiol lub też podejścia do systemów dynamicznych zaprezentowanych przez J.W. Forrestera. Kosiol nazywa modele idealne wytworem badań operacyjnych, które reprezentują większy obszar możliwych do wystąpienia sytuacji życiowych lub też dostarczają standardowych rozwiązań wspierających proces podejmowania decyzji. Z kolei Forrester charakteryzuje jedną z głównych cech modeli referencyjnych, która mówi o tym, że model referencyjny powinien abstrahować od cech indywidualnych obiektu, tak by mógł się nadawać do ponownego użycia.

W literaturze, terminologiczne podstawy modeli referencyjnych są rozwijane także pod hasłami „model uniwersalny dla zintegrowanych systemów przetwarzania danych”, „model podstawowy”, „model wzorcowy” [39]. Wszystkie te pojęcia charakteryzują modele, które mają na celu uogólnianie, nie są specyficzne dla danego przedsiębiorstwa, ale raczej są charakterystyczne dla wszystkich z określonej branży.

W powszechnym użyciu termin „model referencyjny” został wykorzystany pod koniec lat 80-tych XX wieku głównie za sprawą Scheer’a i jego publikacji „Inżynieria procesów biznesowych” oraz „Model referencyjny dla przedsiębiorstw przemysłowych”. W konsekwencji swoich badań Scheer przyjął definicję modelu referencyjnego, zgodnie z którą model referencyjny może służyć jako punkt wyjścia do tworzenia i rozwoju rozwiązań na podstawie konkretnych problemów [130].

Jak cytuje M.Gerosa i M.Taisch [42], model referencyjny to model reprezentujący pewną klasę dziedzin. Stanowi on strukturę konceptualną, która może być użyta jako wzorec dla rozwoju systemu. Modele referencyjne stanowią zbiór „wspólnych praktyk” i są ogólnymi modelami koncepcyjnymi, które pozwalają na formalizację rekomendowanych praktyk dla pewnej dziedziny. Są traktowane jako nowoczesne i wydajne narzędzie, które pozwala na nadanie kształtu indywidualnym modelom przedsiębiorstw poprzez dostarczenie ogólnych rozwiązań, zapewniając tym samym redukcję kosztów projektowania modeli i ułatwiając zarządzanie i proces kontroli w organizacji [33].

Modelowanie referencyjne może być stosowane na wszystkich szczeblach i we wszystkich obszarach działalności przedsiębiorstwa. Mogą one obejmować wybrane obszary funkcjonalne takie jak księgowość, zarządzanie relacjami z klientem, ale także mogą stanowić wzorec dla całej branży np. edukacji wyższej. Głównym celem opracowania modeli referencyjnych jest usprawnienie projektowania indywidualnych modeli przedsiębiorstw poprzez dostarczenie ogólnych rozwiązań. Zastosowanie modeli referencyjnych jest uzasadnione paradygmatem „projektowanie przez wielokrotne wykorzystanie”. Wykorzystanie modeli referencyjnych w ramach prac nad systemami informacyjnymi jest związane z dostarczeniem gotowych struktur dla tych systemów i potencjalnych rozwiązań dla powstałych podczas ich tworzenia problemów. Tym samym na podstawie modelu referencyjnego możliwe jest określenie:

- w jaki sposób wykonywane są prace (procesy),
- jakie prace i produkty są wykonywane (realizowane funkcje),
- jakie informacje są niezbędne (przepływ informacji),
- co jest przetwarzane (dane),
- kto i co wykonuje (sposób organizacji pracy).

Innymi słowy, przy wykorzystaniu modelowania referencyjnego przedstawione zostaje środowisko funkcjonowania modelu, dziedzina, którą ów model charakteryzuje oraz zostają sprecyzowane warunki funkcjonowania modelu [173]. Głównym zadaniem dla modelu referencyjnego staje się opis realizowanych w organizacji funkcji, ich porządkowanie i formalizacja tak, by w rezultacie opracować sieć połączeń pomiędzy obiektami (przedmiotami modelowania) [3]. Na tej podstawie charakteryzowana jest logika działania przedmiotu modelowania (przedsiębiorstwa, systemu informacyjnego, itd.).

Modelowanie referencyjne w kontekście badań nad systemami informacyjnymi związane jest z ideą systematycznej strukturyzacji i wielokrotnego wykorzystania zadań operacyjnych na potrzeby wspierania procesu przetwarzania danych. W modelowaniu informacji „referencyjny” oznacza idealny typ wzorcowego obiektu lub zalecenie do rozwoju innych modeli. Informacyjne modele referencyjne stanowią reprezentację wiedzy

organizacyjnej, która może być wykorzystana w zależności od zastosowania modelu oraz tworzą ramy konstrukcyjne i metodyczne dla modelowania systemów informatycznych.

Dodatkowo, pojęcie modelu referencyjnego w kontekście systemów informacyjnych jest rozpatrywane w odniesieniu do atrybutów, które ów model charakteryzują, tzn. uniwersalności i charakteru rekomendacyjnego [157].

Uniwersalność postrzega się jako źródło, podstawę tworzenia określonego modelu, ale tylko w odniesieniu do pewnej kategorii aplikacji, kategorii przedsiębiorstw lub kategorii projektów, czy też pewnych określonych sytuacji.

Charakter rekomendacyjny modeli referencyjnych odnosi się z kolei do faktu, iż modele referencyjne posiadają standardową postać dla określonej klasy aplikacji. Oznacza to, iż służą one jako rozwiązania domyślne, z których można czerpać wiedzę na temat zrozumienia danego problemu.

1.2 Zarys stosowalności modelowania referencyjnego systemów

Istota budowy modelu referencyjnego opiera się na tworzeniu metamodeli ogólnych procesów na podstawie doświadczeń zebranych np. w kilku różnych organizacjach o tym samym profilu działalności [173]. Tak opracowana struktura jest często podstawą do modernizacji procesów firmy, określenia wymagań dla projektowanego systemu informatycznego, czy też kierunków rozwoju już istniejącego systemu. Skuteczność zastosowanego rozwiązania wynika przede wszystkim z faktu, iż ogólny model, mimo iż specyficzny dla danej branży, opiera się na sprawdzonych i zaakceptowanych już procedurach i metodach organizacji biznesu.

Szczegółowa analiza dostępnych modeli referencyjnych została przeprowadzona przez P.Fettke, P.Loos i J.Zwicker [39]. Autorzy przeanalizowali 30 dostępnych modeli referencyjnych charakteryzowanych w literaturze. Wśród charakteryzowanych modeli są modele tworzone na podstawie badań naukowych, a także te, które wynikają z doświadczeń praktyki biznesowej. Wśród analizowanych modeli znalazły się m.in. "Aachener PPS"-Model, Baan Reference Model, ECO-Integral, Enterprise Modeling for E-commerce (ECOMOD) Reference Model, "Handels-H"-Model, Information Technology Infrastructure Library (ITIL), PROMET I-NET Reference Model, Process Framework of Siemens AG, Buchwalter's Reference Model, Reference Model of Gerber/Mai, Reference Model of Haas et al., SAP R/3 Reference Model, Insurance Architecture (VAA), Y-CIM Model, "Sparkassenorganisation (SKO)"-Reference Model, Neumann's Reference Model, etc.

Przygotowane porównanie modeli referencyjnych zwraca uwagę na dwa aspekty. Pierwszy dotyczy zainteresowania twórców zintegrowanych systemów informatycznych rozwiązaniami opartymi na modelowaniu referencyjnym oraz dostrzeżeniem przez nich korzyści wynikających z tego podejścia. Drugi aspekt skupia się wokół przyjętej przez autorów struktury dla prowadzonej analizy, która układa się w łańcuch czynności, niezbędnych do uwzględnienia przy opracowywaniu modelu referencyjnego.

Zgodnie z zaproponowaną przez autorów strukturą, analiza dostępnych modeli referencyjnych jest prowadzona w obrębie 3 głównych obszarów: ogólnej charakterystyki, konstrukcji i zastosowania [39]. Wyniki przedstawionej klasyfikacji potwierdzają, że zastosowanie modelowania referencyjnego ułatwia identyfikację procesów w firmie i określa istniejące powiązania pomiędzy tymi procesami. Sprzyja także stosowaniu jednolitego nazewnictwa oraz tworzeniu dokumentacji istniejących procesów. Dodatkowo umożliwia zmniejszenie nakładów przy tworzeniu oprogramowania i stanowi dobry środek komunikacji pomiędzy osobami pracującymi nad ich tworzeniem i rozwojem.

Modelowanie referencyjne ma szczególne znaczenie dla potrzeb określenia założeń teoretycznych systemów. Ze względu na silny wpływ podejścia zorientowanego na implementację, luka pojawiająca się pomiędzy badaniami i praktyką prowadzi do niepożądanego rozwoju aplikacji. Jak wskazuje praktyka biznesowa, gdzie przykłady modeli referencyjnych dostarczają m.in. Scheer lub SAP, opracowywanie i posługiwanie się już istniejącymi modelami pozwala oszczędzić czas i koszty, a sama jakość aplikacji opracowywanych na podstawie modelu referencyjnego jest zwiększona [38], [131].

Problematyka tworzenia i rozwoju modeli referencyjnych leży w obszarze zainteresowań nie tylko naukowców, ale także osób ze świata biznesu. Odbiorcami i zleceniodawcami prac nad opracowaniem modeli referencyjnych są głównie przedsiębiorstwa z różnych gałęzi przemysłu oraz instytucje finansowe. Niejednokrotnie, w celu dostosowania poszczególnych obszarów w firmie do nowych warunków, modelowaniu referencyjnemu poddaje się takie działy jak logistyka, finanse, zarządzanie danymi, dystrybucja oraz wykorzystuje modelowanie referencyjne na potrzeby opracowania i rozwoju systemów informatycznych.

Niektóre z podejść zakładają, iż na potrzeby opracowania modelu referencyjnego wykorzystuje się istniejące języki modelowania jak np. UML, lub też tworzy własne schematy graficzne, dedykowane na potrzeby rozwiązania określonego problemu. Niestety konstruktorzy modeli referencyjnych dość ogólnie opisują procedurę opracowywania modeli referencyjnych, sposoby ewaluacji, przypisując w tym zakresie dużą wagę do modeli proceduralnych i studiów przypadków.

Przeprowadzona analiza pozwala zwrócić uwagę na kolejne kroki tworzenia modeli referencyjnych, wśród których można wyróżnić [117]:

- etap związany z określeniem celu modelowania i badanego obszaru,
- etap związany z określeniem ram modelu referencyjnego i funkcji osób związanych z jego opracowaniem,
- etap związany z określaniem struktury modelu referencyjnego w tym: identyfikacja metod modelowania, określenie jednolitego słownictwa, narzędzi modelowania,
- etap dotyczący wdrożenia modelu referencyjnego,
- etap związany z ewaluacją modelu referencyjnego i planami jego dalszego rozwoju.

Kroki te można rozpatrywać jako zestawienie przebiegu operacji niezbędnych do opracowania modelu referencyjnego.

Analizując poszczególne etapy i odnosząc je do systemów informacyjnych można zauważyć, że poszczególne fazy opracowania systemów informacyjnych współgrają funkcyjnie z zakresem prac nad opracowaniem modeli referencyjnych (rysunek 1).

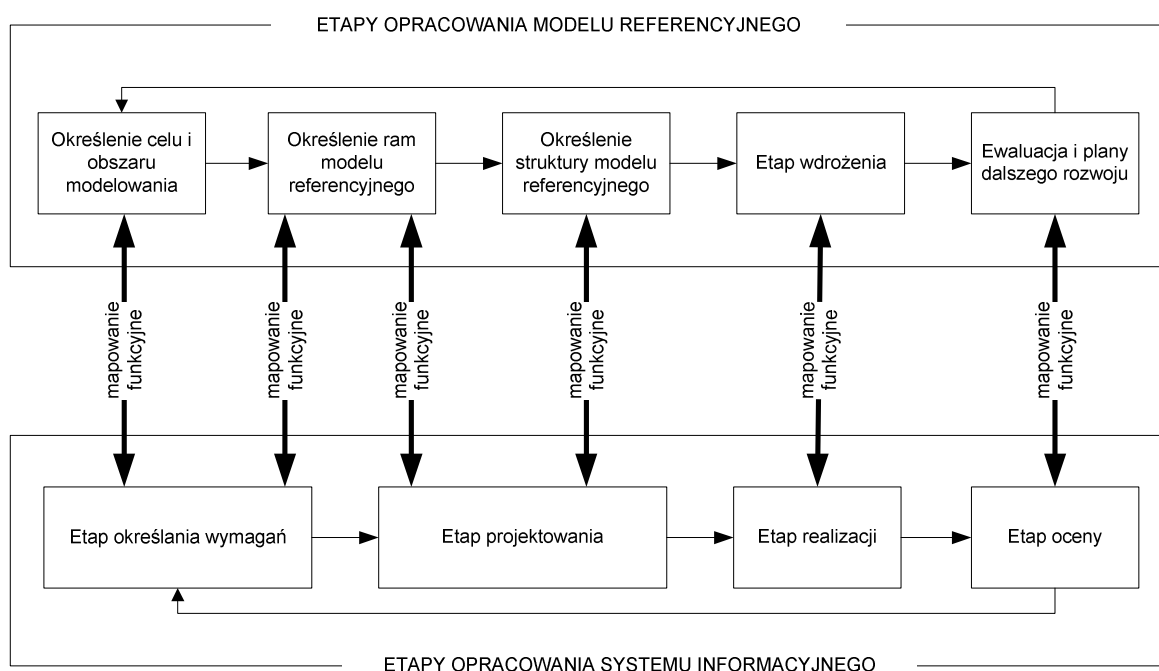
Na potrzeby przyporządkowania wykorzystano kroki opracowania systemu informacyjnego na podstawie podejścia ewolucyjnego [7], na które składają się: określenie wymagań dla systemu, projektowanie, praktyczna realizacja i ocena zaproponowanego rozwiązania.

Etap określania wymagań stawianych systemowi informacyjnemu, w ramach którego zostaje zdefiniowany cel systemu, jego cechy oraz zasady zachowania w określonym środowisku, w zakresie czynności do zrealizowania odpowiada określeniu celów i obszaru modelowania referencyjnego oraz zdefiniowaniu ram dla modelu referencyjnego.

Etap projektowania odpowiada za przygotowanie specyfikacji systemu i niezbędnych narzędzi jego realizacji, co jest współbieżne przede wszystkim z definiowaniem struktury modelu referencyjnego. W tej części prac powstaje formalizm, wyznaczający charakter rozważanego systemu.

Realizacja ma na celu dokonywanie praktycznego sprawdzenia poprawności obiektu modelowania i może mieć formę prototypu istniejącego systemu, lub też być prowadzona na bazie eksperymentów symulacyjnych. Cechami tymi charakteryzuje się także etap wdrożenia modelu referencyjnego.

Ostatni krok obu metodyk gwarantuje natomiast przeprowadzenie oceny dla zaproponowanych rozwiązań, jest podstawą do wprowadzania ulepszeń i pozwala odpowiedzieć na pytanie, czy zostały zrealizowane cele modelowania/opracowania systemu.



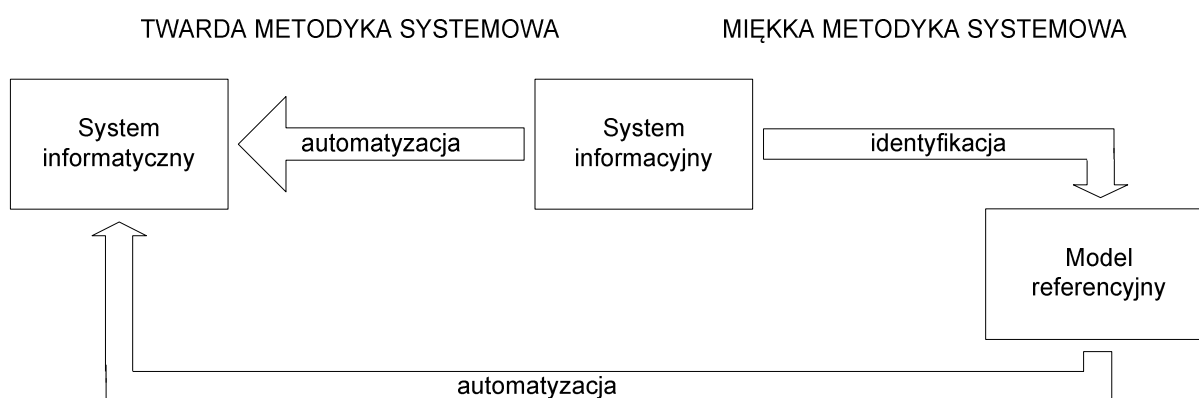
Rysunek 1. Przyporządkowanie etapów opracowanie systemu informacyjnego i modelu referencyjnego
 źródło: opracowanie własne na podstawie [7], [117]

Porównując poszczególne etapy opracowania modelu referencyjnego i systemu informacyjnego względem siebie trzeba sobie zdać sprawę, że o ile oba cykle są zbieżne pod względem kolejności realizowanych zadań i zakresu działań, to jednak rezultaty obu metodyk mają inną skalę. O ile bowiem modelowanie referencyjne zmierza do opracowania meta modelu, to opracowanie systemu informacyjnego można traktować jedynie jako instancję tego modelu. Metodyka opracowania systemu informacyjnego jako zespół logicznie uporządkowanych czynności, zbiór wskazówek i wytycznych ma za zadanie budowę systemu informacji [62], podczas gdy metodyka modelowania referencyjnego ma być podstawą do automatyzacji procesów w organizacji. Zastosowanie modelowania referencyjnego ustrzeże przed zbytnim zawężeniem badanego obszaru i pozwala spojrzeć globalnie na przedmiot modelowania, podczas, gdy system informacyjny opracowuje się dla konkretnej organizacji, firmy. Przygotowując zatem model referencyjny systemu informacyjnego mamy do czynienia z rozwiązaniem uniwersalnym, które wskazuje „drogę”, by otrzymać produkt gotowy (system informacyjny) z określoną zdolnością operacyjną.

1.3 Podsumowanie

Modelowanie referencyjne zyskało na popularności pod koniec lat 80-tych XX wieku, jako narzędzie abstrahujące od konkretnych przypadków, a stanowiące mechanizm reprezentacji ram konstrukcyjnych i metodycznych dla modelowanego systemu. Wielu zwolenników tego rozwiązania podkreślało korzyści, jakie pozwala ono osiągnąć. Wśród nich wyróżnić można:

- nadanie kształtu modelom przedsiębiorstw poprzez zapewnienie ogólnych rozwiązań,
- redukcja kosztów projektowania modeli,
- ułatwienie procesów zarządzania i kontroli w organizacji,
- ułatwienie opisu i optymalizacji kwestii organizacyjnych,
- pomoc w rozwoju konkretnych modeli przedsiębiorstw, w tym ponownego wykorzystania wiedzy biznesowej.



Rysunek 2. Miejsce modelu referencyjnego jako mechanizmu identyfikacji systemu
źródło: opracowanie własne na podstawie [157]

Potencjał jaki niesie w sobie opracowywanie meta-modelu ma swoje uzasadnienie zwłaszcza w sytuacji, gdy nie można precyzyjnie i w sposób bezpośredni opisać liczbowo parametrów sytuacji podlegającej modelowaniu, a tym samym opracować systemu informatycznego automatyzującego przebieg poszczególnych procesów w systemie (rysunek 2). Jest to charakterystyczne dla systemów stojących po stronie miękkiej analizy systemowej, gdzie kluczową rolę odgrywa działanie człowieka i interakcje międzyludzkie [73]. Taka sytuacja jest charakterystyczna w trakcie realizacji procesu dydaktycznego zorientowanego na nabywanie kompetencji [121].

Realizacja procesu dydaktycznego charakteryzuje się tym, iż mamy do czynienia z pracą człowieka, której nie da się opisać z taką dokładnością jaka jest obecna w systemach produkcyjnych. W tej sytuacji model referencyjny może pełnić rolę projektu, wzorca dla rozwiązań o charakterze informatycznym. Rozwiązanie to bowiem pozwala poznać i zrozumieć zasady działania systemu, dostrzec role użytkowników i zależności przyczynowo-skutkowe wywołane działalnością ludzką, a także kierować przebiegiem zachodzących w systemie procesów z punktu widzenia ich właścicieli. Przygotowywany model referencyjny ma na celu umożliwienie prowadzenia obserwacji i zbierania danych ilościowych badanego procesu, by możliwe było wpływanie na przebieg tego procesu przy uwzględnieniu wykorzystania zasobów przeznaczonych na ten cel.

2 Informatyczne aspekty definiowania struktury kompetencji

2.1 Obszary badań i standaryzacja kompetencji

Dostosowanie pracowników i przedsiębiorstw do zmian zachodzących w gospodarce, przeciwdziałanie wykluczeniu społecznemu, powiązanie edukacji z potrzebami rynku pracy to tylko kilka haseł przyświecających licznym programom finansowanym ze środków Unii Europejskiej w ramach 7 Programu Ramowego [28], czy też Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki [99], a mających na celu rozwój kariery zawodowej pracowników, prowadzenie szkoleń oraz tworzenie narzędzi i standardów na potrzeby reprezentacji wiedzy i kompetencji pracowników.

Zapotrzebowanie na pracowników o odpowiednich kompetencjach stało się sygnałem do zmian w procesie kształcenia, a mechanizmem napędzającym te zmiany w Europie jest Proces Boloński [10].

Rosnąca rola kompetencji została zaakcentowana już w latach 70-tych przez David'a C. McClelland'a, który w swoich badaniach naukowych udowodnił, że wyniki szkolne i testy na inteligencje nie mogą być postrzegane jako mierniki wydajnej realizacji zadań. Z faktu tego wskazał on na konieczność zdefiniowania nowych zmiennych, które nazwał kompetencjami [96].

Analiza znaczeniowa pojęcia kompetencje. W kontekście zarządzania zasobami ludzkimi termin kompetencje stał się popularny za sprawą R.E. Boyatzisa, który w opracowaniu dla Amerykańskiego Stowarzyszenia Zarządzania (American Management Association) określił kompetencje jako „różnicę poziomu pomiędzy średnim a najlepszym wykonawcą” [164]. Rosnąca rola i znaczenie kapitału ludzkiego w funkcjonowaniu gospodarki spowodowała, że rozpoczęto poszukiwania nowych sposobów wartościowania pracowników. Systemy oparte na ocenie pracowników na podstawie posiadanych przez nich kwalifikacji prowadziły często do nieefektywnego dopasowania pracownika do stanowiska pracy. Stąd też nastąpiło przejście od zarządzania kwalifikacjami do zarządzania kompetencjami [86], [167].

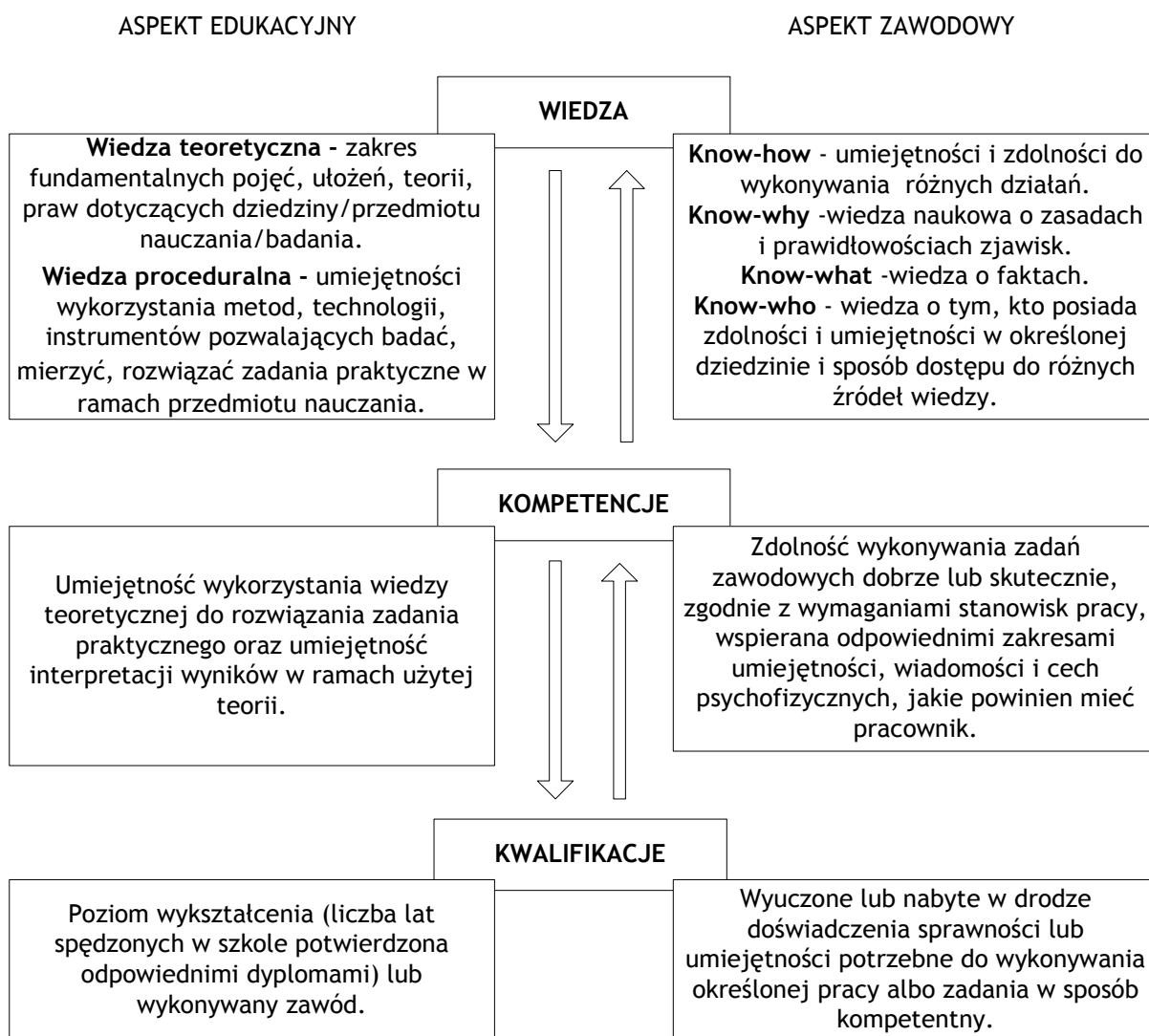
Rozpiętość interpretacyjna pojęcia kompetencja jest bardzo szeroka i łączona z terminami wiedza i kwalifikacje w ramach łańcucha wiedza-kompetencja-kwalifikacja (rysunek 3).

Pojęcia “kompetencja“ i “kwalifikacja” są pojęciami stosowanymi często zamiennie, choć jest to podejście błędne i terminy te należy rozróżniać. Oba pojęcia powiązane są z wiedzą, ale kompetencja odwzoruje treść i strukturę wiedzy, a kwalifikacja przedstawia jej opis, czyli meta-wiedzę.

Zgodnie z przytoczonymi na rysunku 3 definicjami, kwalifikacje utożsamia się z poziomem wykształcenia i latami spędzonymi w szkołach różnych poziomów i typów. Dowodem potwierdzającym kwalifikacje są określone dokumenty jak świadectwa, dyplomy, zaświadczenia. Kwalifikacje można uzyskać przed podjęciem pracy i nie zawsze są one od niej zależne, ponieważ można je mieć w zupełnie innej dziedzinie niż ta, której dotyczy wykonywana praca. W takim rozumieniu kwalifikacje zawodowe nie są wystarczającym warunkiem osiągnięcia określonych kompetencji. Mogą być jedynie warunkiem koniecznym w odniesieniu do niektórych stanowisk pracy.

Aby być kompetentnym, nie wystarczy posiadać formalne zaświadczenie, jakie jest wymagane przy potwierdzaniu kwalifikacji zawodowych. Praktyka udowadnia, że to skuteczność w realizowaniu zadań wynikająca z wiedzy, doświadczenia i zdolności przystosowywania się do zmieniających się warunków decyduje o poziomie kompetencji człowieka. Wiedza wynikająca z wysokich kwalifikacji, bez braku umiejętności jej

wykorzystania, powoduje niepowodzenia w działaniach. To kompetencje są siłą sprawczą działań i „na różnych stanowiskach w strukturze firmy siła ta musi mieć różną wartość, którą między innymi nadają jej kwalifikacje” [86].



Rysunek 3. Relacje pomiędzy wiedzą, kompetencjami i kwalifikacjami
 źródło: opracowanie własne na podstawie [24], [53], [168]

Wielopłaszczyznowość, jaka kryje się pod hasłem kompetencje i zarządzanie kompetencjami powoduje, że pojęcie to jest interpretowane w różnych aspektach i jest związane z oceną specjalistów, potencjału kapitału ludzkiego (tabela 1).

Wyniki analizy tekstowej zaprezentowanych w tabeli 1 definicji wskazują, że kompetencję określa się przez zawartą w niej wiedzę w połączeniu z określonymi umiejętnościami i zdolnościami. Otaczający kontekst znaczeniowy pojęcia wiedza w każdej definicji kompetencji składa się z następujących pojęć: zdolności, predyspozycje osoby posiadającej wiedzę, zestaw umiejętności, doświadczenia. W wielu definicjach autorzy podkreślają ważność postaw osobowych przy realizowaniu określonych zadań, a w podejściu behawioralnym otwarcie mówi się o motywacji osobistej.

W sposób jawny lub pośredni w każdej definicji wskazano, że określona wiedza jest przeznaczona do wykonania zadania, konkretnych działań, choć nie wskazano sposobów i metod określenia poziomu wykorzystania tej wiedzy. Brak jest także informacji o precyzyjnym rozróżnieniu typów wiedzy niezbędnej do tego, by mówić o kompetencji oraz o kolejnych krokach nabywania różnych rodzajów wiedzy.

Istotne znaczenie wśród zaprezentowanych definicji ma definicja wg ISO ze względu na fakt, iż jest to definicja będąca podstawą procesów standaryzacyjnych. Dążeniem ISO jest sprecyzowanie wymagań kompetencyjnych zgodnie z kwalifikacyjnym opisem wymagań stanowiska pracy lub zgodnie z tematyką projektu i opisem składających się na niego prac. Stąd też jej zastosowanie ma swoje uzasadnienie w sytuacji, gdy rozpatrujemy sytuację oceny konkretnego specjalisty jako potencjalnego kandydata na stanowisko pracy lub do udziału w konkretnym projekcie. W tym przypadku proces oceny posiadanej kompetencji może być sprowadzony do testowania bieżącej głębokości wiedzy i odpowiednich umiejętności.

Prezentowane w tabeli 1 definicje stanowią cenną wskazówkę do rozpatrywania kompetencji jako efektu końcowego procesu kształcenia. Zgodnie z definicją zaproponowaną w „Leksykonie haseł związanych z e-nauczaniem” [149], która stała się podstawą do rozpatrywania kompetencji w dysertacji, na kompetencję składają się umiejętności wykorzystania wiedzy teoretycznej w celu samodzielnego rozwiązania zadania praktycznego (projektowego) oraz interpretacji i przekazywania wyników rozwiązania w terminach wykorzystanej teorii. Przenosząc wymagania stawiane w zakresie kompetencji w obszar realizacji procesu dydaktycznego niezbędne jest zatem zaproponowanie takiego podejścia systemowego, w wyniku którego zidentyfikowana zostanie struktura kompetencji oraz zaproponowane zostaną narzędzia analizy i oceny przebiegu procesu nauczania-uczenia się zorientowanego na nabywanie kompetencji.

Aby powstała kompetencja trzeba przygotować program złożony z porcji kompetencji, które pozwolą na nabycie odpowiedniej wiedzy, umiejętności, a także doświadczenia na skutek wykonania założonych w trakcie realizacji procesu dydaktycznego zadań. To z kolei wymaga odpowiedniego podziału wiedzy i skoordynowania ze sobą tych typów wiedzy w taki sposób, by nabywana była wiedza teoretyczna, proceduralna i projektowa [121]. Wiedza teoretyczna stanowi pewien zakres fundamentalnych pojęć, ułożeń, teorii, praw dotyczących dziedziny/przedmiotu nauczania/badania. Wiedza proceduralna i projektowa składa się z umiejętności wykorzystania metod, technologii, instrumentów pozwalających badać, mierzyć, rozwiązać zadania praktyczne w ramach postawionego zadania. Zbiór umiejętności jest charakteryzowany m.in. przez: umiejętność sformułowania zadania w terminach wiedzy teoretycznej i proceduralnej, umiejętność planowania i organizowania prac niezbędnych do rozwiązania sformułowanego zadania, umiejętność interpretacji wyników i wnioskowania.

Prezentowane podejście jest zgodne z tworzonymi Europejskimi i Krajowymi Ramami Kwalifikacji, gdzie główny nacisk położony został na nabywanie wiedzy teoretycznej, umiejętności praktycznych i technicznych oraz kompetencji personalnych i społecznych, w ramach których priorytetowa staje się zdolność do pracy z innymi ludźmi [154], [97]. Taka struktura powiązań pomiędzy typami wiedzy pozwala rozpatrywać je jako łańcuch wiedzieć-umieć-wykonywać.

Podział na odpowiednie typy wiedzy bez wskazania powiązań i kolejności ich dystrybuowania nie pozwala jednak na danie gwarancji, iż osiągnięte efekty można traktować jak kompetencje. Potrzebny jest zatem mechanizm, który umożliwi prezentowanie zakresu kompetencji, śledzenie ich przyrostu, analizowanie wiedzy składającej się na kompetencje.

Tabela 1. Przegląd definicji kompetencji z uwagi na kontekst znaczeniowy
 źródło: opracowanie własne

KONTEKST ZNACZENIOWY	AUTOR DEFINICJI	DEFINICJA
merytoryczny	Levy-Leboyer C. [79]	Kompetencje są to ustalone zbiory wiedzy i umiejętności, typowych zachowań, standardowych procedur, sposobów rozumowania, które można zastosować bez nowego uczenia się. Kompetencje są połączone z określonym zadaniem, działalnością lub mogą obejmować zespół działalności. Nie mogą rozwijać się bez wymaganych zdolności.
	Agencja ds. Szkoleń [168]	Kompetencje to zdolności do wykorzystania wiedzy w nowych sytuacjach zawodowych.
funkcjonalny	M. Saloman [125]	Zdolność do wykonywania czynności w ramach obszaru zadaniowego dążąc do poziomów wykonania pracy spodziewanych u zatrudnionych.
	Woodruffe C. [169]	Kompetencje służą do określenia działań, jakie człowiek może kompetentnie realizować, lub ról, które może z powodzeniem odgrywać.
	ISO/IEC 17024 [143]	Kompetencje to zasób wiedzy, postaw osobistych, umiejętności oraz odpowiedniego doświadczenia wymaganego do spełnienia danej funkcji.
behawioralny	Woodruffe C. [169]	Opis behawioralny cech danej osoby wpływających na efekty jej pracy.
	Boyatzis R.E. [83]	Kompetencja w zakresie wykonywanej pracy to zespół cech danej osoby, na który składają się charakterystyczne dla tej osoby elementy takie, jak motywacja, cechy osobowości, umiejętności, samoocena związana z funkcjonowaniem w grupie oraz wiedza, którą ta osoba sobie przyswoiła i się posługuje.
instytucjonalny	Butkiewicz M. [86]	Kompetencje to zakres wiedzy, umiejętności i odpowiedzialności, zakres pełnomocnictw i uprawnień do działania. Kompetentny – to uprawniony do działania i decydowania, mający podstawy i kwalifikacje do wydawania sądów.
	Lendzion J.P., Stankiewicz-Mróż A. [78]	Kompetencje to suma wiedzy i umiejętności oraz sposób zachowania niezbędne do optymalnego realizowania określonych ról organizacyjnych.
edukacyjny	Tadeusiewicz R. i inni [149]	Kompetencja to umiejętność znalezienia efektywnego sposobu wykorzystania wiedzy teoretycznej do rozwiązania zadania praktycznego

		oraz weryfikacji znalezionej odpowiedzi. Pojęcie kompetencji jest szersze niż pojęcie kwalifikacji. Podstawą kompetencji jest wiedza proceduralna połączona z odpowiednią wiedzą teoretyczną. Kompetentny specjalista orientuje się w wybranej dziedzinie na poziomie użytkowym.
	Tuning Project [159]	Dynamiczne połączenie umiejętności kognitywnych i meta-kognitywnych, wiedzy i jej rozumienia, umiejętności interpersonalnych, intelektualnych i praktycznych oraz wartości etycznych.
	Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego [97]	Kompetencje są wyrażane przez efekty kształcenia. Efekty kształcenia to zasób wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych uzyskanych w procesie kształcenia przez osobę uczącą się. Wiedza stanowi zasób powiązanych ze sobą faktów, zasad, teorii i doświadczeń przyswojonych przez osobę uczącą się. Umiejętności wyrażają zdolność wykorzystania wiedzy oraz wyćwiczonych sprawności do wykonywania zadań oraz rozwiązywania problemów. Kompetencje personalne i społeczne z kolei wyrażają m.in. gotowość do uczenia się przez całe życie, sprawność komunikowania się, czy też umiejętność współdziałania z innymi.

Obecnie dostępne e-learningowe systemy informatyczne klasy LMS/LCMS (LMS-Learning Management Systems - System Zarządzania Nauczaniem, LCMS-Learning Content Management Systems - System Zarządzania Zawartością Nauczania) [46] pozwalają organizować proces dystrybuowania porcji wiedzy, organizowania komunikacji pomiędzy uczestnikami, testowania wiedzy, ale nie pozwalają łączyć wiedzę w porcje kompetencji [132]. Istniejące na rynku standardy opisu kompetencji pozwalają z kolei porządkować informację o tym, jaka jest struktura informacji zbieranych na potrzeby zarządzania kompetencjami, ale nie są dostosowane do prezentowania zawartości kompetencji. Ani wspomniane systemy LMS/LCMS, ani dostępne standardy (opisane w dalszej części rozprawy) nie rozwiązują niestety problemu modelowania procesu nabywania kompetencji oraz ujęcia realizacji tego procesu w jeden spójny system, w którym istnieje możliwość monitorowania przebiegu tego procesu, wpływania na niego i oceny osiągniętych efektów. Jednakże mogą one wystąpić jako instrumenty identyfikujące i wspierające realizację procesu nabywania kompetencji.

Tym samym nierozwiązany pozostaje problem opisu zakresu typów wiedzy składających się na kompetencję i ich wzajemnych powiązań, tak by możliwe było szybkie przetwarzanie i analizowanie aktualności wiedzy składającej się na kompetencje, pamiętając o fluktuacji zmian w zakresie wymagań kompetencyjnych na określonym stanowisku pracy. Postępująca dezaktualizacja wiedzy dziedzinowej sprawia, że to co jeszcze 20 lat temu było postrzegane jako kompetencje w zakresie określonej kwalifikacji, aktualnie może ulec dużej zmianie (tabela 2). Przed organizacją edukacyjną stoi zatem obowiązek nie tylko przygotowania programów nauczania dla obecnych wymagań rynkowych, ale również konieczne jest ich ciągłe doskonalenie, by zdobyta wiedza i umiejętności były przydatne w przyszłości [19].

Tabela 2. Zakres zmieniających się kompetencji w obrębie zadanych zawodów
źródło: [20]

<i>Kwalifikacja 1:</i> Specjalista w zakresie informatyki	<i>Kwalifikacja 2:</i> Specjalista w IMS
<i>Kompetencja 1986:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Eksploatacja systemu MS DOS <ul style="list-style-type: none"> • • Języki programowania – Fortran, Cobol, ... 	<i>Kompetencja 1986:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Informatyczne systemy zarządzania – CAPOS <ul style="list-style-type: none"> • • Programy symulacyjne – Simula, GPSS, ...
<i>Kompetencja 2006:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Eksploatacja systemu WindowsXP • Języki programowania – C++, VHDL,... 	<i>Kompetencja 2006:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Informatyczne systemy zarządzania – MRP II, ERP • Programy symulacyjne – Simulink, Arena,...

Szybko postępujące zmiany technologiczne oraz pojawienie się nowych koncepcji i metod rozwiązywania problemów powoduje, że człowiek jest zmuszony do uczenia przez całe życie (lifelong learning) oraz aktualizowania i odświeżania wiedzy i umiejętności [35], [49]. Z tego wynika priorytetowy charakter opracowania modelu nabywania kompetencji, w ramach którego można zaproponować taką metodę reprezentacji struktury i zawartości kompetencji, która da studentowi możliwość szybkiego rozpoznania własnej wiedzy, umiejętności i „umiejscowienia” tej wiedzy i umiejętności w zakresie wymaganym programami nauczania.

Procesowi analizy zawartości kompetencji sprzyjać może wykorzystanie narzędzi inżynierii ontologii i tworzenie modeli ontologicznych kompetencji [11], [127], [128], [24]. Działanie to znacznie ułatwia wizualizację zakresu oraz zawartości kompetencji w celu ich oceny z punktu widzenia aktualności i użyteczności. Dodatkowo w celu zapewnienia mechanizmu elastycznego dopasowania materiałów dydaktycznych do nowej sytuacji i wymagań, wykorzystuje się w procesie nauczania repozytorium, które pełni rolę środowiska dystrybuowania materiałów dydaktycznych oraz mechanizmu prowadzenia eksperymentów regulujących zasady współpracy nauczyciela i uczniów podczas realizacji procesu kształcenia.

Standaryzacja w obrębie kompetencji i kwalifikacji. Analizując zagadnienie kompetencji nie sposób nie zaakcentować faktu prowadzenia działań standaryzacyjnych w tym obszarze, które mają umożliwić określenie kompetencji jednostki lub organizacji, ich porównywania, obserwowania przyrostu i dostosowywania do wymagań na określonych stanowiskach pracy. Prowadzone są liczne inicjatywy i działania mające na celu formalny opis kompetencji i tworzenie katalogów kompetencji (kwalifikacji). Specjalne grupy robocze pracują nad programami nauczania, które gwarantowałyby nabywanie kompetencji kluczowych (umiejętności kluczowych), zwłaszcza w obszarze szkolnictwa obowiązkowego [137]. Tabela 3 charakteryzuje działania, które stają się podstawą do wprowadzenia spójnego systemu oceny wymagań kompetencyjnych związanych z określonym poziomem nauczania, czy też zajmowanym stanowiskiem pracy. W badaniach tych obecne jest hasło ontologia jako formalny sposób opisu wiedzy, zmierzający do opracowania standardów opisu kompetencji.

Prace nad określeniem wymagań kompetencyjnych stały się podstawą do zmian w obszarze Europejskiego Szkolnictwa Wyższego. Główny prym zmian w realizacji procesu kształcenia jest podyktowany działaniami Procesu Bolońskiego. W ramach inicjatywy Procesu Bolońskiego i prowadzonych działań w obszarze funkcjonowania Europejskiego Obszaru Edukacji Wyższej (ang. European Higher Education Area [153]), tworzona jest wspólna Struktura Kwalifikacji (ang. Qualification Framework) opierająca się właśnie na kompetencjach [154]. Jednym z wyników opracowania ramowej struktury kwalifikacji dla systemów szkolnictwa wyższego jest opis kwalifikacji pod kątem nakładu pracy poziomu, efektów kształcenia, kompetencji.

Wsparciem dla prowadzonych działań w obszarze standaryzacji kompetencji są wyniki projektów naukowych UE tj. Tuning, CompTrain czy TenCompetence.

Projekt Tuning [160] został powołany do życia w celu harmonizacji struktur kształcenia w Europie poprzez opracowanie niezbędnej metodologii definiowania efektów kształcenia, która miałaby umożliwić analizę programów nauczania oraz zapewnić ich porównywalność. Efekty kształcenia oznaczają zbiór kompetencji charakteryzowany przez trzy elementy:

- wiedzę i rozumienie – skupia się wokół teoretycznej znajomości danej dziedziny, zdobywania wiedzy i jej rozumienia,
- umiejętność wykorzystania wiedzy w działaniu – dotyczy praktycznego i operacyjnego zastosowania wiedzy w nowych dziedzinach,
- postawy – odnosi się do wartości jako integralnego elementu postrzegania i współżycia w kontekście społecznym.

Kompetencje jako podstawa do osiągnięcia efektów kształcenia powinny odpowiadać kwalifikacjom uzyskiwanym po ukończeniu programu kształcenia. Jednocześnie ich nabywanie może być określone i powiązane zarówno z całymi programami studiów (I lub II stopnia), jak i poszczególnymi „częściami” programu studiów (przedmiotami czy kursami).

Tabela 3. Przegląd działań mających na celu standaryzację kompetencji w wybranych krajach Europy

źródło: [61]

Kraj	Działania ukierunkowane na standaryzację kompetencji	Charakterystyka działań i osiągniętych korzyści
Belgia (wspólnota flamandzka)	Udział Wspólnoty Flamandzkiej Belgii w programie DeSeCo (Definition and Selection of Competencies)	<p>Opiera się na osiągnięciach projektu St.A.M. (<i>Studiegroep Authentieke Middenschool</i>) - wyróżniono trzy obszary kompetencji kluczowych: wiedzę, umiejętności i postawy. Wiedza pozwala jednostkom na zrozumienie relacji wyznaczających ich tożsamość. Umiejętności umożliwiają tworzenie i budowę sieci relacji. I wreszcie postawy pozwalają na sterowanie sieciami relacji i sprawowanie nad nimi kontroli;</p> <p>opracowanie definicji kompetencji i kompetencji kluczowych;</p> <p>opracowanie wstępnego wykazu kompetencji kluczowych (wskaźników umiejętności, jakie uczniowie powinni posiadać po ukończeniu kolejnego szczebla edukacyjnego);</p> <p>opracowanie ram, które mogą być źródłem do długoterminowego przedłużenia oceny kompetencji w nowych dziedzinach.</p>
Dania	Opracowanie Narodowego Wykazu Kompetencji; Udział w projekcie DeSeCo	<p>Prowadzenie projektu międzysektorowego, w którym zaangażowane są następujące ministerstwa: Ministerstwo Edukacji, Ministerstwo Pracy, Ministerstwo Nauki, Techniki i Innowacji, Ministerstwo Gospodarki i Biznesu;</p> <p>identyfikacja kompetencji niezbędnych w społeczeństwie wiedzy;</p> <p>zapropozowanie zmian legislacyjnych w dziedzinie gospodarki, edukacji, badań i rynku pracy mających na celu stały rozwój kompetencji wszystkich obywateli – zarówno tych z niskim, jak i wysokim poziomem wykształcenia formalnego oraz przeciwdziałanie marginalizacji na rynku pracy, gdyż stanowi to zagrożenie dla zrównoważonego rozwoju społeczeństwa oraz dla rozwoju kompetencji niezbędnych w tym społeczeństwie.</p>
Niemcy	Udział w projekcie DeSeCo; Projekt Quiss; Stała Konferencja Ministrów Edukacji i Kultury	Intensyfikacja badań nad metodami i narzędziami oceny indywidualnych osiągnięć uczniów w zakresie kompetencji;

	Krajów Związkowych; Bund-Länder-Kommission – BLK (Komitet przedstawicieli rządu federalnego i krajów związkowych)	<p>rezolucja dotycząca wprowadzenia narodowych standardów edukacyjnych;</p> <p>poprawa jakości i efektywności kształcenia;</p> <p>QUISS - opracowano projekt wewnętrznej i zewnętrznej oceny kwalifikacji kluczowych, ESQ (<i>Interne und externe Evaluation von Schlüsselqualifikationen</i>).</p>
Polska	program KREATOR; projekt e-Akademia Przyszłości; Projekt SPO RZL „Opracowanie i upowszechnienie krajowych standardów kwalifikacji zawodowych”	<p>Wdrożenie pięciu kompetencji kluczowych do programów nauczania przedmiotów ogólnokształcących i praktyki szkolnej;</p> <p>praca nad nową podstawą programową;</p> <p>kształtowanie u uczniów umiejętności spójnych z kompetencjami kluczowymi;</p> <p>Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej opracowuje listę zawodów/specjalności, dla których przygotowane zostały standardy kwalifikacji zawodowych.</p>
Szkocja	Opracowanie Scottish Credit and Qualifications Framework (SCQF) - krajowego systemu transferu i akumulacji punktów dla wszystkich poziomów kwalifikacji w Szkocji	<p>Publikowana jest baza kompetencji jako katalog „<i>Catalogue of Core Skills in National Qualifications</i>”;</p> <p>zarządzaniem rozwojem SCQF zajmuje Scottish Qualifications Authority, Stowarzyszenie Kolegiów Szkocji (ASC), QAA Szkocji, uniwersytety Szkocji i szkocki rząd;</p> <p>ocena umiejętności kluczowych (kompetencji kluczowych);</p> <p>pomaga lepiej zrozumieć kursy i programy, które prowadzą do kwalifikacji;</p> <p>unifikacja kwalifikacji nabytych w szkockim systemie edukacji (Scottish Qualifications Certificate Higher National Certificate Higher National Diploma, Scottish Vocational Qualification) do jednej skali;</p> <p>integruje system krajowy z europejskim systemem transferu punktów na każdym poziomie szkockiego szkolnictwa wyższego.</p>

Projekt Comp Train [26] współfinansowany w ramach programu Leonardo da Vinci skupia się na problemie definiowania kompetencji dla potrzeb wykonywania określonych zawodów. Celem jest przygotowanie harmonijnego opisu kompetencji biorących pod uwagę rozwój nowych technologii i wymagania rynkowe na potrzeby zawodów związanych z multimediami. Głównym osiągnięciem projektu jest przygotowanie katalogu kompetencji dla pracy z multimediami (European Competence Profiles for Multimedia jobs).

Wiodące prace nad problematyką kompetencji są wynikiem działań w projekcie TenCompetence [150]. Projekt TenCompetence został powołany w celu integracji różnych podejść do opracowania narzędzi, treści nauczania i programów nauczania dla potrzeb wspierania ustawicznego rozwoju nauczania opartego na kompetencjach. Do głównych zadań realizowanych w ramach projektu należą [68]:

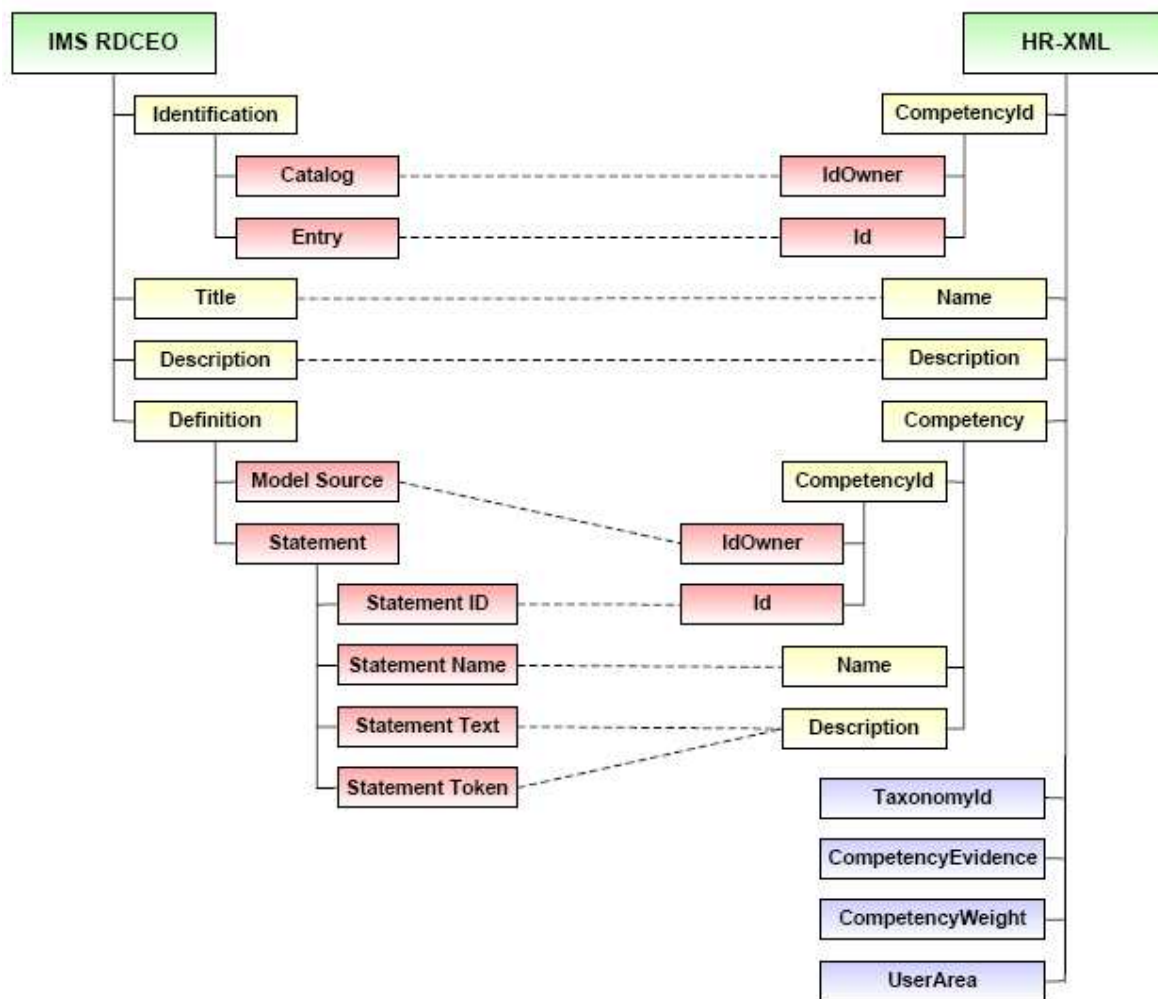
- rozwój innowacyjnych metod i technologii do tworzenia, przechowywania, wykorzystywania zasobów wiedzy związanej z ustawicznym rozwojem kompetencji,
- rozwój opartych na standardach metod i narzędzi do oceny procesu uczenia się i nauczania,
- rozwój innowacyjnych metod i technologii do tworzenia, przechowywania, wykorzystywania oraz wymiany formalnych i nieformalnych programów rozwoju kompetencji
- rozwój modeli, metod i technologii do tworzenia, przechowywania, użytkowania oraz wymiany programów rozwoju kompetencji z różnych źródeł w Europie w celu wspierania ustawicznego rozwoju kompetencji.

Kluczowym osiągnięciem projektu jest opracowanie Personal Competence Manager – infrastruktury dla jednostek, społeczności i organizacji, która pozwoli im zarządzać rozwojem kompetencji w różnych dziedzinach wiedzy, na poziomie edukacji formalnej i nieformalnej, szkoleń, etc. Wyniki prac projektu TenCompetence potwierdzają również możliwość wykorzystania istniejących modeli opisu kompetencji [87].

Wśród dostępnych standardów wyróżnić należy przede wszystkim IMS RDCEO (Reusable Definition of Competency or Educational Objective), HR-XML Competencies (Measurable Characteristics), IEEE RDC (Reusable Competency Definitions), przy czym ten ostatni wykorzystywany w systemach LMS i zarządzaniu profilami kompetencyjnymi, jest bezpośrednim odzwierciedleniem specyfikacji IMS RDCEO [127], [52], [55].

Opracowane specyfikacje definiują model opisu informacji w odniesieniu do kompetencji i dają możliwość jednoznacznego rozumienia kompetencji w systemach kształcenia, czy też zarządzania zasobami ludzkimi. Modele te opisują kompetencje przy użyciu różnego rodzaju informacji na temat kompetencji, jednakże jak pokazuje [127] oraz [87] można dokonać mapowania pomiędzy poszczególnymi znacznikami standardu IMS RDCEO i HR-HML (rysunek 4).

W poszczególnych elementach obu specyfikacji przechowywane są te same informacje, a wśród nich: identyfikator kompetencji (Identification – CompetencyId), tytuł kompetencji (Title - Name), opis kompetencji (Description - Description), definicja kompetencji (Definition - Competency). Istnieją jednak znaczniki takie jak CompetencyEvidence (przechowuje informacje o istnieniu, wystarczalności i poziomie kompetencji, może zawierać wyniki testów, raporty, certyfikaty, licencje, inne referencje) i CompetencyWeight, nie mają swojego odzwierciedlenia wśród znaczników standardu IMS RDCEO i charakteryzują tylko model HR-XML. Częściowo metadane ze standardu HR-XML są pokryte przez inne współpracujące ze standardem IMS RDCEO komponenty pochodzące z IEEE LOM (Learning Object Metadata) i IMS LIP (Learner Information Profile) [123], [56].



Rysunek 4. Struktura standardów RDCEO i HR-XML wraz z odwzorowaniem procesu mapowania poszczególnych meta danych
źródło: [87]

2.2 Identyfikacja struktury kompetencji w procesie kształcenia

Z punktu widzenia informatyki, by zbudować system informacyjny monitorowania procesu nabywania kompetencji, istotne jest wyjaśnienie jaka jest struktura kompetencji nabywanych w procesie dydaktycznym. Dzięki temu zostaną określone elementy składowe kompetencji oraz zespół wzajemnych powiązań między tymi elementami. Zadanie to nie może być jednak zrealizowane bez zrozumienia natury procesu dydaktycznego i określenia kolejnych działań w ramach zarządzania tym procesem. Pozwoli to określić główne czynniki regulujące przebieg procesu dydaktycznego oraz dostrzec istniejące w tym procesie ograniczenia, które decydują o zakresie nabywanych kompetencji.

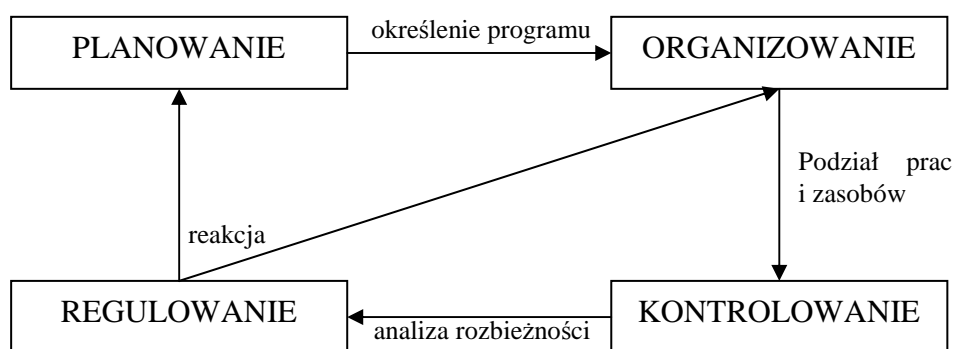
Analizę procesu dydaktycznego można wykonać zgodnie z klasycznym ujęciem zaczerpniętym z systemów produkcyjnych, gdzie zarządzanie procesem rozpatruje się jako składową czterech funkcji: planowania, organizowania, kontrolowania i regulowania (rysunek 5) [20].

Planowanie odnosi się do zdefiniowania profili nauczania, a także wyznaczenia celów do osiągnięcia w ramach przyjętych profili. Profile nauczania określone są na cały okres kształcenia. W ich obrębie tworzone są programy nauczania. By profile i programy

przygotować na potrzeby nabywania kompetencji niezbędne jest uwzględnienie dwóch taksonomii: taksonomii dziedziny (rysunek 6) oraz taksonomii organizowania procesu nauczania (rysunek 7). Taksonomie te pozwalają określić jakie są ograniczenia formalne dotyczące zakresu nabywanych kompetencji.

Taksonomia dziedziny jest normą, normatywem, którego respektowanie jest wymagane z uwagi na rozporządzenia ministerialne. Taksonomia odwzorowuje retrospektywny pogląd na stan określonej dziedziny naukowej w postaci twardej hierarchii uogólnionych pojęć, wyrazów, z których każdy zaznacza gałąź tej hierarchii.

Taksonomia organizowania procesu dydaktycznego jest podstawą do określenia proporcji różnych typów wiedzy składającej się na kompetencje i ich łączenia ze sobą w ramach przedmiotów/kursów. Nazwa przedmiot/kurs stosowana jest w rozprawie jako synonim i określa cykl zajęć edukacyjnych służących nabyciu określonych kompetencji, które mogą wystąpić w postaci wykładów, ćwiczeń, laboratorium.

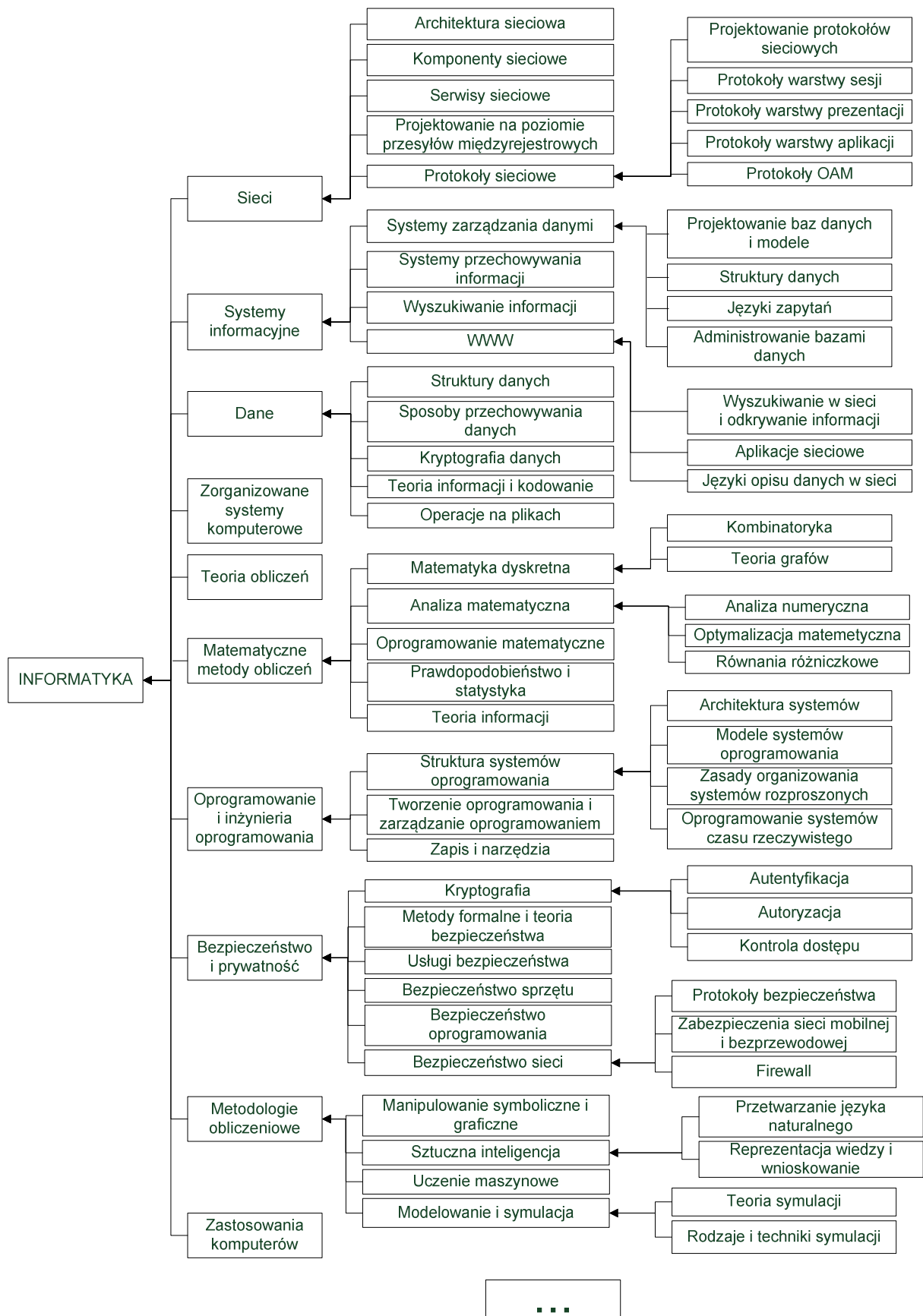


Rysunek 5. Etapy procesu zarządzania w systemach produkcyjnych
źródło: [20]

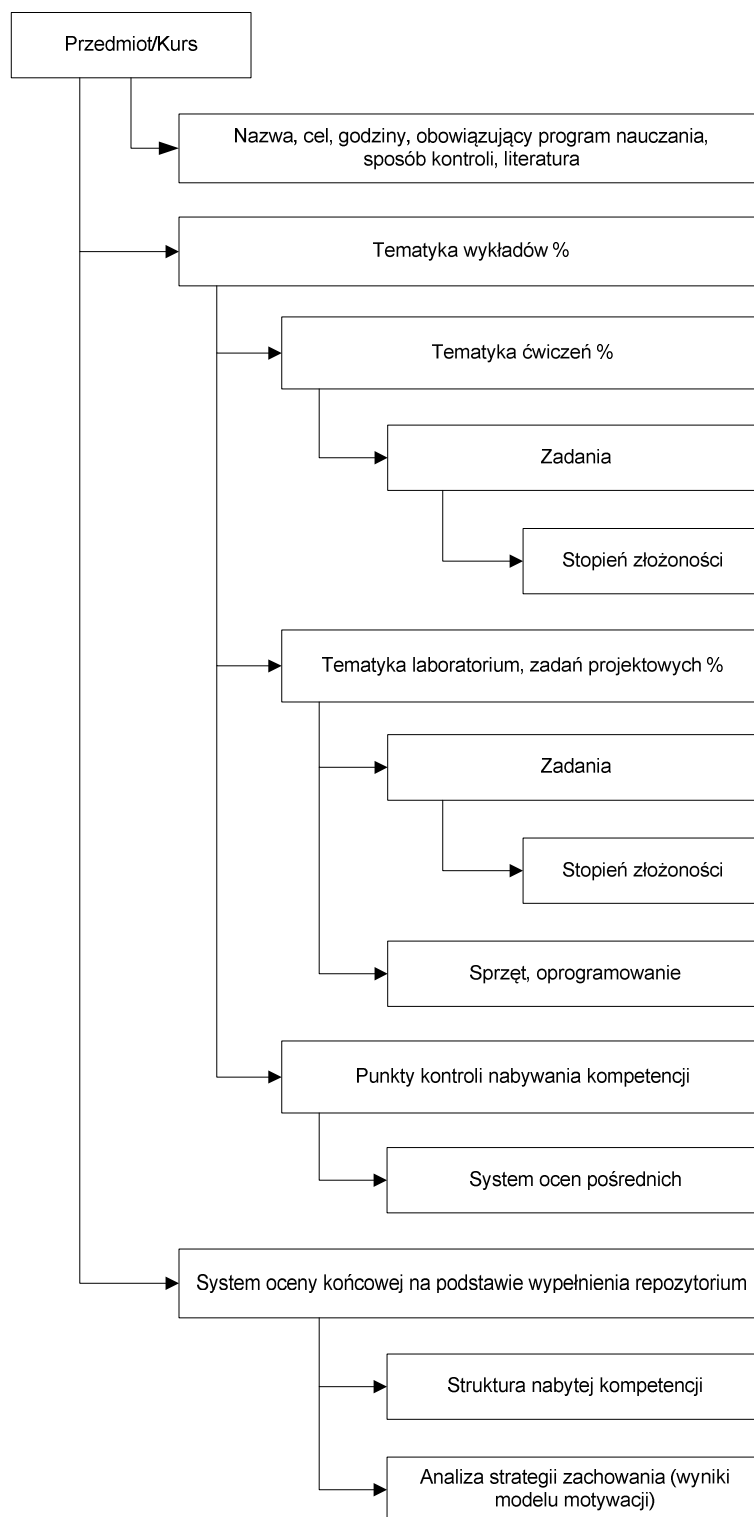
Proces organizowania (rysunek 5) ustala podział prac i zasobów zgodnie z określoną sytuacją edukacyjną. Istotne w przypadku procesu organizowania jest świadome przydzielenie zasobów osobowych, czasowych, rzeczowych i dostarczenie narzędzi pomocnych w analizowaniu tego przydziału, np. symulacji.

Nabywanie kompetencji podlega obserwacji i analizie w procesie kontrolowania. Dokonywany przegląd ma charakter zarówno jakościowy jak i ilościowy, tak jak to ma miejsce w procesach produkcyjnych. Z jednej strony ocenie poddawani są zarówno studenci, którzy nabywają kompetencje, jak i sami nauczyciele, którzy przygotowują materiały dydaktyczne. Z drugiej zaś strony także organizacja edukacyjna jako całość pod kątem przygotowania procesu kształcenia. Proces kontrolowania może być prowadzony na określonym przedziale czasu lub też jako podsumowanie całego horyzontu czasu, a jego podstawą jest charakter i zakres prowadzonych obserwacji (zakres monitorowania).

Wszelkie rozbieżności odkryte w trakcie kontroli podlegają procesowi regulowania, który odnosi się bądź to do zmiany poszczególnych programów nauczania lub też wymaga całościowego przeprojektowania profili nauczania. Taka sytuacja może mieć miejsce, gdy oferowane w ramach ofert kształcenia profile i programy kształcenia nie odzwierciedlają rzeczywistych potrzeb rynku pracy. Proces regulowania może mieć także miejsce w samej realizacji procesu dydaktycznego na poziomie kursów i przedmiotów lub odnosić się może do materiałów dydaktycznych, które wymagają np. rozwinięcia zgodnie z ideą kompetencji.



Rysunek 6. Fragment taksonomii dziedziny - dyscyplina naukowa informatyka wg ACM
 źródło: opracowanie własne na podstawie [2]



Rysunek 7. Taksonomia organizowania procesu dydaktycznego zorientowanego na nabywanie kompetencji w ramach określonego przedmiotu/kursu
źródło: opracowanie własne

Określenie struktury kompetencji na potrzeby budowy systemu monitorowania procesu nabywania kompetencji powoduje, że możliwe będzie prowadzenie obserwacji nad zapotrzebowaniem na określone kompetencje i dokonywanie analiz w zakresie zmian w materiałach dydaktycznych, przedmiotach/kursach, czy też samych profilach nauczania.

Na potrzeby opracowania formalnej struktury kompetencji najbardziej funkcjonalną jest definicja zaprezentowana w Leksykonie haseł związanych z e-nauczaniem [149], które daje podstawę, by interpretować kompetencję jako składową 3 typów wiedzy. Kompetencję K można zatem opisać jako trójkę:

$$K = \{W_t, W_p, W_{pr}\},$$

gdzie

(2.2—1)

W_t – wiedza teoretyczna,

W_p – wiedza proceduralna,

W_{pr} – wiedza projektowa.

Do parametrów struktury kompetencji należą:

- udział wiedzy teoretycznej, proceduralnej i projektowej w poszczególnych przedmiotach/kursach,
- objętość i głębokość wiedzy,
- sposób przekazywania wiedzy.

Sposób doboru wiedzy teoretycznej, proceduralnej i projektowej w trakcie nabywania kompetencji jest zależny od celów kształcenia i konkretnej sytuacji edukacyjnej. Udział ten powinien określić ekspert dziedziny, który bierze pod uwagę przede wszystkim taksonomię dziedziny. U inżyniera informatyka udział wiedzy teoretycznej i zajęć praktycznych w zakresie programowania będzie znacznie większy niż u inżyniera zarządzania i inżynierii produkcji, choć obaj otrzymają dyplom tej samej uczelni. Także specjalizacja realizowanego kursu/przedmiotu wyznacza trend podziału wiedzy teoretycznej, proceduralnej i projektowej. Oznacza to, że uczestnik kursu mającego na celu zapewnienie kompetencji w ogólnym zakresie modelowania i symulacji będzie miał więcej zajęć teoretycznych niż praktycznych, podczas gdy w kursie na specjalistę w zakresie obsługi pakietu symulacyjnego Arena, udział teorii o sposobach i metodach modelowania i symulacji będzie mniejszy, a proces kształcenia będzie miał za zadanie znacznie zintensyfikować udział wiedzy proceduralnej, która zapewni sprawne posługiwanie się programem [20].

Reprezentacja objętości i głębokości wiedzy może być przeprowadzona przy wykorzystaniu strukturyzacji pojęć. Poziom objętości wiedzy wyrażony jest przez podzbiór obiektów (pojęć) zaliczonych do danej klasy, która została nominowana przez nazwę pojęcia. Poziom głębokości wiedzy oznacza zaś zbiór wartości cech dla każdego obiektu zaliczonego do określonej klasy z uwzględnieniem ograniczeń narzuconych konkretnym celem nauczania i poziomem wymaganych kompetencji. Sposób przekazywania wiedzy to konkretny środek wykorzystany w procesie kształcenia i mający na celu przekazywanie odpowiedniego typu wiedzy. Środkami takimi mogą być podręczniki, wideokonferencje, fora dyskusyjne, prezentacje multimedialne, symulacje, itp. [20].

2.3 Charakterystyka funkcjonalno-narzędziowego potencjału inżynierii ontologii w celu przygotowania formalnego modelu reprezentacji kompetencji

Specyfika procesu nabywania kompetencji zakłada, że jest to proces realizowanych w pętli zależnych od siebie podprocesów, w ramach których przyswajane są określone porcje kompetencji (wiedza teoretyczna „and” wiedza proceduralna „and” wiedza projektowa) [120]. Realizacja pętli, której wynikiem działania są nabyte kompetencje, przewiduje istnienie z jednej strony mechanizmów wyodrębniania zakresu wiedzy

składającej się na kompetencje, a z drugiej powinna dawać możliwość określania warunków zakończenia procesu ich nabywania. Z tego powodu pojawia się potrzeba zastosowania mechanizmów, które pozwolą śledzić stan kompetencji rozumiany jako zestaw odpowiednich porcji wiedzy oraz wpływać na rozwój kompetencji podczas procesu kształcenia.

Celem opracowania formalnego modelu opisu wiedzy będącej podstawą kompetencji jest jednoznaczność interpretacji zakresu kompetencji. Wykorzystane na ten cel podstawy matematyczne, po ustaleniu źródeł wiedzy, struktury wiedzy w ramach kompetencji, sposobu przetwarzania danych wejściowych i dostarczaniu danych wyjściowych do użytkownika, stają się podstawą do budowy odpowiedniego systemu informatycznego. Wybór metody reprezentacji wiedzy na potrzeby opisu kompetencji powinien uwzględniać konieczność wskazania kontekstu wiedzy, który wynika z syntaksy i morfologii języka naturalnego.

Szukając metody reprezentacji wiedzy na potrzeby opisu kompetencji można analizować: jednostkę logiczną, która jest wykorzystywana jako podstawowy element na potrzeby budowania modelu wiedzy, podstawowy element struktury wykorzystywany w modelach wiedzy, specyfikę modelowanej wiedzy, przyjęte zasady opisu i przetwarzania wiedzy (tabela 4). Na podstawie tych informacji można zaś wskazać typowe zadania, dla których model może być wykorzystany.

Tabela 4. Podstawowe elementy wykorzystywane na potrzeby budowania modeli wiedzy
źródło: opracowanie własne na podstawie [101], [44]

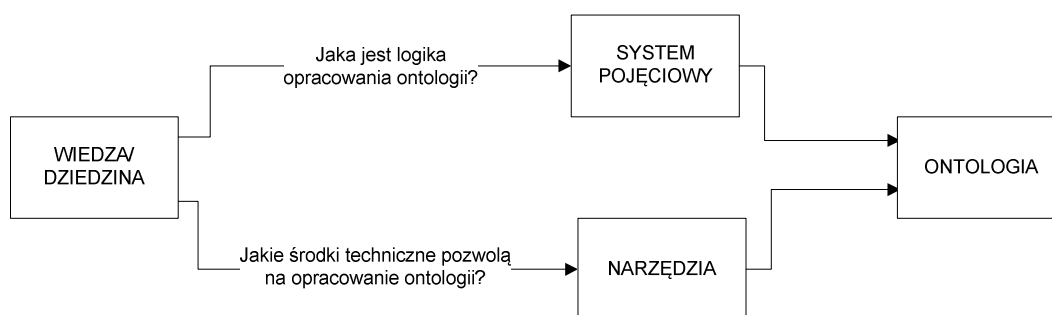
Jednostka logiczna	Podstawowy element strukturalny	Specyfika i źródła wiedzy	Opis i przetwarzanie modelu wiedzy	Typowe zadania
fakt	zdanie warunkowe (reguła)	ekspercka	logika predykatów	diagnozowanie
obiekt	klasa-podklasa obiektów	dziedziczona w ramach projektu	proceduralna wysokiego poziomu	przechowywanie i przetwarzanie w systemach współdziałania
węzeł	sieć semantyczna	semantyka relacji	graf + język naturalny	wizualizacja kontekstu
	sieć neuronowa	semantyka relacji + waga relacji	graf + algorytmy obliczeniowe	„automatyczne nauczanie”
pojęcie	graf ontologii	wiedza dziedzinowa na różnym poziomie	graf + logika opisowa	nauczanie-uczenie się i dzielenie się wiedzą

Analiza jednostek logicznych (jednostek wiedzy) w kontekście możliwych zastosowań na podstawie specyfiki wiedzy, której są podstawą oraz sposobów opisu i przetwarzania tych jednostek, pozwala zaproponować ontologie jako metodę reprezentacji wiedzy na potrzeby nauczania-uczenia się opartego na kompetencjach. Ontologia stanowi model reprezentacji wiedzy, oparty na specyfikacji pojęć z określonej dziedziny i relacji między nimi [44]. Modele tego typu pozwalają wskazać kontekst danego pojęcia poprzez wyjaśnienie semantyki i syntaksy opisywanego zjawiska.

Ontologia jako metoda reprezentacji wiedzy znana jest od czasów starożytnych. Za sprawą Parmenidesa, który uznał niezależność istoty bytu od naszych zmysłów, czy też Arystotelesa – autora pierwszej ontologii w postaci systemu kategoryzacji pozwalającego na klasyfikację wszystkiego, co można powiedzieć o świecie oraz ich następców, ontologia stała się odpowiedzią na potrzebę wyrażania światopoglądu, określając przy tym granice prowadzonych rozważań naukowych. W ramach statycznego modelu świata, na gruncie filozoficznym, prowadzono dyskusję na temat etyki człowieka, istoty bytu, istnienia,

przedmiotu i jego własności, przyczynowości i czasu, czy też przyczynowości. Tym samym powstały teoretyczne podstawy sposobu postrzegania świata, wyrażające mądrość określonej szkoły filozofów.

Poziomy generalizacji wiedzy we współczesnym ujęciu ontologii zostały skierowane w kierunku zastosowań człowieka, uwydatniając aspekt pragmatyczny i odchodząc od rozważań filozoficznych. W literaturze światowej z obszaru informatyki coraz więcej uwagi poświęca się zagadnieniom związanym z tworzeniem i wykorzystaniem języków ontologii, opracowywaniem narzędzi do budowania i rozwijania ontologii [45], [135], [116], [136]. Aby jednak mówić o ontologii w pełnym tego słowa znaczeniu, należy połączyć dwa obszary rozważań, uwzględniając z jednej strony kwestię określania granic ontologii i sposobu doboru systemu pojęciowego na potrzeby rozpatrywanego problemu, a z drugiej rozwoju narzędzi wspierających tworzenie, rozwój i przetwarzanie opracowanych ontologii (rysunek 8).



Rysunek 8. Kontekst rozważań nad problematyką tworzenia ontologii
 źródło: opracowanie własne na podstawie [44]

Definicja ontologii w kontekście inżynierii wiedzy. Jedną z pierwszych definicji, którą zaproponował Neches i inni [104], mówi, że „ontologia definiuje podstawowe terminy i relacje tworzące słownik danego obszaru tematycznego oraz zasady dotyczące łączenia terminów, a także poszerzania słownika”. Zadaniem ontologii jest łączenie ze sobą pojęć tak, by w procesie wnioskowania możliwe było uzyskanie wiedzy.

W rozważaniach Smith’a [141] ontologia uznana została za naukę o „rodzajach i strukturach obiektów, właściwości, zdarzeń, procesów, relacji w każdym z obszarów rzeczywistości”, co jak podaje Fensel [36], daje możliwość skonstruowania modelu pewnej dziedziny wiedzy.

Podejście to zostało rozwinięte przez Heylighen’a [50], który w ontologii widział sposób abstrakcyjnej analizy koncepcji systemu pojęciowego, która może być przedstawiona w formie grafu, którego węzły odwzorowują podstawowe pojęcia, natomiast łuki odpowiadają relacjom między pojęciami.

Jedną z najczęściej cytowanych definicji jest definicja Grubera, zgodnie z którą ontologia jest jednoznaczny specyfikacją konceptualizacji [48]. Definicję tą rozwinął Borst [45] oraz Studer i inni [145], uznając ontologię za formalną, jednoznaczny specyfikację dzielonej (wspólnej) konceptualizacji. Konceptualizacja ma na celu opracowanie abstrakcyjnego i uproszczonego modelu określonych zjawisk w świecie poprzez identyfikowanie odpowiednich pojęć opisujących te zjawiska. Jednoznaczność odnosi się do precyzyjnego zdefiniowania pojęć wykorzystanych dla opisu zjawiska i ich ograniczeń użycia. Formalność sprowadza się do zapewnienia konieczności maszynowego rozumienia danej ontologii, zaś słowo wspólna odwołuje się do akceptacji wykorzystanych do opisu wiedzy pojęć przez odbiorców.

W kontekście zarządzania wiedzą, ontologia może być rozpatrywana jako metoda reprezentacji wiedzy, która pozwala opracować wspólny słownik pojęć i ich relacji, co ułatwia przechowywanie i dzielenie się wiedzą oraz komunikację w systemach zarządzania wiedzą [170]. Formalna definicja ontologii, opisana za pomocą dwóch zbiorów: zbioru definiującego strukturę ontologii (O) oraz zbioru definiującego słownik (L), została zaprezentowana przez [88]. Na jej podstawie model ontologiczny może być przedstawiony następująco:

$$O = \{P, R, T, A\}, \quad (2.3-1)$$

gdzie

P – pojęcia,
 R – relacje po między pojęciami,
 T – taksonomia,
 A – zbiór aksjomatów dziedziny,

$$L = \{L_p, L_r, F_p, F_r\}, \quad (2.3-2)$$

gdzie

L_p – leksykon dla zbioru pojęć,
 L_r – leksykon dla zbioru relacji,
 F_p – referencji dla pojęć,
 L_r – referencji dla relacji.

Jak podaje Filipczyk i Gołuchowski [40] w cytacie za Meadche i Cybulka na ontologię składają się:

- pojęcia/ klasy opisujące elementy/klasy dziedziny modelu (ang. classes, concepts),
- własności opisujące cechy poszczególnych pojęć (ang. slots, roles, properties),
- ograniczenia nałożone na wartości, jakie mogą przyjmować cechy danego pojęcia (ang. facets, role description),
- związki między pojęciami (taksonomie),
- relacje między pojęciami i aksjomaty (opisujące prawdziwe zdania).

Tworząc ontologię, czy też rozwijając już istniejącą wyodrębniono dwa podejścia od ogółu do szczegółu (ang. top-down approach) oraz od szczegółu do ogółu (ang. bottom-up approach) [45], [40]. Dodatkowo mówi się jeszcze o podejściu mieszanym, łączącym dwa wymienione powyżej.

Podejście od ogółu do szczegółu mówi o tym, by w pierwszej kolejności znaleźć pojęcia ogólne, tworzące stabilną ontologię ogólną i na ich podstawie dokonywać opracowywania ontologii szczegółowych. Daje to możliwość śledzenia stopnia szczegółowości ontologii przez jej projektanta. Jednakże problematyczne w tym przypadku wydaje się zbudowanie takiej ontologii, która na podstawie rozwoju od ogółu do szczegółu łączyłaby w sobie pojęcia z różnych dziedzin i aplikacji, a tym samym umożliwiałaby wnioskowanie pomiędzy dziedzinami.

Koncepcja od szczegółu do ogółu zakłada sytuację odwrotną, w której budowa ontologii rozpoczyna się od pojęć najbardziej szczegółowych, z których w kolejnych stopniach opracowania ontologii przechodzi się do pojęć bardziej ogólnych. Podejście to

może jednak na skutek dużej detalizacji i dużej liczby conceptów szczegółowych utrudniać przechodzenie na wyższy poziom.

W podejściu mieszanym ontologia tworzona jest poprzez definiowanie najbardziej oczywistych pojęć dla danej sytuacji problemowej, a następnie stosuje się proces bądź ich uszczegółowienia lub też uogólniania.

Tworzenie ontologii, jak podaje Gruber, powinno opierać się na następujących kryteriach [47]:

- jasność – ontologia przedstawia zamierzone znaczenie definiowanych terminów przy wykorzystaniu obiektywnych i niezależnych od kontekstu społecznego lub informatycznego definicji; definicje powinny posiadać opis w języku naturalnym, a gdy to jest możliwe powinny być wyrażane przez aksjomaty logiczne;
- spójność – ontologia powinna posiadać mechanizm wnioskowania, który wykazuje spójność logiczną na poziomie stosowanych aksjomatów i definicji pojęć;
- rozszerzalność – ontologia powinna dawać możliwość wykorzystania wspólnego słownika oraz definiowania nowych pojęć na podstawie istniejącego słownika;
- minimalne zależności od języka ontologii – ontologia powinna zostać określona na poziomie wiedzy i minimalizować wykorzystanie symboliki związane z konkretnym językiem reprezentacji; symbole powinny być stosowane wyłącznie, gdy ułatwiają proces notacji;
- minimalne zaangażowanie ontologiczne – ontologia powinna wprowadzać minimalną liczbę założeń i ograniczeń, co ma zapobiegać niezgodności definicji przy wprowadzaniu nowych pojęć.

Kluczowe dla opracowania ontologii i jej poprawnego rozumienia jest wykorzystanie tezausa. Nazwa tezaurs, pochodzi z języka greckiego thesaurus, co oznacza magazyn, skarbiec. Początkowo pojęcie to używano w znaczeniu słownika lub leksykonu, ale od połowy XIX w. zyskało znaczenie słownika pojęciowego [142]. Zadaniem tezausa jest jednoznaczna identyfikacja pojęć, które mają być wykorzystywane dla opisu zjawisk, obiektów, właściwości. Za prawidłową nazwę pojęcia uznaje się taką, która bardziej odpowiada sensowi wynikającemu z otaczającego kontekstu [74]. Na zasoby tezausa składa się słownictwo uporządkowane według kategorii tematycznych, do których dołączono wykaz wyrażen pokrewnych znaczeniowo wobec danego hasła np. w postaci synonimów, antonimów, wyrazów bliskoznacznych, hiperonimów, hiponimów, etc. Tezaurs przypomina swoistą „mapę semantyczną”, w której pokazane są związki pomiędzy pojęciami w celu poznania znaczenia terminów w danym obszarze tematycznym [142].

Ontologia jest narzędziem elastycznym. Może ją utworzyć każdy naukowiec przystępując do badań naukowych, dbając jednak o to, by przy jej budowaniu korzystać z pojęć zgodnie z ich definicjami. Opracowywana ontologia odwzorowuje indywidualny pogląd badacza na przedmiot badań w tej skali i w tym obszarze, jaki on sobie sam zakłada. Struktura opracowywanej ontologii ma postać grafu, a interwał czasu dla jej istnienia jest określony interwałem czasu prowadzonych eksperymentów oraz zainteresowań naukowych badacza. Z tego też powodu ontologia może wymagać rozszerzenia, a przy założeniu różnych zadań, ten sam problem potrzebuje często różnego zakresu podstaw teoretycznych, narzędzi i aplikacji.

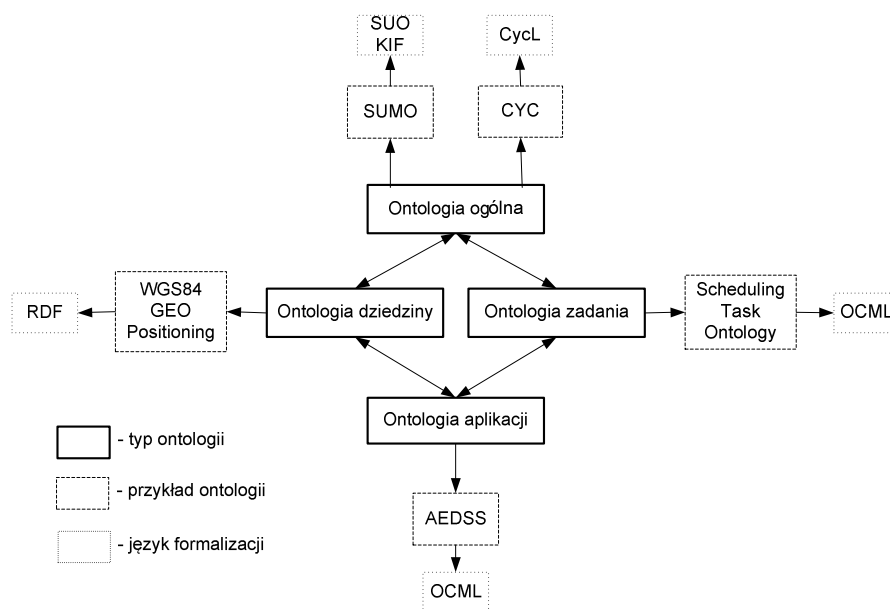
Problematyka budowania, rozwijania i zarządzania ontologiami będąca treścią wielu badań naukowych spowodowała wyodrębnienie odrębnej dziedziny zwanej inżynierią ontologii (ang. ontological engineering). Guariano i Giaretta w [45] definiują inżynierię ontologii jako gałąź inżynierii wiedzy, która opisuje i wykorzystuje zasady

formalne do budowania ontologii. W ramach inżynierii ontologii dyskutowane są działania związane z cyklem życia ontologii, a także tworzone są metody, narzędzia i języki do jej tworzenia, łączenia i doskonalenia. Inżynieria ontologii umożliwia opracowanie kolekcji kluczowych pojęć z danej dziedziny oraz ich sformowanie do postaci określonej struktury. Z uwagi na ten fakt, w obrębie inżynierii ontologii analizowane są takie aspekty jak: formalny opis współdzielonej konceptualizacji, teoretyczne podstawy tworzenia sieci pojęć i relacji między nimi, czy też prezentowanie zastosowań ontologii.

Klasyfikacja ontologii. Pierwsze ontologie budowane na potrzeby inżynierii wiedzy zaczęły powstawać w latach 80-tych XX wieku. Z uwagi na zakres uogólnienia ontologie zostały podzielone na [45]:

- ontologię ogólną (*top-level ontology*) - opisuje ogólną wiedzę o świecie dostarczając podstawowych konceptów o czasie, przestrzeni, zdarzeniu i stanie,
- ontologię dziedzinową (*domain ontology*) - opisuje wiedzę charakterystyczną dla określonej dziedziny np. medycyna, farmacja, prawo muzyka,
- ontologię zadania (*task ontology*) - opisuje wiedzę związaną z określonym zadaniem lub czynnością, np.: diagnozowanie, harmonogramowanie; często łączy w sobie wiedzę pochodzącą z różnych dziedzin,
- ontologię aplikacji (*application ontology*) - zawiera w sobie słownik pojęć wymaganych dla opisu wiedzy dla poszczególnych aplikacji; wyraża i specjalizuje pojęcia ontologii dziedzinowej i zadaniowej dla danej aplikacji.

Podział ontologii określa, jaki słownik pojęć będzie charakteryzował każdą z nich. W każdym przypadku można znaleźć istniejące w rzeczywistości przykłady. Rysunek 9 przedstawia przykłady poszczególnych kategorii ontologii wraz z językami ich formalizacji.



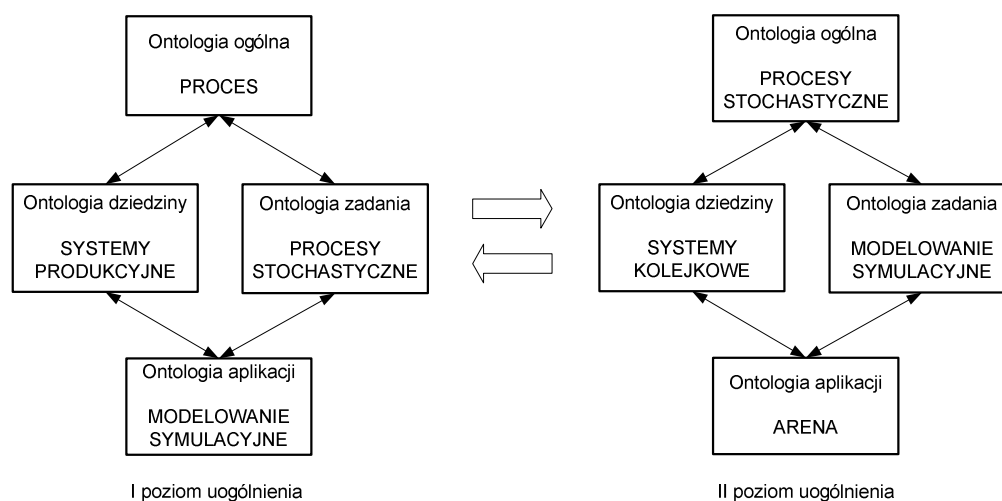
Rysunek 9. Typy i przykłady ontologii oraz wykorzystany na ten cel język formalizacji
źródło: [75]

Rozpatrując ontologie jako mechanizm umożliwiający charakterystykę określonego obszaru badań na różnym poziomie uogólnienia dąży się do tego, by wspierały one rozumienie poszczególnych pojęć i relacji między nimi pomiędzy specjalistami z różnych dziedzin, ale także użytkownikami zgłębiającymi tajniki np. określonych dziedzin

naukowych. Rysunek 9 nie wyczerpuje możliwych przypadków opracowywanych ontologii. Szukając innych można przeanalizować takie rozwiązania jak WordNet [45] dla potrzeb lingwistyki; UMLS dla medycyny [17]; EngMath dla zastosowań inżynierskich [48]; Harmonize, TAGA [147] lub OTA [162] w dziedzinie turystyki czy TOVE [147] lub Enterprise Ontology [161] dla opisu przedsiębiorstw, etc.

Wyodrębniona kategoryzacja ontologii pozwala rozpatrywać daną rzeczywistość na różnym poziomie uogólnienia. Jednocześnie umożliwia zobrazowanie sposobu myślenia o otaczającej rzeczywistości, wskazując drogę uszczegółowienia danej rzeczywistości problemowej przez twórcę ontologii. Sam proces zagłębiania i identyfikacji poszczególnych kategorii ontologii zależy od zainteresowań badaczy, spojrzenia na problem, postawionego celu końcowego badań, wykorzystanych instrumentów. W różnych dziedzinach i przy założeniu różnych zadań, ten sam problem potrzebuje różnego zakresu podstaw teoretycznych, narzędzi i aplikacji. Stąd też, w zależności na jakie potrzeby przygotowana jest ontologia, na poszczególnych poziomach jej uszczegółowienia będzie prezentowany odpowiedni zakres pojęć.

Przykłady poszczególnych uogólnień ontologii przedstawia rysunek 10.



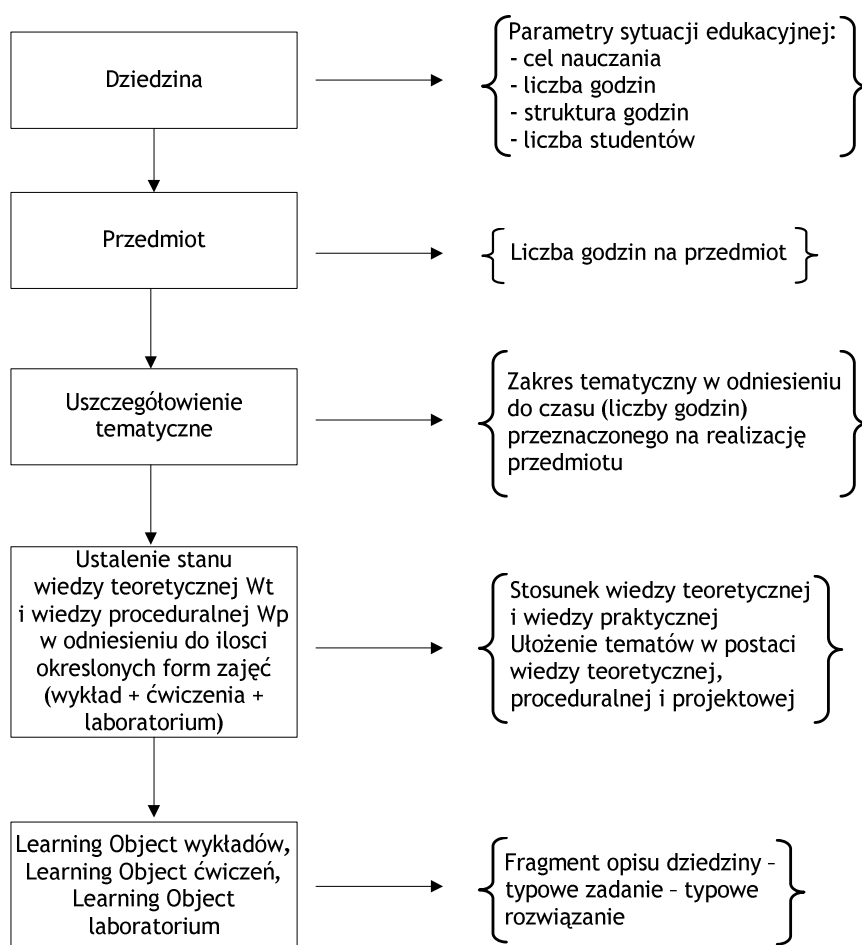
Rysunek 10. Stopień uogólnienia ontologii w kontekście słownika pojęć z dziedziny produkcji
źródło: [75]

Rysunek 10 uwzględnia różne stopnie uogólnienia ontologii w zależności od stawianej przed badaczem sytuacji problemowej realizacji określonego kursu. Pierwszy poziom uogólnienia obrazuje ogólną charakterystykę problemu. Wychodząc od ontologii ogólnej, zgodnie z którą poruszamy się w obszarze modelowania procesów, kolejne poziomy ontologii wyrażają potrzebę określenia dziedziny – w tym przypadku procesy dotyczą systemów produkcyjnych. Procesy produkcyjne mają różny charakter, w związku z tym wymagane jest sprecyzowanie na poziomie ontologii zadania tego charakteru. W przykładzie jako obiekt badań, dla którego określana jest treść zadań wybrano procesy stochastyczne. Powstały słownik pojęć ontologii ogólnej, dziedziny i zadania daje możliwość znalezienia podejścia do rozwiązania problemu (modelowanie symulacyjne). Wchodząc dalej w sytuację problemową można przejść na II stopień uogólnienia, w którym to procesy stochastyczne stają się główną kategorią rozważań i występują jako ontologia ogólna. Następnie określana jest dziedzina, w której procesy stochastyczne mogą zostać opisane - na przykład systemy kolejkowe. Czyniąc z systemów kolejkowych dalszy obiekt badań rozpoczyna się proces formułowania zadań w tej dziedzinie. Jest to punkt

wyjścia, by przejść na kolejny poziom kategoryzacji, gdzie w obrębie ontologii zadaniowej pojawia się modelowanie symulacyjne, zaś dla zrozumienia symulacji i rozwiązania postawionych zadań wykorzystywany jest pakiet symulacyjny Arena.

Konkretyzacja, jaka jest czyniona na kolejnych stopniach uogólnienia ontologii, ma szczególne znaczenie, gdy na jej bazie chcemy budować proces kształcenia. Ontologia pozwala wyodrębnić zakres pojęć, które będą gwarantowały jego przebieg przy uwzględnieniu pojawiających się ograniczeń np. czasowych, sprzętowych, osobowych. Jednocześnie ontologia poprzez specyfikację pojęć kluczowych będzie wskazywała poszczególne stopnie dochodzenia do wiedzy bardziej ogólnej lub bardziej szczegółowej.

Jak wskazuje rysunek 11, planowanie procesu kształcenia zorientowanego na kompetencje jest realizowane w kilku krokach, gdzie z jednej strony bierze się pod uwagę parametry sytuacji edukacyjnej, która wpływa znacząco na realizację przedmiotu/kursu, a z drugiej prowadzi do uszczegółowienia tematycznego, wyrażonego ontologią. Dla określonej dziedziny opisanej parametrami sytuacji edukacyjnej, która przewiduje realizację danego przedmiotu/kursu w określonym wymiarze czasu, przygotowany zostaje zakres pojęć, dostosowanych dla odbiorców. Ontologia ta staje się podstawą do ustalenia stanu wiedzy teoretycznej, proceduralnej i projektowej w realizowanym procesie nauczania- uczenia się. Działanie to jest podstawą opracowania porcji wiedzy (ang. learning object), opisanych jako zbiór trójek: „fragment opisu dziedziny – typowe zadanie – typowe rozwiązanie” [22].



Rysunek 11. Planowanie procesu dydaktycznego zorientowanego na nabywanie kompetencji
źródło: [76]

Aktualny stan potencjału narzędziowego wykorzystywanego do opracowania i rozwoju ontologii: języki opisu oraz dostępne rozwiązania informatyczne. Prace naukowe nad opracowaniem i rozwojem metod i narzędzi wspierających inżynierię ontologii zaowocowały pojawieniem się formalnych języków opisu umożliwiających ich maszynowe przetwarzanie. Jak podaje [45] języki służące do formalizacji ontologii można podzielić na:

1. języki tradycyjne, do których należą: Ontolingua, LOOM, OKBC, OCML, Flogic;
2. języki znacznikowe, do których należą: SHOE, XOL, RDF(S), OIL, DAML+OIL, OWL.

Autorzy ci wskazują dodatkowo charakterystykę języków opisu ontologii, co prezentuje tabela 5. Porównanie zawiera zestaw poszczególnych cech charakterystycznych dla języków opisu ontologii, przy czym: (+) oznacza, że cecha ta jest dostępna w danym języku, (-) określa, że cecha nie może być zrealizowana, (w) natomiast użyte jest, gdy cecha nie ma bezpośredniej realizacji w danym języku, choć może być w nim zrealizowana poprzez dodatkowe działania.

Analiza języków ontologii wskazuje, iż umożliwiają one reprezentowanie pojęć i ich atrybutów. O ile jednak w każdym z przedstawionych języków możliwe jest wyrażanie atrybutów instancji, to na potrzeby atrybutów klas w językach takich jak SHOE, LOOM, OIL, RDF(S), DAML+ OIL, OWL nie ma gotowych rozwiązań. W tych trzech ostatnich istnieją jednak rozwiązania zastępcze, które polegają na zdefiniowaniu ich jako właściwości, których domeną jest klasa RDF(S): Class, DAML: Class i OWL: Class.

Wprowadzanie ograniczeń atrybutów jest możliwe we wszystkich rozważanych w tabeli językach. Ponadto w wielu przypadkach wprowadzić można ograniczenia liczebności cech (zarówno minimalne jak i maksymalne), za wyjątkiem SHOE i RDF(S). Jeśli zaś rozważamy dołączanie procedur do atrybutów to jest ono możliwe tylko w języku LOOM i OCML.

Hierarchiczną strukturyzację pojęć dziedziny można wykonać w każdym języku. W tym celu wyróżnia się cztery relacje taksonomiczne: podklasa klasy, podział rozłączny, podział zupełny oraz partycja. Wyodrębnianie relacji „jest podklasą” jest podstawowym sposobem na określanie hierarchii pomiędzy pojęciami dostępnymi w każdym z rozważanych języków, ale podział zupełny, rozłączny i partycja w wielu przypadkach nie może być dokonany w ogóle lub wymaga zastosowań pośrednich (np. podział - poprzez zastosowanie formalnych aksjomatów w języku Flogic; partycja – dwuetapowy proces w języku OWL: po pierwsze sprecyzowanie, czy koncepty w partycji są rozłączne, a następnie określenie superkonceptów jako zrzeszenie wszystkich pojęć w partycji).

W analizowanych językach bez żadnych przeszkód pomiędzy pojęciami mogą być definiowane relacje binarne. Jednak n-arne relacje wymagają zastosowania reifikacji. Hierarchia relacji może być przedstawiona w siedmiu językach jako bezpośrednio dostępne rozwiązanie, zaś w FLogic hierarchię tworzy się z wykorzystaniem formalnych aksjomatów. Natomiast ograniczenia integralności w relacjach jest możliwe tylko w językach, w których występują aksjomaty formalne.

Funkcje, zdefiniowane przez Grubera [45] jako szczególny przypadek relacji, są analizowane pod kątem ich arności. Za wyjątkiem języka SHOE i RDF(s), funkcje binarne mogą być zdefiniowane (bezpośrednio lub przy użyciu dodatkowych metod) w każdym języku. Funkcje n-arne nie mogą być przede wszystkim określone w językach znacznikowych.

Analiza „innych komponentów” pozwala zwrócić uwagę na dodatkowe różnice pomiędzy językami tradycyjnymi i znacznikowymi. Jak wskazuje tabela 5, tylko instancje pojęć i relacji mogą być definiowane w obu typach języków, choć w przypadku RDF(S),

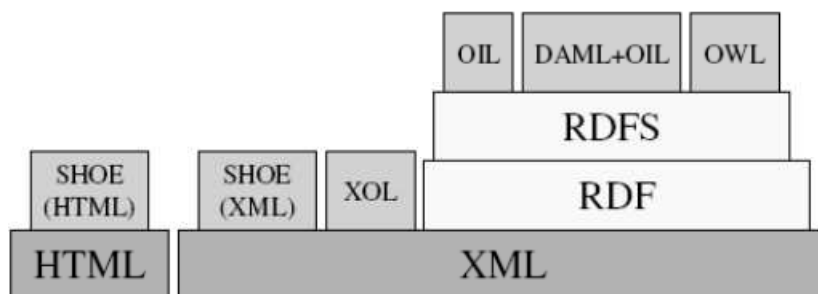
OIL, DAML+OIL oraz OWL są one opisywane w RDF'ie. Pozostałe komponenty są niemożliwe do reprezentowania w przypadku języków znacznikowych (za wyjątkiem reguł w SHOE). Tworzenie reguł jest możliwe w LOOM, SHOE i OCML, gdyż twórcy tych języków uznali je za przydatny mechanizm wspierający proces wnioskowania. Procedury z kolei mogą być definiowane w Ontolingua, LOOM i OCML, z uwagi na fakt, iż języki te bazują na Lisp (procedury są definiowane w Lisp).

Tabela 5. Zestawienie wybranych cech języków ontologii
źródło: [45]

Język ontologii:	Ontolingua	LOOM	OKBC	OCML	FLogic	SHOE	XOL	RDF(S)	OIL	DAML+OIL	OWL
Cecha:											
KONCEPTY											
Atrybuty											
Atrybuty instancji	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Atrybuty klasy	+	-	+	+	+	-	+	w	-	w	w
Ograniczenia											
Typ ograniczeń	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ograniczenia liczebności cech	+	+	+	+	w	-	+	-	+	+	+
Wiedza proceduralna	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
TAKSONOMIE KONCEPTÓW											
Podklasa	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Podział rozłączny	+	+	-	+	w	-	-	-	+	+	+
Podział zupełny	+	-	-	w	w	-	-	-	w	w	w
Partycja	+	+	-	+	w	-	-	-	+	+	w
RELACJE											
Relacje binarne	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Relacje n-arne	+	+	w	+	w	+	w	w	w	w	w
Hierarchie relacji	+	+	-	+	w	-	-	+	+	+	+
Ograniczenia integralności	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
FUNKCJE											
Funkcje binarne	+	+	w	+	+	-	w	-	+	+	+
Funkcje n-arne	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
INNE KOMPONENTY											
Aksjomaty formalne	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
Instancje	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Procedury	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Reguły	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-

Analizując rozwój języków ontologii należy jednak zwrócić uwagę na znaczenie i zakres zastosowań języków znacznikowych, których składnia wywodzi się z języka XML oraz HTML. Na rysunku 12 zostały przedstawione korzenie poszczególnych języków znacznikowych. Ich rozwój podyktowany jest powstającymi ogromnymi repozytoriami informacyjnymi wymagającymi wiedzy o znaczeniu zawartości zgromadzonych w nim dokumentach [29]. Wśród zaprezentowanych języków szczególnym zainteresowaniem

cieszy się OWL, który ma być językiem definiowania dokumentów na potrzeby Semantic Web [27]. Prace nad językiem OWL rozpoczęły się w 2001 roku. W ramach prac badawczych konsorcjum W3C powołano specjalny zespół roboczy o nazwie Web-Ontology (WebOnt) Working Group [163], którego celem była reprezentacja i przetwarzanie danych w sieci www.



Rysunek 12. Rodowód znacznikowych języków ontologii
źródło: [27]

Język OWL łączy w sobie zalety RDF, RDFS oraz DAML+OIL, a od 2004 stał się standardem konsorcjum W3C, rekomendowanym do stosowania przy opisie dokumentów w sieci. W ramach języka OWL można wyróżnić trzy podjęzyki („dialekty”), potwierdzające rozwój języka OWL, skierowane na użytkowników o różnych potrzebach w zakresie opracowywanej ontologii [163]:

1. OWL Lite – został zaprojektowany jako pierwowzór języka OWL, który stał się podstawą do jego dalszego rozwoju. Ogranicza się do dostarczenia minimalnego i przydatnego zbioru funkcji, wspierając użytkowników, którzy w swojej pracy wykorzystują hierarchię klas i proste ograniczenia na relacje. W OWL Lite możliwe jest tworzenie taksonomii pojęć ontologicznych opartych na relacji subsumcji.
2. OWL DL – został zaprojektowany w celu wsparcia procesu wnioskowania, zapewniając jednocześnie kompletność obliczeniową oraz zdolności decyzyjne w systemie wnioskowania. OWL DL został zaprojektowany, by wspierać istniejącą część branży logiki opisowej i pożądane własności obliczeniowe dla systemu wnioskowania. W OWL DL zostały umieszczone ograniczenia użycia konstrukcji języka OWL np. rozłączne pary między klasami, typami danych i obiektami, wprowadzanie adnotacji po pewnych warunkach, poprawność gramatyczna aksjomatów, etc. OWL DL Pozwala tworzyć rozszerzone definicje klas poprzez nadanie kilku rodzajów ograniczeń [5].
3. OWL Full – jest mniej restrykcyjny pod względem ograniczeń konstrukcji językowych (nie posiada ograniczeń składniowych, formalnie zdefiniowanej semantyki, możliwe jest zwiększanie znaczenia pre-definiowanego słownictwa), co powoduje jego niską efektywność i brak rozstrzygalności (nie istnieje pełne lub wydajne wsparcie dla wnioskowania). OWL Full umożliwia dowolne mieszanie OWL z RDF Schema. Klasa w OWL Full może być traktowana jednocześnie jako zbiór indywiduów, a także jako indywiduum z własnymi prawami.

Jak wskazują źródła udostępnione przez konsorcjum W3C [163], każdy z przedstawionych subjęzyków stanowi rozszerzenie swojego poprzednika, dzięki czemu uzyskujemy następujące związki pomiędzy subjęzykami:

- każda poprawna ontologia OWL Lite jest poprawną ontologią OWL DL.

- każda poprawna ontologia OWL DL jest poprawną ontologią OWL Full.
- każde poprawne wnioskowanie OWL Lite jest poprawnym wnioskowaniem OWL DL.
- każde poprawne wnioskowanie OWL DL jest poprawnym wnioskowaniem OWL Full.

Rozszerzeniem języka OWL, który w 2009 roku zdobył rekomendację W3C jest język OWL 2, który podobnie jak OWL doczekał się trzech rozwiązań [163]:

1. OWL 2 EL – opracowany na potrzeby aplikacji pracujących na ontologiach z dużą ilością własności i/lub klas.
2. OWL 2 QL – wspierający aplikacje, w których wykorzystywane są duże ilości instancji danych, a odpowiedzi na zapytania są najważniejszym zadaniem wnioskowania.
3. OWL 2 RL – dedykowany aplikacjom korzystającym ze zbilansowanej ilości zarówno klas jak i instancji, bez poświęcania wydajności.

OWL 2 w porównaniu do języka OWL wprowadza następujące funkcjonalności: klucze, łańcuchy własności, bogatsze typy danych i zakresy danych, asymetryczne, zwrotne i rozłączne własności, ulepszone możliwości komentowania. Jednakże nadrzędnym celem zarówno OWL jak i OWL 2 jest tworzenie i udostępnianie ontologii za pośrednictwem sieci www, co ma prowadzić do uczynienia zawartości sieci www (contentu) bardziej dostępnym dla maszyn.

Wyniki badań nad ontologiami zaowocowały pojawieniem się szeregu narzędzi na potrzeby opracowywania i tworzenia ontologii, scalania i porządkowania, tworzenia komentarzy ontologicznych, ewaluacji ontologii, tworzenia zapytań oraz wnioskowania w ramach ontologii.

Wśród rozwiązań do tworzenia ontologii można wymienić: Ontolingua [108], OntoSaurus [85], OilEd [37], WebODE [27], WebOnto [166], Medius Visual Ontology Modeler (VOM) [129], APECKS [151]. Szeroko stosowanym narzędziem jest Protégé-2000 [114]. Protégé-2000 to narzędzie stworzone na uniwersytecie w Stanford w USA, rozpowszechniane na zasadzie licencji Open Source i umożliwiające tworzenie ontologii. Językiem implementacji oprogramowania jest Java, co powoduje przyzwoity poziom szybkości działania.

Protégé obsługuje dwa główne sposoby modelowania ontologii poprzez:

- Protégé-Frames - stworzenie ontologii oparte na ramach, zgodnie z protokołem Open Knowledge Base Connectivity (OKBC),
- Protégé-OWL - edytor umożliwia użytkownikowi opracowanie ontologii dla sieci semantycznej, w szczególności w W3C Web Ontology Language (OWL).

Ontologie przygotowane w Protégé mogą być eksportowane do różnych formatów, w tym RDF (S), OWL i XML Schema. Protege-2000 jest programem, którego zakres funkcyjny może być rozszerzony za pomocą wtyczek (pluginów), dzięki czemu dostępne są takie funkcjonalności jak wizualizacja hierarchii klas (TGVizTab), czy też pokazanie właściwości klas oraz relacji pomiędzy nimi zachodzących (Ontviz Tab). Ontologia w Protege składa się z następujących elementów [113]:

- klas – opisujących pojęcia i ich instancje,
- slotów – opisujących własności klas i instancji,
- faset - opisujących własności slotów i nakładających na nie ograniczenia,
- aksjomatów - pozwalających nakładać dodatkowe ograniczenia na wartości atrybutów.

Dostępne na rynku narzędzia mogą służyć także łączeniu ontologii z różnych dziedzin, czy też różnego autorstwa. Na ten cel powstały m.in. PROMPT plug-in (Protégé-2000) [105], Chimaera [72], GLUE, FCA-Merge toolset, OBSERVER [45]. Narzędzia te

umożliwiają także wprowadzanie poprawek i systematyzację wiedzy zawartej w ontologiach.

Wśród narzędzi do pracy z ontologiami wyróżnić można takie, które w ramach swojej funkcjonalności pozwalają na wprowadzanie komentarzy [45]: AeroDAML, COHSE, MnM, OntoAnnotate, SHOE Knowledge Annotator. Narzędzia te pojawiły się jako odpowiedź na potrzeby Semantic Web, w celu wsparcia procesu tworzenia instancji pojęć i relacji związanych z treścią zasobów internetowych. Poprawność syntaktyczną można zaś sprawdzić przy wykorzystaniu: OntoKBEval, Validating RDF Parser, RDF Validation Service, DAML Validator, DAML+OIL Ontology Checker, a wstępna ewaluacja taksonomiczna jest możliwa do przeprowadzenia przez część z narzędzi podstawowych takich jak: OilEd, OntoEdit, Protégé-2000, WebODE.

2.4 Podsumowanie

Koncepcja nauczania opartego na kompetencjach powoduje, że wynikiem końcowym procesu nauczania-uczenia się są kompetencje, które stają się środkiem obrotu rynek pracy-uczelnia [127]. W swoich założeniach koncepcja ta preferuje metody i taką organizację procesu kształcenia, które zachęcają i wspierają aktywne postawy uczestników procesu i mają pobudzić motywację uczniów oraz ich zainteresowanie we własny rozwój [59]. Ponadto kluczowym zadaniem staje się elastyczne dostosowywanie programów nauczania oraz treści materiałów dydaktycznych do zmieniających się w szybkim tempie wymagań kompetencyjnych. Ta adaptacyjność, reagowanie na nowe potrzeby rynku, wymaga odpowiedniej interpretacji definicji kompetencji na potrzeby kształcenia, biorąc pod uwagę istniejące regulacje, możliwości i ograniczenia nakładane na organizację edukacyjną.

Struktura kompetencji, zdefiniowana na potrzeby budowy systemu monitorowania procesu nabywania kompetencji, określa kompetencje jako składowe odpowiednich typów wiedzy. Stąd też ważne jest, by określić jaka wiedza, w jakim zakresie powinna być dostarczona określonym studentom oraz jakie są powiązania pomiędzy różnymi typami wiedzy. Analiza taka wymaga jednak znalezienia mechanizmu, który stanie się drogowskazem dla określania zawartości i głębokości wiedzy, będącej podstawą kompetencji. Mechanizm ten powinien w łatwy sposób pozwolić zlokalizować własną wiedzę na tle całego schematu wymagań kompetencyjnych oraz umożliwić formułowanie ścieżki nauczania odpowiedniej dla określonych uczniów.

Wykorzystując podejście ontologiczne, można przedstawiać wiedzę na różnym poziomie uogólnienia oraz wyrazić za pomocą pojęć i relacji zakres poszczególnych typów wiedzy składających się na kompetencje. Jednocześnie szereg narzędzi do tworzenia i rozwoju ontologii, gwarantuje iż jest to rozwiązanie zdolne zapewnić dużą dozę elastyczności przy analizie i rozwoju opracowanych modeli ontologicznych. Rozwój języków tworzenia ontologii zmierza w kierunku języków proceduralnych wysokiego poziomu, a podstawą ich działania jest tworzenie wyrazistych form logicznych zależności.

Przygotowanie ontologii, która odzwierciedlać będzie określone kompetencje, jest zadaniem trudnym i wymagającym analizy z punktu widzenia odpowiedniego podziału wiedzy będącej podstawą kompetencji. Dodatkowo do rozwiązania pozostaje jeszcze kwestia opracowania materiałów dydaktycznych i ich dystrybuowania na potrzeby procesu nabywania kompetencji [41]. W świetle badań związanych z identyfikacją i rozwojem kompetencji, zagadnienie to dotyczy wyboru środowiska informatycznego – platformy, która będzie pełniła rolę repozytorium.

3 Środowisko informatyczne realizacji procesu nabywania kompetencji

Jak wskazują badania [92], [138], [126], [93], obecnie zarysowuje się silna tendencja wykorzystania narzędzi informatycznych wspierających przechowywanie, dystrybuowanie i opisywanie zasobów wiedzy. Technologia, m.in. dzięki rozwojowi systemów klasy LMS/LCMS [122], otworzyła nowy wachlarz możliwości realizacji procesu dydaktycznego, regulowania dostępu do zasobów i współpracy pomiędzy jego aktorami.

Ogół możliwości, o których mowa powyżej, został zebrany w rozwiązaniach, które zwane są repozytoriami. Repozytoria jako składnice zasobów elektronicznych w postaci książek, materiałów konferencyjnych, artykułów, materiałów dydaktycznych, treści audio-video pozwalają szybko udostępnić nowe kawałki aktualnej wiedzy. Tym samym rośnie ich przewaga nad „wydaniami twardymi”, których proces tworzenia i dystrybuowania wymaga sporo czasu i jest bardziej kosztowny.

Potencjał, jaki niesie wykorzystanie systemów LMS/LCMS i budowanie repozytoriów został dostrzeżony w aspekcie rozwoju kompetencji [124], [41], choć w edukacji ich rola sprowadza się często do publikowania materiałów dydaktycznych i ustalania praw dostępu do zasobów. Tym niemniej coraz więcej ośrodków naukowych decyduje się na wykorzystanie repozytoriów w procesie dydaktycznym, zachęcając zarówno nauczycieli jak i uczniów do ich uzupełniania nowym materiałem dydaktycznym. Biorąc to pod uwagę oraz uwzględniając, że dla potrzeb nabywania kompetencji potrzebny jest mechanizm, który zapewni dostęp do zasobów wiedzy będących podstawą kompetencji, uzasadnione jest zapoznanie się ze stanem rozwoju wiedzy dotyczącej elektronicznych repozytoriów oraz analizą roli i miejsca repozytoriów w środowisku nauczania-uczenia się zorientowanym na nabywanie kompetencji.

3.1 Przegląd zastosowań repozytoriów elektronicznych

Słowo repozytorium wywodzi się od łacińskiej nazwy repositorium, czyli miejsca uporządkowanego przechowywania dokumentów, które przeznaczone są do udostępniania. Historia wskazuje, iż repozytoria były budowane jako miejsca służące do przechowywania akt i ksiąg urzędowych z możliwością korzystania z nich. Obecne, rozwój technologii spowodował, że mamy do czynienia nie tylko z repozytoriami mieszczącymi się w gmachach budynków, ale powstają również repozytoria cyfrowe. Repozytoria cyfrowe są miejscem gromadzenia dokumentów cyfrowych, udostępnianych sieciowo, za pomocą odpowiedniego interfejsu dla wybranej grupy osób lub o nieograniczonym dostępie [115].

Jak wskazuje [74], repozytorium jest składnicą wiedzy i odwzorowuje stan filozoficzny, naukowy, naukowo-techniczny oraz naukowo-technologiczny wybranej dziedziny. Każde z istniejących repozytoriów bez względu na typ może być wykorzystane w szkolnictwie, jako źródło informacji poznawczej, charakteryzującej daną dziedzinę wiedzy. Jednakże z uwagi na specyfikę procesu kształcenia, wzrost wykorzystania technik i mechanizmów nauczania zdalnego, potrzebę kształcenia ustawicznego, bezpośrednim i szczególnym zainteresowaniem objęte są jednak repozytoria zawierające przygotowany i podzielony na porcje materiał dydaktyczny.

Z uwagi na powszechność wykorzystania repozytorium jako narzędzia wspierającego realizację procesu dydaktycznego, kluczowym zadaniem jest odpowiedź na pytanie dlaczego wybrać repozytorium, a nie skorzystać z innego typu „przechowalni”? Odpowiedź na to pytanie wymaga przyjrzenia się różnicom pomiędzy istniejącymi rozwiązaniami (tabela 6).

Tabela 6. Repozytorium a inne przechowalnie
źródło: opracowanie własne na podstawie [148], [7], [101]

RODZAJ CECHA	BAZA DANYCH	HURTOWNIA DANYCH	BAZA WIEDZY	REPOZYTORIUM
Jednostka logiczna	Encja	Tabela wymiarów	Opis obiektu w postaci bazy faktów (obiekt-cecha-wartość)	Określona treść (content), kontekst
Model zasobów wewnętrznych	Odpowiedni model danych (np. obiektowy, relacyjny, sieciowy, hierarchiczny)	Semistrukturalny i model danych	Model reprezentacji wiedzy, np. predykaty, sieci semantyczne, ramy, reguły, sieć neuronowa	Ontologia
Mechanizm dostępu	Język zapytań do bazy danych	Systemy wyszukiwania danych (np. <u>OLAP - Online Analytical Processing</u>)	Mechanizm wnioskowania	Oparty na przyjętym standardzie opisu metadanych np. SCORM,
Cel	Przechowywanie i udostępnianie danych na określonym horyzoncie czasu	Przechowywanie danych historycznych i „wyciąganie” informacji za pomocą przetwarzania analitycznego	Przechowywanie wiedzy ekspertów na rzecz rozwiązania postawionego problemu	Zbieranie, przechowywanie wiedzy dziedzinowej odwzorowującej stan filozoficzny, naukowy, naukowo-techniczny, naukowo-technologiczny.
Charakter, specyfika	Zorientowana funkcyjnie	Zorientowana na wieloaspektową analizę statystyczną	Ściśle określony temat, rozwiązanie określonej klasy problemu	Zorientowana instytucjonalnie, na twórcę repozytorium (odwzorowuje poglądy twórcy)
Zakres rozwoju	Rozszerzenie modelu danych (nowa klasa, nowa tabela)	Zapewnienie ciągłości procesu dodawania danych historycznych, rozwój tabeli wymiarów	Rozszerzenie zakresu wiedzy eksperta, rozwój mechanizmu wnioskowania	Rozszerzenie ontologii, rozwój materiałów w węzle ontologii
Kryterium jakości	Spójność danych	Zapewnienie maksymalnej elastyczności podczas przetwarzania (wieloaspektowe j analizy)	Integralność, złożoność	Pokrycie wiedzy dziedzinowej modelem ontologii, pokrycie materiałami węzłów ontologii

Jak zostało przedstawione w tabeli 6 poszczególne przechowalnice różnią się od siebie zarówno pod kątem celu ich tworzenia, specyfiki funkcjonowania, czy też zasad formalizacji zależnych m.in. od modelu zasobów wewnętrznych. To te różnice są decydujące przy postulowaniu wyboru repozytorium jako środowiska informatycznego wspierającego realizację procesu dydaktycznego zorientowanego na nabywanie kompetencji.

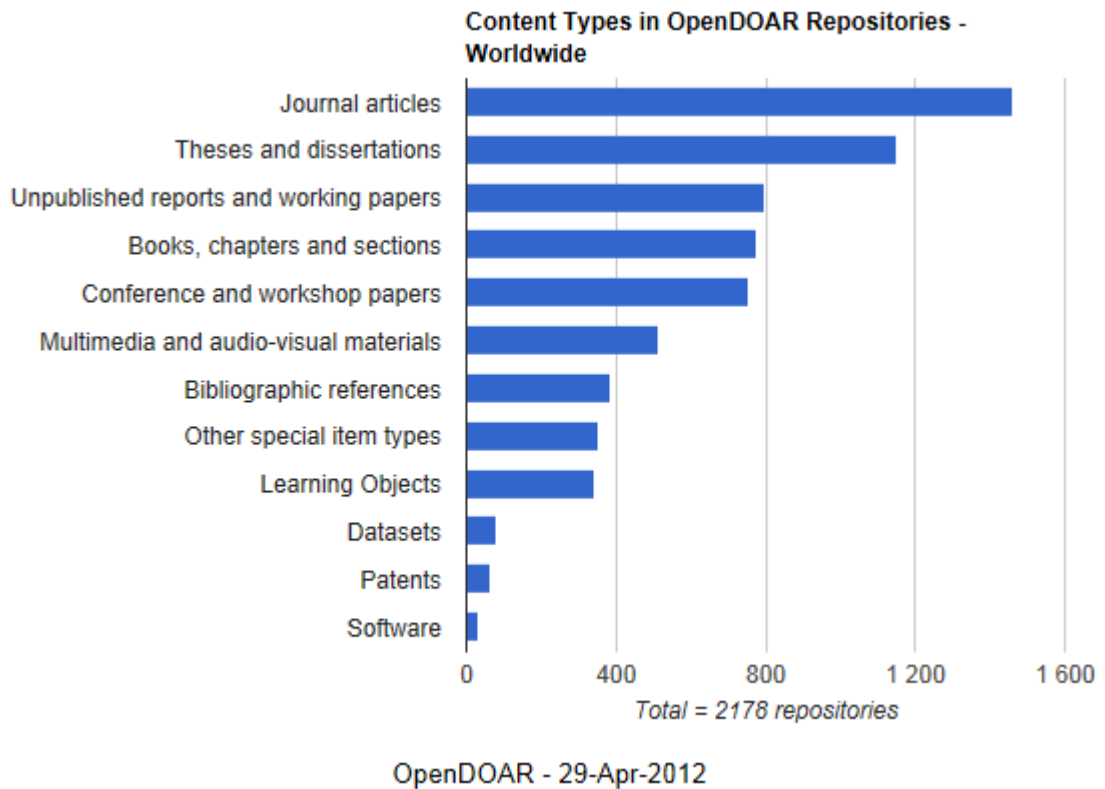
Baza danych to zbiór obiektów o określonej strukturze, utworzonych i zorganizowanych zgodnie z zaproponowanym modelem danych (hierarchicznym, obiektowym lub też najbardziej popularnych – relacyjnym, o dobrze rozwiniętym aparacie matematycznym i ściśle określonych zasadach formalizacji). Jej głównym celem jest przechowywanie i udostępnianie danych dla potrzeb np. obsługi administracyjnej, kadrowej, księgowej.

Hurtownia danych jest specyficzną odmianą bazy danych. Integruje dane z różnych systemów bazodanowych i za pomocą narzędzi przetwarzania analitycznego (OLAP) umożliwia interpretację danych według określonych wymiarów. Na podstawie danych zawartych w hurtowni wyszukiwane są trendy, zależności, pewne wzorce. Otrzymane informacje z hurtowni danych w obrębie edukacji mogą dotyczyć określenia tendencji wzrostu i spadku popularności kursów, statusu studenta.

Baza wiedzy to mechanizm oparty na wybranym modelu wiedzy (np. reguły, ramy), zawierający sposób rozwiązania ściśle określonego problemu. Z tego też powodu bazy wiedzy mogą być wykorzystane dla potrzeb nabycia określonych umiejętności np. posługiwania się sprzętem.

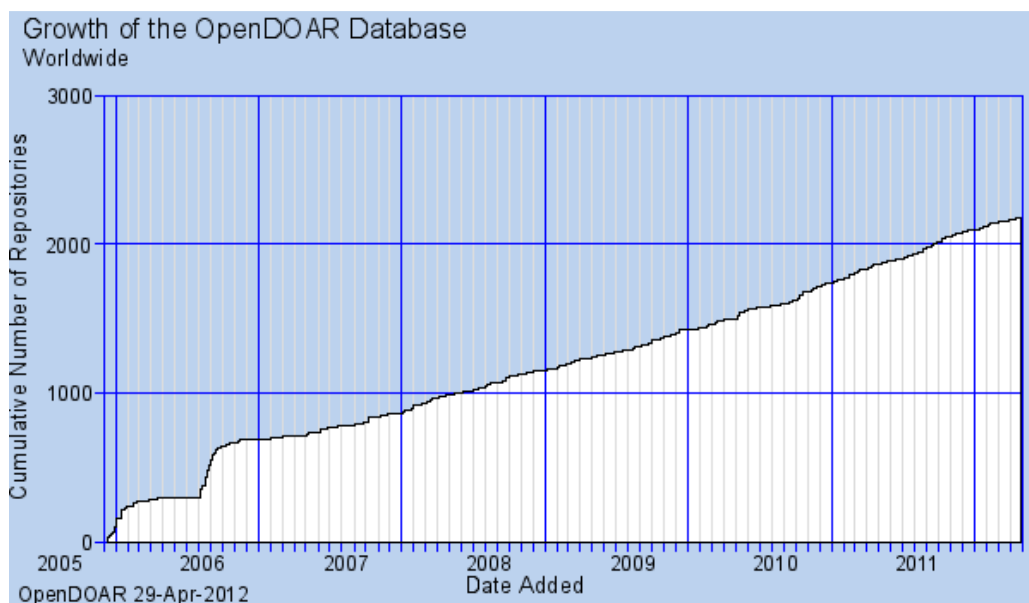
W porównaniu z innymi przechowalniami, budowanie repozytorium ma zupełnie inny cel. Repozytoria służą do udostępniania porcji wiedzy, opisanych według przyjętego standardu, które są dystrybuowane do odbiorców. Repozytoria mogą być wykorzystywane w zastosowaniach edukacyjnych, co ma na celu wzmocnienie procesu poznawczego studentów i rozwoju ich zdolności kreatywnych podczas uczenia się. Zasoby repozytorium są dynamicznie zasilane, zmieniając swoją głębokość semantyczną w zależności od celów przyjętych dla procesu kształcenia. Dynamika ta stwarza jednak nowe, trudne zadanie. Nie wystarczy już bowiem traktowanie repozytorium jako platformy do dystrybuowania materiałów dydaktycznych i komunikacji pomiędzy uczestnikami procesu kształcenia, ale należy zadbać o to, by mechanizm dystrybuowania nadążał za stawianymi wymaganiami, kompetencjami. Stąd też wykorzystanie ontologii jako mechanizmu odwzorowania wiedzy zawartej w repozytorium powoduje, że przy wykorzystaniu pojęć i relacji pomiędzy nimi dokonywana jest jednoznaczna interpretacja opisywanej dziedziny wiedzy i zawartości repozytorium. Opisana w dalszej części rozprawy procedura opracowania ontologii ma na celu stworzenie wspólnej przestrzeni interpretacji zawartej wiedzy zarówno dla autorów repozytoriów jak i ich poszczególnych odbiorców.

Trendy rozwoju repozytoriów elektronicznych. Budowanie cyfrowych repozytoriów jest silnie wspierane przez ruch naukowy Open Access, którego głównym celem jest szybka i skuteczna wymiana informacją naukową, zgodnie z jedną z dwóch rekomendowanych dróg: pierwsza - wydawanie czasopism Open Access, a druga – archiwizowanie prac naukowych w repozytoriach [23]. Obecnie przeznaczenie repozytoriów jest bardzo szerokie. Jak wskazują statystyki OpenDOAR [152], do najbardziej powszechnych należą te zawierające artykuły naukowe, rozprawy naukowe, raporty, książki i rozdziały z książek, czy też materiały konferencyjne (rysunek 13). Zauważalny jest również odsetek repozytoriów zawierających materiały dydaktyczne w postaci learning object.



Rysunek 13. Zawartość repozytorium w bazie OpenDOAR – rok 2012
źródło: [152]

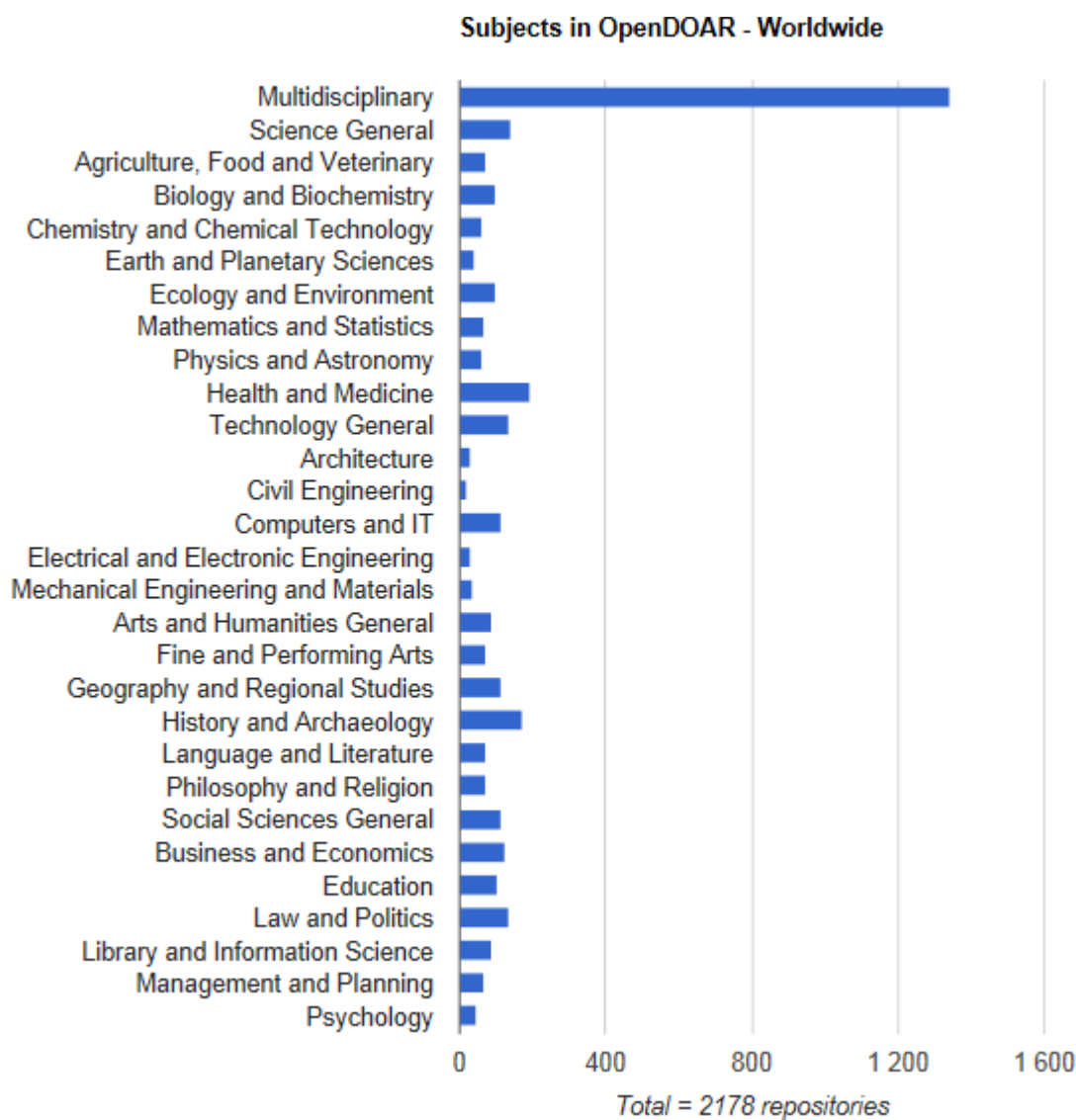
Budowanie cyfrowych repozytoriów, bez względu na typ, staje się tendencją coraz powszechniejszą. Liczba repozytoriów OpenDOAR kształtuje się na poziomie 340 sztuk (stan w kwietniu 2012 roku), co w porównaniu z rokiem 2010 stanowi wzrost o 60 nowych przechowalni. Jednocześnie, jak pokazuje linia trendu, ich liczba z roku na rok sukcesywnie się zwiększa (rysunek 14).



Rysunek 14. Trend rozwoju repozytoriów wg OpenDOAR
źródło: [152]

Najwięcej repozytoriów powstaje w Stanach Zjednoczonych (18,2%), Wielkiej Brytanii (9,5%), w Niemczech (7%) oraz Japonii (6,3%). Mają one różnorodnych charakter, choć największy odsetek stanowią repozytoria multidyscyplinarne - 61% ogólnej liczby repozytoriów. Wiele repozytoriów przeznaczonych jest dla wspierania takich nauk jak np. medycyna, biologia, chemia, pedagogika, czy historia i archeologia (rysunek 15). W dziedzinie informatyki obecnie liczbę repozytoriów szacuje się na 115, co stanowi 5% ogólnej liczby repozytoriów [152].

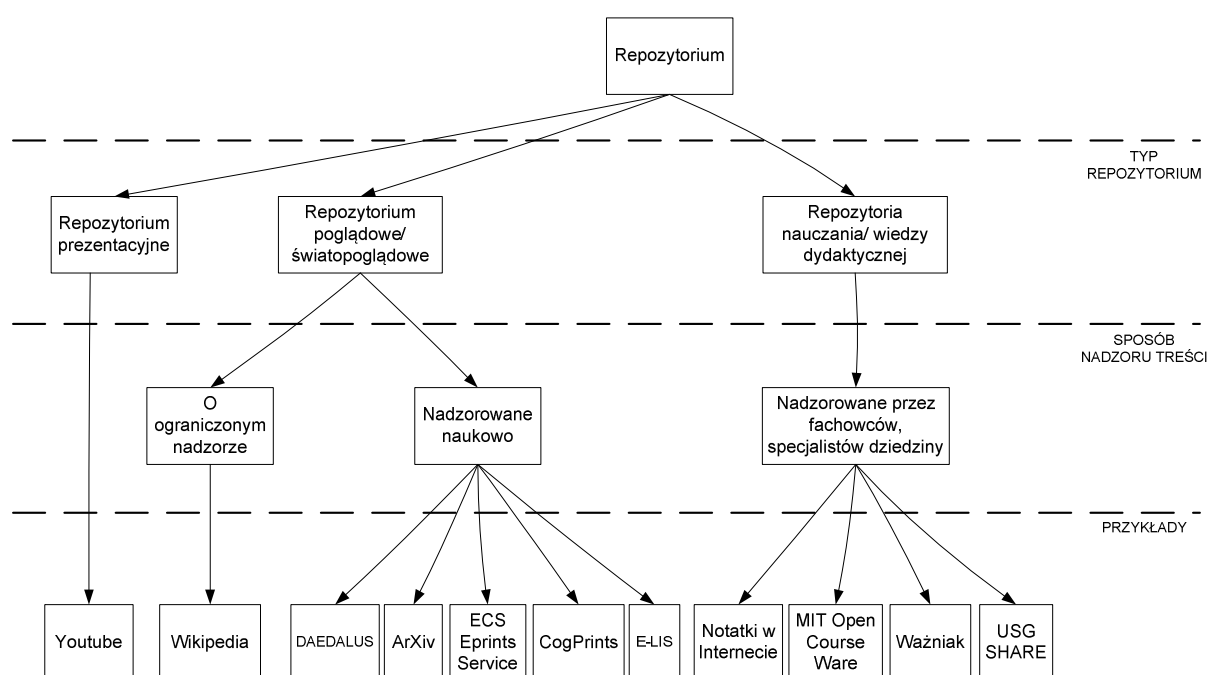
Jak pokazują statystyki prezentowane powyżej, trend budowania repozytoriów jest coraz silniejszy, a z roku na rok możemy obserwować pojawienie się nowych przechowalni mających na celu zapewnienie każdemu użytkownikowi możliwości czytania, ściągania z serwerów, kopiowania, dystrybuowania, drukowania, przeszukiwania lub linkowania pełnych tekstów artykułów naukowych, książek, rozpraw naukowych i innych zasobów. Ich rozwój jest wspierany pojawieniem się nowych technologii, procesami standaryzacyjnymi opisującymi zawartość repozytoriów, budowaniem wirtualnych społeczności.



Rysunek 15. Charakter repozytoriów
źródło: [152]

Jak pokazały prezentowane statystyki, repozytoria są klasyfikowane pod różnym względem: ze względu na obszar występowania, zasięg repozytorium, przechowywane materiały źródłowe. Przyglądając się istniejącym w sieci repozytoriom i treściom, które są w nich zawarte, można zaproponować ich podział z uwagi na funkcje i cele, dla których mogą być one wykorzystane w trakcie organizowania procesu kształcenia. Klasyfikacja ta pozwala wyróżnić repozytoria, które służą prezentacji treści multimedialnych, repozytoria, których zadaniem jest kształtowanie światopoglądu, a także takie, które zawierają materiały przeznaczone dla prowadzenia procesu dydaktycznego (rysunek 16) [23].

Pierwszy typ repozytorium ma charakter prezentacyjny i często zawarte są w nich materiały multimedialne i audiowizualne. Najbardziej liczną grupę stanowią repozytoria kształtujące światopogląd, w których prezentowane są wyniki badań naukowych z określonych dziedzin bądź przechowujące dorobek określonych organizacji. Głównym zasobem tych repozytoriów są artykuły i rozprawy naukowe weryfikowane przez specjalistów dziedziny.



Rysunek 16. Klasyfikacja repozytoriów ze względu na pełnione funkcje
źródło: [24]

Trzecia wyodrębniona grupa to repozytoria wspierające realizację procesu dydaktycznego, zawierające materiał dydaktyczny. Wśród nich na szczególną uwagę zasługuje repozytorium MIT OpenCourseWare (MIT OCW), przechowujące materiał dydaktyczny w postaci kursów. Repozytorium to jest nadzorowane przez konsorcjum OCW, które wśród swoich członków ma takie międzynarodowe organizacje edukacyjne jak: CORE – China Open Resource for Education, Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health, Massachusetts Institute of Technology, etc, a dostęp do jego zasobów jest bezpłatny [94].

W Polsce tworzeniem repozytorium z materiałami dydaktycznymi zajmuje się wiele organizacji edukacyjnych. Jednym z ciekawych przykładów jest Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Po szyldem konkursu Notatki w Internecie powstają materiały dydaktyczne na potrzeby procesu kształcenia, których autorami są także studenci. Studenci, pod nadzorem opiekuna naukowego, przygotowują pracę z określonej

dziedziny, która następnie jest oceniana za wartość dydaktyczną: logiczny układ treści, czytelność i jasność przekazu, prawidłowy dobór mediów do rodzaju przekazywanych treści, stopień interaktywności przekazu, możliwość dokonywania samooceny postępów w nauce a także dostosowanie materiałów dydaktycznych dla osób niepełnosprawnych (skalowanie czcionek, kontrastowe tła itp.) oraz poziom techniczny pracy: zastosowane technologie informatyczne oraz inne elementy nie związane bezpośrednio z dydaktyką (obrazki, animacje flash oraz inne elementy techniczne), zgodność kodu pracy ze standardem W3C, HTML oraz CSS [1].

Drugą inicjatywą, którą warto w tym miejscu przytoczyć jest repozytorium o roboczej nazwie „Ważniak”. Przeznaczony dla wykładowców i studentów informatyki, zawiera materiały dydaktyczne przygotowane w ramach projektu „Opracowanie programów nauczania na odległość na kierunku studiów wyższych – Informatyka” [95]. Projekt został sfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego z programu Sektorowy Program Operacyjny Rozwój Zasobów Ludzkich 2004 – 2006. W ramach wykonanych prac przygotowano materiał dydaktyczny na potrzeby przedmiotów zgodnie ze standardami kształcenia na kierunku informatyka.

3.2 Uwarunkowania organizacyjne monitorowania procesu nabywania kompetencji

W ujęciu systemowym organizacja edukacyjna traktowana jest jako system, czyli układ zbudowany z części, pozostających w interakcji ze sobą podczas realizacji założonych celów. Głównym celem działania organizacji edukacyjnej jest prowadzenie procesu dydaktycznego, w wyniku którego organizacja dostarcza na rynek swój produkt – absolwenta o określonych kompetencjach. Osiągnięcie tego celu nie jest zatem możliwe bez wprowadzenia mechanizmu monitorowania procesu dydaktycznego, na bazie którego dokonywana będzie ocena tego procesu z punktu widzenia celów kształcenia i przyjętej strategii dla jego przebiegu.

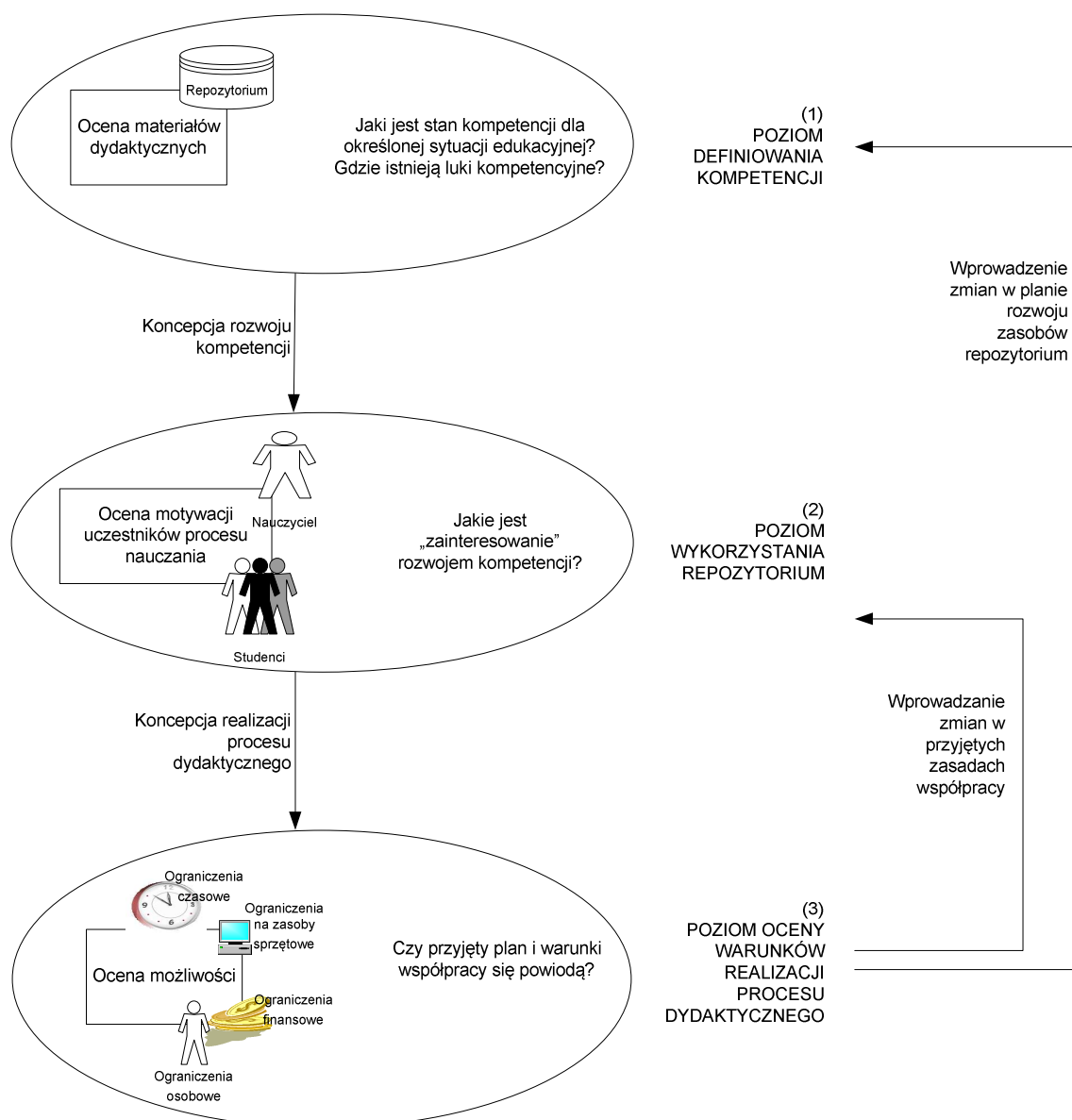
Ogólna definicja procesu monitorowania mówi, iż jest to zorganizowany sposób obserwacji. Jeżeli celem monitorowania jest proces dydaktyczny, to monitorowanie jest postrzegane jako system ciągłego obserwowania i analizowania jakości pracy dydaktycznej [12] polegający na:

- systematycznym zbieraniu i rozważaniu danych o efektach kształcenia, w tym osiągniętych umiejętnościach, przyroście wiedzy oraz ujawniających się postawach i zachowaniach,
- porównywaniu realnych efektów kształcenia z wymaganiami programowymi, kryteriami, wskaźnikami,
- analizowaniu efektywności procesu dydaktycznego i na tej podstawie jego modyfikowanie w obszarze metod i form organizacyjnych oraz środków dydaktycznych w celu dostosowania do możliwości poznawczych oraz tempa pracy.

Monitorowanie służy zatem analizowaniu osiągniętych rezultatów w procesie kształcenia, opisywaniu postępów uczniów oraz wzmacnianiu ich motywacji do uczenia się, a także modyfikowaniu procesu dydaktycznego na podstawie zgromadzonych informacji dotyczących spodziewanych i osiągniętych efektów z procesu kształcenia oraz indywidualnych potrzeb i zainteresowań uczniów.

Planując proces monitorowania podczas realizacji procesu dydaktycznego należy znaleźć mechanizm, który stanie się filarem tego procesu. Wychodząc z założenia, że proces dydaktyczny zorientowany na nabywanie kompetencji wymaga dystrybuowania aktualnych porcji wiedzy, można wykorzystać środowisko repozytorium wiedzy i na bazie

włączenia tego mechanizmu w dydaktykę sformułować wymagania pozwalające monitorować i ocenić pracę całego procesu.



Rysunek 17. Poziomy organizacji procesu dydaktycznego zorientowanego na nabywanie kompetencji
 źródło: opracowanie własne na podstawie [121]

Realizacja tego podejścia wymaga określenia zasad przygotowania i wykorzystania repozytorium na trzech poziomach (rysunek 17):

1. poziomie definiowania struktury kompetencji – jakie są składniki kompetencji; jak zwizualizować zawartość kompetencji, by możliwe było szybkie określanie stanu kompetencji i potrzeb rozwoju kompetencji,
2. poziomie wykorzystania repozytorium – jak na podstawie zasobów repozytorium ułożyć proces dydaktyczny, w którym uczestniczą nauczyciel i uczniowie, by możliwe było nabywanie kompetencji określonego poziomu i rozwój kompetencji,
3. poziomie oceny warunków realizacji procesu dydaktycznego – jak włączenie repozytorium i planowany rozwój kompetencji wpływają na przebieg procesu dydaktycznego przy istniejących ograniczeniach w danym cyklu kształcenia.

Analiza opisanych komponentów pozwala organizować proces nauczania-uczenia się wykorzystując na ten cel przyjęty model kompetencji, dostrzec nowe możliwości ze współpracy nauczyciela i studentów oraz ocenić ten proces na podstawie rozwoju zasobów repozytorium.

3.3 Analiza zakresu funkcyjnego systemów LMS/LCMS na potrzeby budowania repozytorium w nauczaniu opartym na kompetencjach

Repozytoria zawierające materiał dydaktyczny są budowane przy wykorzystaniu istniejących platform i standardów [23]. Dla budowania repozytorium możliwe jest wykorzystanie komercyjnego oprogramowania, które z jednej strony jest środowiskiem sieciowym w którym udostępnia się materiał dydaktyczny, a z drugiej strony pozwala zarządzać sposobem dostępu do materiałów dydaktycznych, czy też analizować przebieg procesu dydaktycznego. Wśród komercyjnych rozwiązań dostępne są np. Oracle iLearning, LMS – WBTSerwer, SABA Learning Enterprise. Jednakże bardzo powszechne jest wykorzystywanie platform, które są udostępniane na zasadzie licencji Open Source, takich jak Moodle, Sakai, Dakeos czy Didactor. Istniejące platformy e-learningowe pozwalają na dystrybuowanie, zarządzanie kursami poprzez tworzenie ich struktury, interakcję z uczestnikami procesu nauczania, raportowanie postępów uczniów, itd.

Z technicznego punktu widzenia, to systemy typu LMS /LCMS, które pozwalają organizować pracę uczestników z repozytorium, jednak nie oferują w swoim zakresie usług dotyczących zarządzania kompetencjami [123]. Systemy klasy LMS odpowiadają za zarządzanie procesem nauczania, podczas gdy LCMS koncentrują się na zawartości kursów [46]. Systemy LMS umożliwiają zarządzanie dostępem do materiałów dydaktycznych oraz realizują funkcje administracyjne związane z obsługą użytkowników kursów w tym m.in. rejestrowanie na kursy, śledzenie aktywności, raportowanie, etc. LCMS można utożsamiać jako kolejny krok w zarządzaniu procesem kształcenia i rozszerzenie systemu LMS o zarządzanie zawartością nauczania – tzw. porcjami wiedzy (ang. Learning Object). Głównym zadaniem systemu LCMS jest to tworzenie, przetwarzanie, lokalizowanie, dostarczanie, zarządzanie i ulepszanie treści. Systemy te zarządzają materiałami dydaktycznymi, które podzielone są na porcje opisane zgodnie z przyjętymi standardami. Dodatkowo rozszerzają system raportowania z postępów uczestników kursu.

Problemem, który towarzyszy dystrybuowaniu treści (contentu) na platformie jest uzyskanie możliwości jego opisanie, przeszukiwania i indeksowania. W repozytoriach ogólnej treści (zawierających zbiory bibliotek cyfrowych) problem ten jest rozwiązany m.in. za pomocą standardu Dublin Core oraz protokołu OAI-PMH (The Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting). Standard Dublin Core jest ogólnym standardem meta danych, który wykorzystuje następującą strukturę opisu treści opisaną w [8].

Protokół OAI-PMH umożliwia współdziałanie repozytoriów cyfrowych przez wymianę meta danych [155]. OAI-PMH pozwala na transfer metadanych nie określając, co te metadane zawierają i w jakim są standardzie. W ramach protokołu zostały zdefiniowane role (harvester, repozytorium, element, rekord, zbiór) i procedury (Identify, ListMetadataFormats, ListSets, ListIdentifiers, ListRecords, GetRecord).

Problem opisu materiałów dydaktycznych (w postaci Learning Object) w repozytorium może być rozwiązany za pomocą stan standardów opisu treści takich jak AICC, IMS lub PENS, ale przewodnią rolę w tym zakresie pełni standard SCORM, na który składają się: standard pakowania treści, standard komunikacji, standard meta danych, standard budowania sekwencji [123], [133]. Wykorzystanie standardu SCORM powoduje,

że każdy Learning Object jest opisany za pomocą standardu IEEE LOM (IEEE Learning Object Metadata). Opis taki pozwala na wyszukiwanie i łączenie zgodnych semantycznie i pojęciowo zasobów wiedzy.

Standard SCORM nie definiuje jednak, jak wyszukiwać dany Learning Object w jednym repozytorium lub ich federacji. Na cele wyszukiwania i pobierania odpowiednich treści z repozytoriów powstaje standard CORDRA (Content Object Repository Discovery and Registration/Resolution Architecture) [57]. CORDRA to model mający na celu wdrożenie systemu informatycznego dostępu do rozproszonego zbioru Learning Objects, w celu jego odkrywania, dzielenia się i wielokrotnego wykorzystania. Podstawowe podejście, stosowane w standardzie CORDRA, zakłada stworzenie federacji repozytoriów poprzez wydzielenie centralnego rejestru, który będzie przechowywał metadane wszystkich Learning Objects należących do danej federacji. Zbiór repozytoriów wraz z rejestrem tworzą federacje. Federacje można łączyć poprzez model warstwowy. Każda z federacji reprezentuje pewien zbiór materiałów dydaktycznych, który może charakteryzować się własnym zestawem metadanych, polityką dostępu, prawami autorskimi itd. W Internecie można znaleźć działające rejestry Learning Object wspierających standard CORDRA:

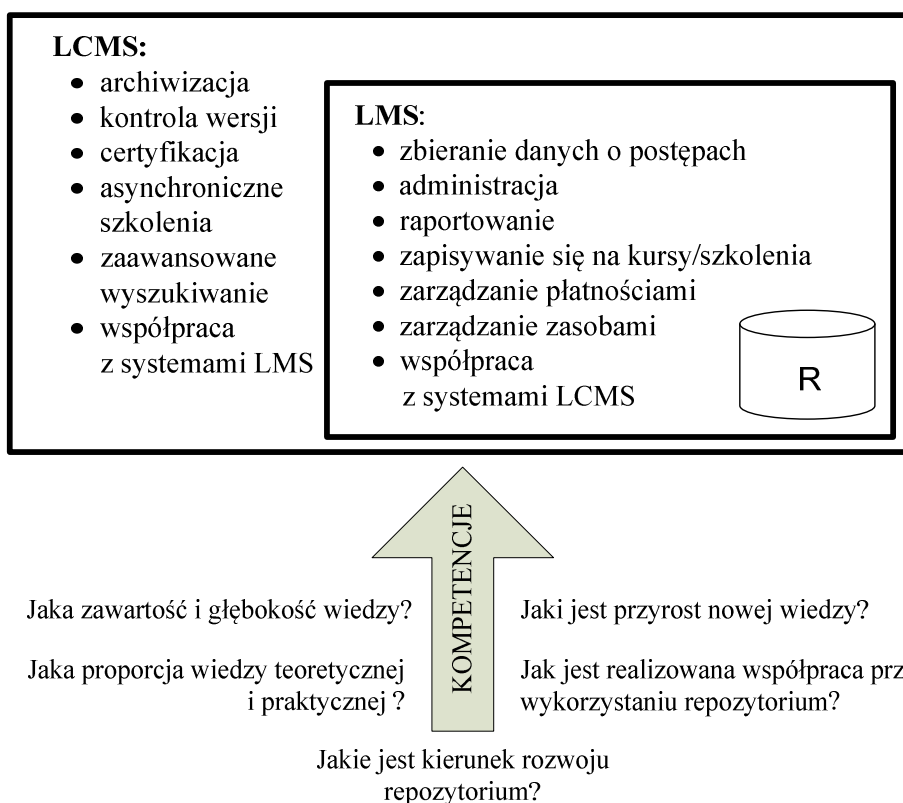
- <http://www.adlregistry.org/> Advanced Distributed Learning (ADL) Registry website.
- <http://www.eleonet.org/eleonet/index.htm> Eleonet (European Learning Object Network), europejski rejestr LO.
- <http://lre.eun.org/> Learning Resource Exchange for Schools, European Schoolnet.

Powstałe platformy odpowiadające zakresem funkcjonalności systemom LMS/LCMS oraz standardy wspierające te rozwiązania w dalszym ciągu nie stanowią wystarczającego wsparcia na rzecz przygotowania procesu nabywania kompetencji i monitorowania ich przyrostu (rysunek 18). Nie wystarczy bowiem samo przechowywanie, dystrybuowanie, czy opis zasobów w repozytorium, ale przede wszystkim należy uwzględnić potrzebę odpowiedniego ułożenia tych zasobów tak, by nabyć umiejętności posługiwania się wiedzą teoretyczną do rozwiązania zadań praktycznych i umiejętność dokonywania interpretacji osiągniętych wyników.

By monitorować proces nabywania kompetencji i określać parametry tego procesu niezbędne jest uzupełnienie funkcjonalności dotychczasowych systemów informatycznych wspierających proces dydaktyczny w następujących obszarach:

- ustalenia proporcji pomiędzy wiedzą teoretyczną, proceduralną i projektową,
- oceny zakresu i głębokości wiedzy dziedzinowej stanowiącej zawartość repozytorium,
- oceny kompletności pokrycia dziedziny materiałami dydaktycznymi,
- śledzenia przyrostu wiedzy dziedzinowej w repozytorium i określania kierunków rozwoju repozytorium,
- formalnej identyfikacji motywacji uczestników zaangażowanych do współpracy w rozwoju repozytorium,

modelu pozwalającego na identyfikację i analizę parametrów procesu nabywania kompetencji w trakcie trwania procesu dydaktycznego.



Rysunek 18. Komponenty systemu informatycznego wspierającego proces monitorowania procesu nabywania kompetencji w środowisku repozytorium wiedzy
 źródło: opracowanie własne

3.4 Podsumowanie

Wyjście naprzeciw oczekiwaniom dotyczącym wyniku końcowego procesu kształcenia wymaga wprowadzenia zmian w programach nauczania i organizowaniu procesu nauczania-uczenia się. By osiągnąć rezultat zadowalający, czyli zagwarantować wymagane na rynku kompetencje, organizacje edukacyjne muszą zapewnić swoim studentom dostęp do aktualnej wiedzy, której porcje są tak zaplanowane, że pozwalają uczestnikom procesu kształcenia mówić o nabytych kompetencjach po zakończeniu studiów. Celu tego nie da się jednak osiągnąć bez wykorzystania nowoczesnych rozwiązań informatycznych, które pozwalają dystrybuować materiały dydaktyczne i stają się nowym środowiskiem realizacji procesu dydaktycznego dla nauczyciela i studentów.

Z wykorzystania ICT w procesie dydaktycznym płynie nowa synergia, która pozwala dostosowywać tryb nauczania-uczenia się do wymagań, potrzeb i możliwości uczniów. Rozwój takich narzędzi jak cyfrowe repozytoria materiałów dydaktycznych ma być odpowiedzią na pojawiającą się potrzebę uświadomienia sobie własnej wiedzy i umiejętności oraz radzenia sobie z szybką dezaktualizacją wiedzy dziedzinowej.

Włączenie repozytorium w proces kształcenia nie jest zjawiskiem odosobnionym, co zostało pokazane w pracach [110], [31], czy [103]. Jednakże ciągle problemem jest określenie skali uczestnictwa i wykorzystania repozytorium, granulacja porcji wiedzy i sposób organizacji tych porcji (contentu repozytorium), sposób zarządzania repozytorium, jego utrzymaniem i odświeżaniem. Tym niemniej potencjał jaki niesie za sobą ten rozwój i wynikające z niego możliwości do udostępniania bardzo aktualnej wiedzy powoduje, że to

właśnie te rozwiązania mogą stać się podwaliną systemu kształcenia zorientowanego na nabywanie kompetencji.

Odpowiednie przygotowanie repozytorium i dalsze jego wykorzystanie w procesie dydaktycznym zorientowanym na kompetencje może uczynić z tego mechanizmu podstawę dla monitorowania i oceny procesu dydaktycznego z punktu widzenia osiągniętych efektów kształcenia. Tym niemniej przystosowanie procesu dydaktycznego do nowych uwarunkowań wymaga ustalenia na nowo modelu funkcjonowania tak zorganizowanego procesu.

4 Modelowanie referencyjne systemu informacyjnego monitorowania procesu nabywania kompetencji

4.1 Formalizacja zjawiska nabywania kompetencji

Opracowanie modelu referencyjnego systemu informacyjnego monitorowania procesu nabywania kompetencji wymaga przeprowadzenia analizy systemowej, w wyniku której zostaną zidentyfikowane role uczestników tego procesu, zachodzące pomiędzy nimi relacje oraz wskazane zostaną obszary i zadania, w obrębie których można proces automatyzować. Stąd też punktem wyjścia dla tej analizy jest tradycyjne ujęcie procesu kształcenia, zdefiniowane na gruncie dydaktyki.

Według Okonia [107] proces dydaktyczny, zwany też procesem kształcenia (nauczania-uczenia się), jest systemem czynności nauczycieli i uczniów, które są realizowane w warunkach odpowiednich dla zadań kształcenia oraz w taki sposób, aby umożliwić uczniom osiągnięcie założonych celów kształcenia. Z uwagi na to, zadaniem procesu dydaktycznego jest świadome i intencjonalne opanowywanie przez uczniów wiedzy o świecie oraz wyrabianie sprawności w jej stosowaniu, kształtowanie przekonań i postaw, a także rozwijanie zdolności i zainteresowań uczniów. Proces kształcenia obejmuje cele i treści kształcenia, infrastrukturę dydaktyczną, a przede wszystkim dwa główne filary – nauczyciela i ucznia. Zadaniem nauczyciela jest kierowanie procesem uczenia się uczniów tak, by przyswoili oni określone wiadomości, umiejętności i nawyki. Z tego powodu, niezwykle istotnym w realizacji procesu dydaktycznego jest dobór treści kształcenia [172].

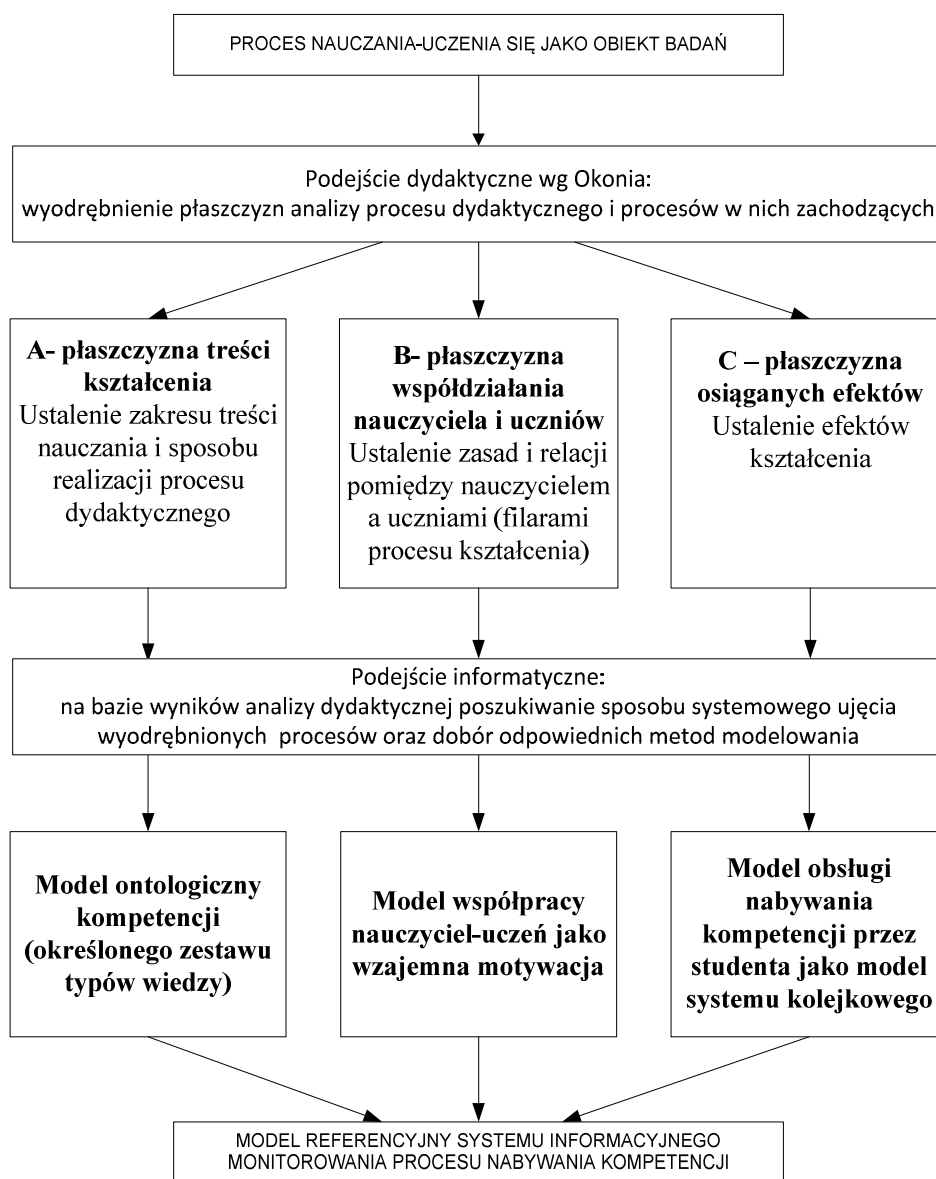
Wykonana przez Okonia analiza pozwala wyróżnić 3 płaszczyzny prowadzenia rozważań w obrębie procesu kształcenia - A,B,C (rysunek 19). Płaszczyzny te, widziane okiem dydaktyki, stały się podstawą rozważań na gruncie informatyki i stanowią bazę dla opracowania modelu systemu informacyjnego. Jednocześnie wyróżnienie tych płaszczyzn wskazuje, iż mamy do czynienia z obiektem, który jest złożonym systemem działania z niepełną i niepewną informacją, a zatem jego identyfikacja wymaga opracowania odpowiedniego modelu [67].

Jak podaje Pogorzelski [112], rezultatem analizy systemowej jest opracowanie modelu, który będzie charakteryzował podstawowe działanie analizowanego systemu, stanie się podstawą do wprowadzenia usprawnień oraz może prowadzić do opracowania odpowiedniego systemu informatycznego, automatyzującego przebieg procesu w całości lub w częściach. Wykorzystanie metodyki modelowania referencyjnego pozwoli zrozumieć, jaka jest zależność poszczególnych procesów w ramach tego systemu oraz jakie są wejścia i wyjścia w tych procesach.

Wychodząc z założenia, iż nowo organizowany system oparty jest na współdziałaniu nauczyciela i uczniów, którzy korzystają z repozytorium jako źródła odpowiednio ułożonych materiałów dydaktycznych (zgodnych ze strukturą kompetencji) i uczestniczą w rozwoju zasobów repozytorium (co jest zgodne ze zmianą postawy ucznia na aktywnego uczestnika procesu nauczania-uczenia się), a także poddając analizie wyróżnione płaszczyzny (A,B,C) i odkrywając zadania w ich obszarze, można dokładnie wyróżnić obiekty badań (sposób organizacji procesu dydaktycznego w kontekście treści kształcenia, proces współdziałania nauczyciela i uczniów, sposób oceny efektów kształcenia), z którymi będzie wiązał się proces formalizacji i próba znalezienia instrumentów informatycznych, wspierających ich funkcjonowanie.

Analiza podejścia dydaktycznego stała się podstawą rozważań na gruncie informatyki. Autorska propozycja w tym przypadku zakłada zastosowanie i zintegrowanie trzech modeli: w pierwszej płaszczyźnie - modelu określania zakresu i treści kompetencji

opartego na metodyce ontologii, w drugiej płaszczyźnie – modelu współpracy nauczyciel-uczeń na potrzeby uzupełnienia repozytorium w oparciu o motywację uczestników, w trzeciej płaszczyźnie – modelu obsługi nabywania kompetencji interpretowanego jak system kolejkowy.



Rysunek 19. Obszary informatyzacji procesu dydaktycznego podczas nabywania kompetencji źródło: opracowanie własne

Wykorzystując ontologię jako mechanizm reprezentacji zawartości kompetencji, poprzez pojęcia i relacje między nimi można charakteryzować zakres wiedzy składający się na kolejne porcje kompetencji. Dodatkowo graf ontologii można wykorzystać do wyodrębnienia luk kompetencyjnych wskazując te wierzchołki, które należy rozwijać np. opracowując nowe materiały dydaktyczne. Zawartość repozytorium jest odzwierciedleniem przygotowanej ontologii, a sposób poruszania się po grafie daje szansę monitorowania ścieżki nabywania kompetencji.

Określenie luk w repozytorium i poziomu trudności zadań związanych z jego uzupełnieniem jest podstawą do próby oszacowania stopnia zainteresowania studentów tym zadaniem. Rolą nauczyciela jest takie sformułowanie zadań dla studentów, by mogli

oni, na dostosowanym dla ich wiedzy i umiejętności poziomie, nabyć kompetencje, uzupełnili repozytorium w nowy materiał dydaktyczny, a ponadto „zmieścili się” w wyznaczonym na ten cel cyklu kształcenia. Przyjęte warunki współpracy, oparte na motywacji uczestników, powinny być kalkulowane z punktu widzenia istniejących ograniczeń np. czasowych, sprzętowych, itp. Rozwiązaniem, które można wykorzystać na potrzeby obserwowania różnych wariantów ułożenia pracy nauczyciela i uczniów jest symulacja, która poprzez wirtualne badania, daje możliwość przekształcania rzeczywistości [15]. W procesie dydaktycznym, na podstawie wykonanych eksperymentów symulacyjnych i uzyskanych wyników dążyć można do wprowadzania zmian w modelu współpracy pomiędzy nauczycielem i uczniami.

Szczegółową charakterystykę działań w ramach wyodrębnionych poziomów organizowania procesu nauczania-uczenia się opartego na kompetencjach przedstawiono w kolejnych w dalszej części rozprawy.

Graf ontologii. Dla potrzeb procesu kształcenia opartego na kompetencjach niezbędne jest zidentyfikowanie zakresu i treści wiedzy stanowiącej podstawę kompetencji. Z uwagi na fakt, iż ontologia daje możliwość wizualizacji pojęć dotyczących rozważanej dziedziny przedmiotowej oraz relacji między nimi, stanowi ona dobre rozwiązanie tego problemu.

Rozwiązanie to, w odróżnieniu np. do taksonomii Bloom'a [9], nie potrzebuje pełnych zdań do definiowania efektów kształcenia i pozwala połączyć różne typy wiedzy w jeden „obiekt”. Taka wizualizacja wpływa z kolei na uproszczenie procesu przetwarzania zakresu wiedzy i jej porównywania na tle innych przedmiotów, a zatem można je traktować jako dobry mechanizm wspierający analizę zakresu i rezultatów procesu kształcenia.

Graf ontologii odzwierciedla pogląd twórcy (nauczyciela) na realizację określonego przedmiotu, dla określonej specjalności, w określonej dziedzinie. Graf ten można dzielić na określone porcje kompetencji, czyli grupę pojęć połączonych ze sobą relacjami, które identyfikują odpowiednią dla danej porcji wiedzę teoretyczną, proceduralną i projektową. Powstały graf staje się podstawą do zasilenia repozytorium w materiał dydaktyczny o odpowiedniej zawartości wiedzy teoretycznej, proceduralnej i projektowej. Porcja kompetencji jest zawsze spójnym podgrafem grafu ontologii, opracowanym dla każdego przedmiotu nauczania (kursu).

Źródłową informacją niezbędną do określenia granic ontologii jest:

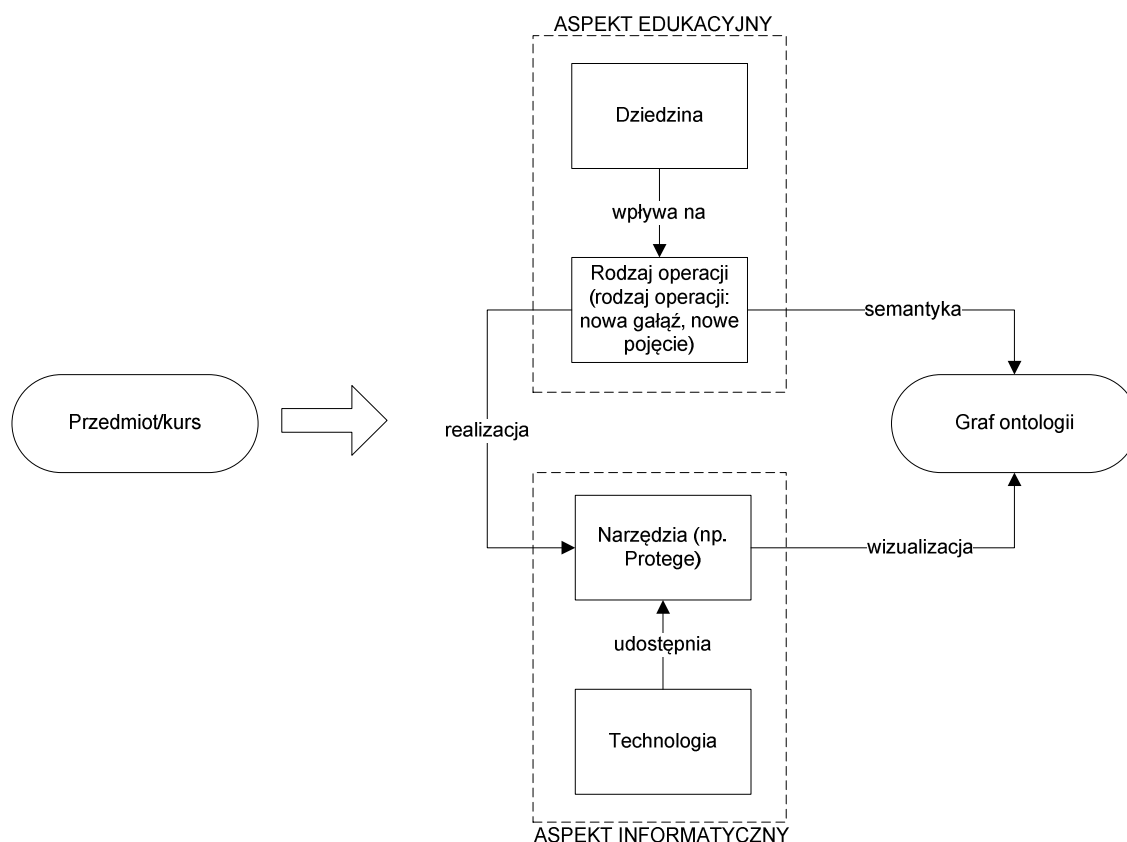
- taksonomia organizowania procesu nauczania, odwzorowująca specyfikę tego procesu,
- taksonomia dyscyplin naukowych, składających się na treść przedmiotu nauczania,

o których jest mowa w podrozdziale 2.2.

Z tego założenia wywodzi się pragmatyczny charakter ontologii, co oznacza, że stopień uogólnienia ontologii musi być uzależniony od parametrów konkretnej sytuacji edukacyjnej, na którą składa się treść przedmiotu nauczania, cel nauczania, docelowa grupa studentów, harmonogram i struktura procesu nauczania-uczenia się. Biorąc te czynniki pod uwagę, wykorzystanie ontologii jako metody wizualizacji treści kompetencji jest dodatkowo uzasadnione, gdyż poprzez specyfikację pojęć i relacji zostają zaznaczone granice nabywanych kompetencji.

Sporządzenie grafu ontologii jest wynikiem integracji dwóch elementów (rysunek 20). Z jednej strony jest to operacja mentalna człowieka, który z uwagi na dziedzinę przedmiotową i charakter przedmiotu decyduje o zależnościach znaczeniowych między

pojęciami oraz o hierarchii pojęć. Z drugiej strony przygotowanie grafu „potrzebuje” realizacji w środowisku informatycznym.



Rysunek 20. Schemat podejścia do opracowania grafu ontologii przedmiotu/kursu
źródło: opracowanie własne

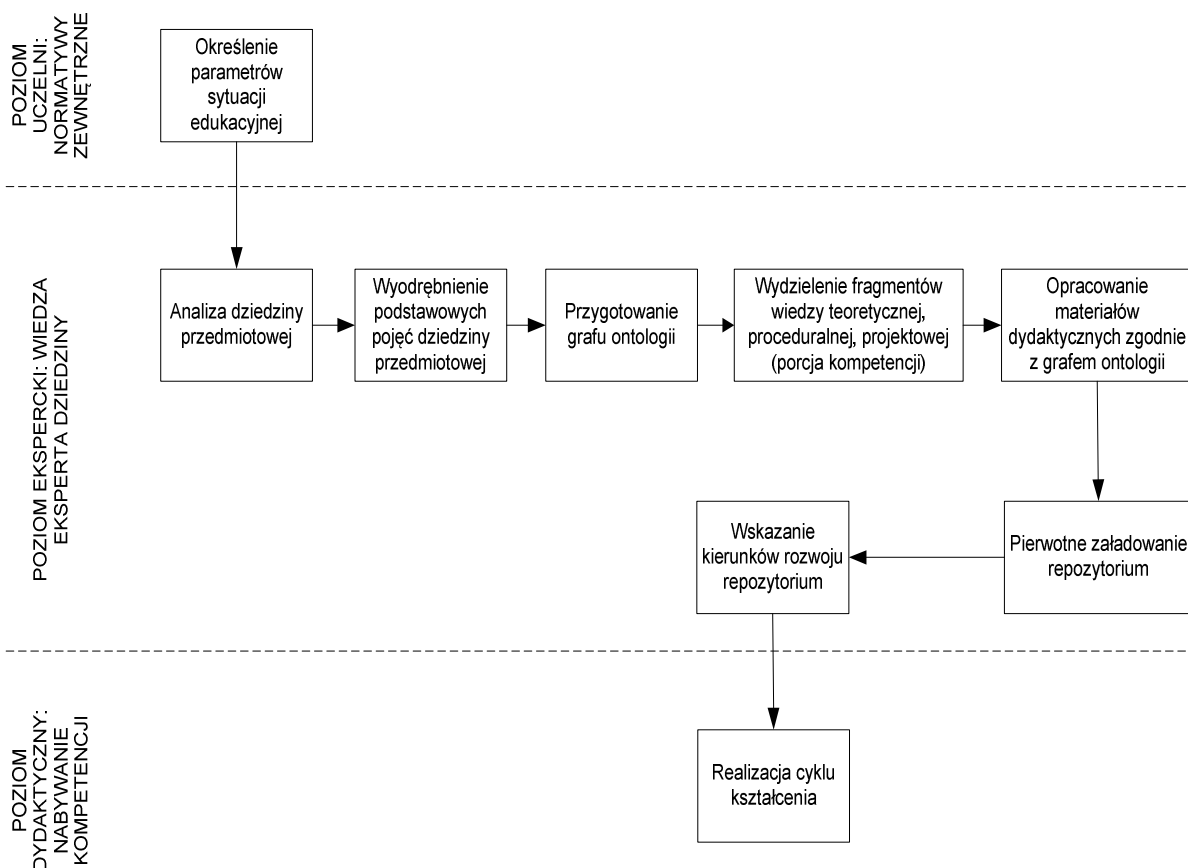
W sensie informatycznym, wizualizacja grafu, czy też dodawanie nowych wierzchołków grafu, to funkcje dostępne w ramach narzędzi inżynierii ontologii, których potencjał został pokrótce scharakteryzowany w teoretycznej części rozprawy (podrozdział 2.3).

Analiza struktury semantycznej, w której detalicznie rozpatruje się pojęcia i zbudowane między nimi relacje, jest dokonywana w trzech fazach (rysunek 21). Pierwsza dotyczy uwzględnienia normatywów zewnętrznych, które mają bezpośredni wpływ na realizację cyklu kształcenia (np. treści programowe, specyfika uczelni, etc.).

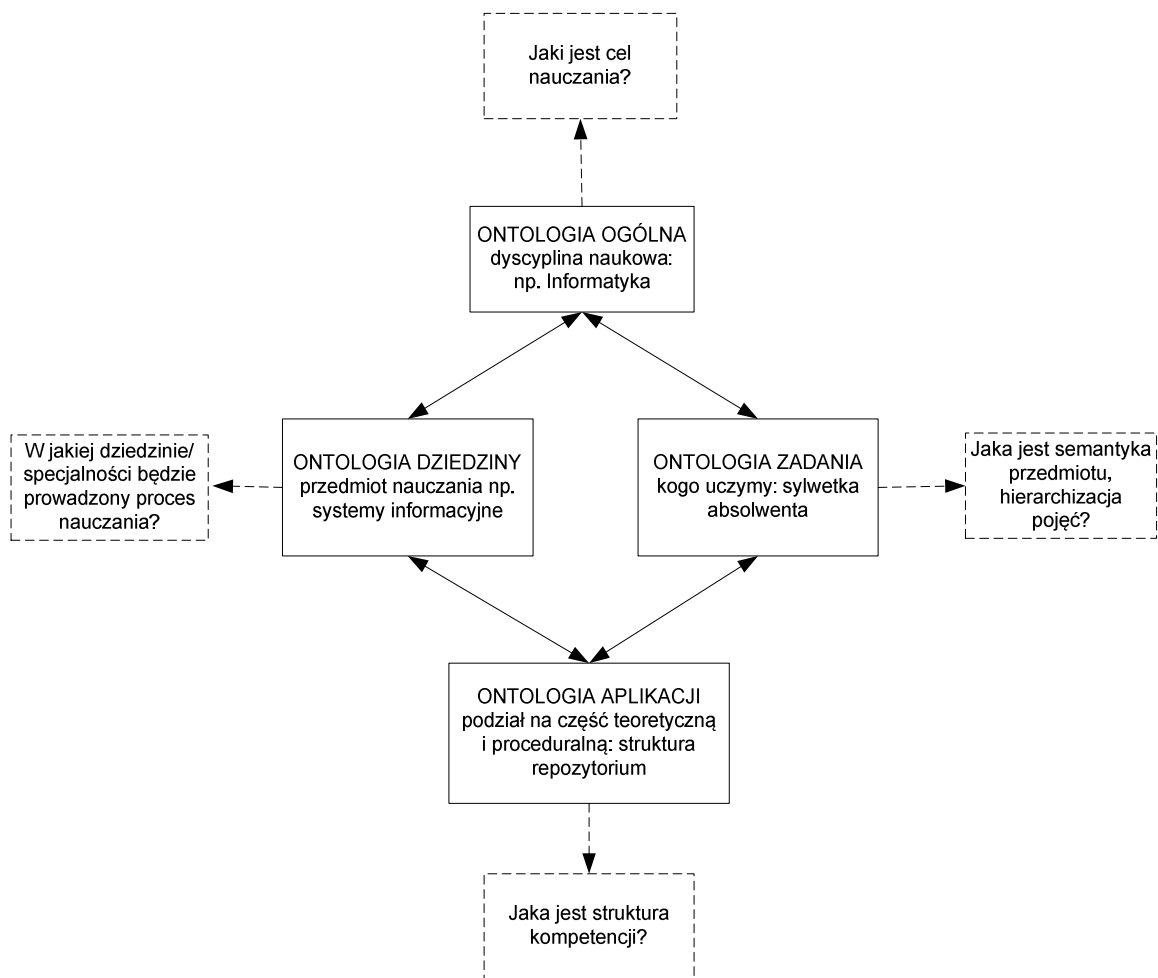
Druga faza to praca eksperta nad przygotowaniem ontologii i dalsze działania z tą ontologią. Ekspert jako specjalista w danej dziedzinie, osoba o teoretycznej i praktycznej znajomości przedmiotu, staje się twórcą ontologii oraz dąży do pierwotnego załadowania repozytorium. Takie postępowanie umożliwi z jednej strony realizację procesu dydaktycznego, a z drugiej wskaże kierunki dalszego rozwoju repozytorium przechowującego materiał dydaktyczny zgodnie z ideą kompetencji. W przypadku organizacji edukacyjnej, w roli eksperta występuje na ogół nauczyciel odpowiedzialny za realizację przedmiotu/kursu. Trzecia faza wkracza w realizację cyklu kształcenia, gdzie może pojawić się potrzeba wprowadzenia dodatkowych pojęć, czy też zawężenia wymagań kompetencyjnych.

Pierwsza i druga faza ma miejsce na etapie przygotowania do prowadzenia zajęć dydaktycznych. Na budowanie ontologii można spojrzeć jak na interpretację dotyczącą klasyfikacji ontologii [45], w której poszczególne typy ontologii rozpatruje się jako kolejne kroki działań do wykonania, by otrzymać ontologię danego przedmiotu/kursu (rysunek 22).

Wychodząc z ontologii ogólnej uzyskujemy odpowiedź na pytanie jaki jest cel kształcenia. Ontologia ogólna ma zatem, poprzez identyfikację dyscypliny naukowej, nakreślić podstawowe założenia dla treści kształcenia. Na tym poziomie identyfikuje się pojęcia kategoriałne, o wysokim poziomie uogólnienia. Działanie to jest punktem wyjścia do dalszego uszczegółowienia. Poprzez wyodrębnienie dziedziny wkracza się w obszar pojęć charakterystycznych dla przedmiotu. Dodawanie pojęć na tym poziomie uwzględnia wymagania sylabusów i programu nauczania. Określenie przedmiotu, którego dotyczy proces dydaktyczny powoduje dalsze sprecyzowanie pojęć i dostosowanie ich do wymagań i charakteru grupy docelowej. Przejście na poziom ontologii aplikacji i zweryfikowanie grafu na tym etapie daje pogląd na temat zakresu wiedzy będącej podstawą kompetencji.



Rysunek 21. Obszary wpływające na przygotowanie i rozwój ontologii przedmiotu/kursu
 źródło: opracowanie własne



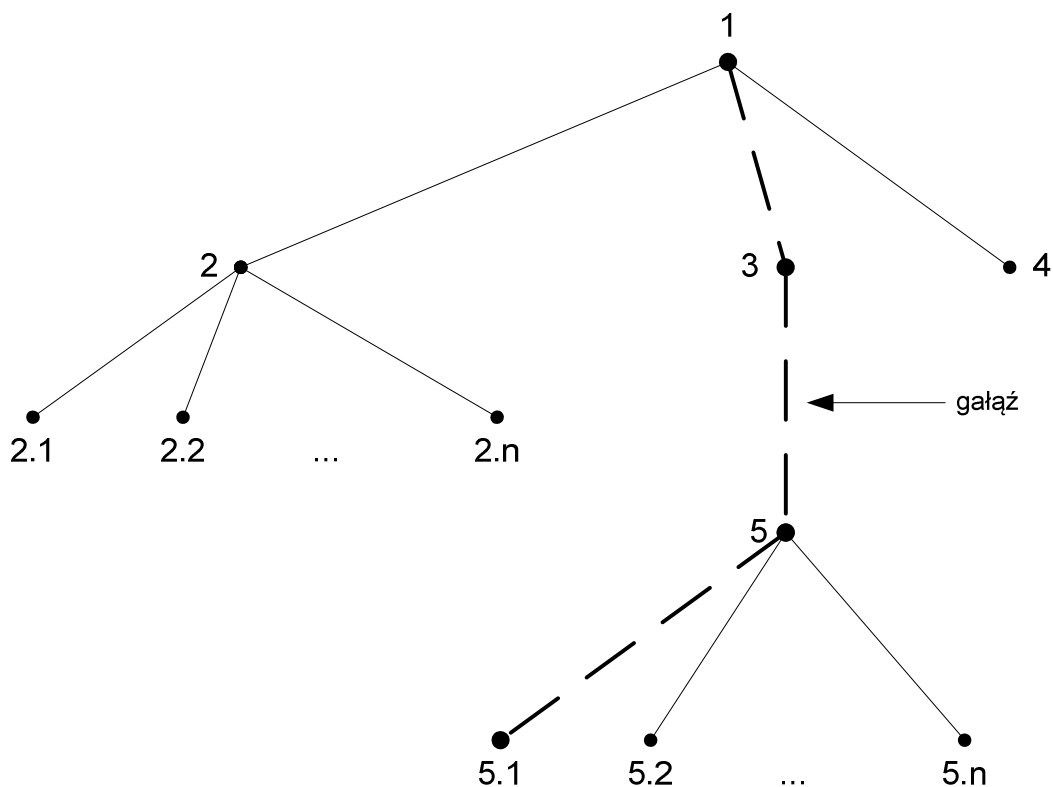
Rysunek 22. Schemat postępowania przy opracowaniu ontologii dla potrzeb realizacji procesu dydaktycznego opartego na kompetencjach
źródło: opracowanie własne

Przygotowany graf, zawierający zestaw pojęć i relacji między nimi, ma strukturę drzewiastą. Można w nim wyodrębnić (rysunek 23):

- korzeń (1),
- gałąź (np. 1-3-5-5.1),
- węzły pierwszego poziomu bezpośrednio podporządkowane korzeniowi (2,3,4),
- węzły definiujące określoną klasę pojęć (2,5),
- węzły definiujące określone egzemplarze klasy (np. 2.1, 2.2, ..., 2.n).

Z tego powodu rozwój ontologii może być dokonywany na różnych poziomach [74]. Pierwszy polega na rozwoju ekstensjonalnym i charakteryzuje się dodawaniem nowej klasy pojęć. Detalizacja, jaką należy przyjąć dla takiego zadania, zależy od wymagań sytuacji edukacyjnej i założeń jakie poczynił nauczyciel wytyczając efekty do uzyskania w cyklu kształcenia. Dodawanie węzłów w tym przypadku powoduje, że ontologia zostaje rozszerzona o nowe drzewo pojęć. Drugi poziom rozwoju ontologii zakłada dodawanie nowych egzemplarzy do danej klasy. Jest to tzw. intencjonalny rozwój pojęć mający na celu ujawnianie obiektów podlegających pojęciu.

Rzeczywisty rozwój grafu w sposób intencjonalny i ekstensjonalny można rozpatrywać jako sklepanie różnych ontologii w jeden spójny graf.



Rysunek 23. Przykładowy graf ontologii
 źródło: opracowanie własne

Prowadząc proces dydaktyczny nastawiony na rozwój kompetencji typowe motywy rozwoju ontologii to:

- adaptacja do nowego przedmiotu,
- pojawienie się nowej technologii,
- zmiana sytuacji edukacyjnej (np. liczby zajęć, grupy studentów),
- zmiana celu kształcenia,
- zmiana trybu kształcenia,
- itp.

Przygotowanie grafu ontologii jest podstawą do założenia zadań związanych z jego przetwarzaniem w ramach kształcenia zorientowanego na nabywanie kompetencji. Do grupy typowych zadań należą:

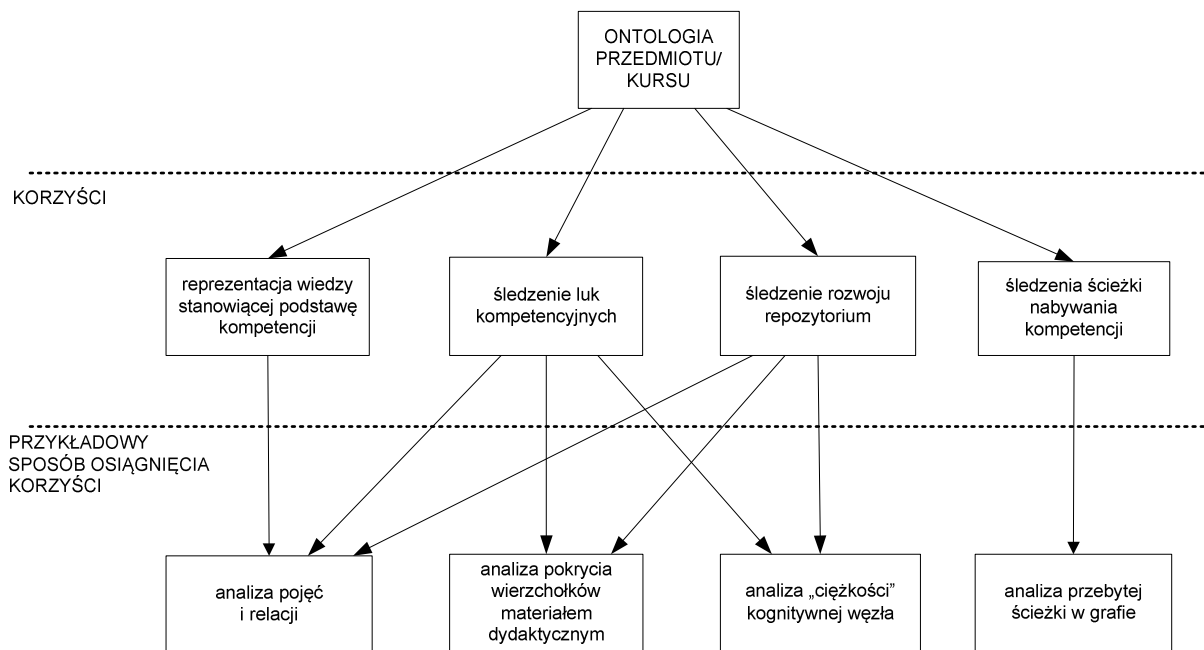
1. zadanie 1 – badanie stopnia pokrycia wierzchołków grafu materiałami dydaktycznymi. Jest to wymaganie formalne, związane z realizacją określonego cyklu kształcenia. Graf ontologii odpowiadać powinien wymaganiom sylabusów i odzwierciedlać ich zawartość w zakresie wiedzy i umiejętności gwarantowanych w trakcie trwania procesu kształcenia. Pomocnym elementem, służącym do opracowania grafu, jest ustalenie wspólnego słownika pojęć możliwych do wykorzystania na ten cel. Opracowanie tezausa przyczynia się do ujednolicenia słownictwa w grafie z określonej dziedziny;
2. zadanie 2 – wstępna ocena „ciężkości” węzła, czyniona na dwóch poziomach:
 - a. pierwszy - dotyczy określania „ciężkości” na podstawie podległych pojęć, gdzie węzeł o dużej „ciężkości” to węzeł reprezentujący klasę pojęć, zaś

- węzeł o małej „ciężkości” to węzeł reprezentujący określone egzemplarze w danej klasie;
- b. drugi – dotyczy określenia „ciężkości” na podstawie przyjętej strategii rozwoju materiałów dydaktycznych. Rozwój polegający na dodaniu nowych materiałów będących egzemplarzami danej klasy jest łatwiejszy i szybszy w realizacji niż opracowanie materiałów np. tworząc nową klasę pojęć;
 3. zadanie 3 – badanie głębokości nabytych kompetencji poprzez analizę przebytej ścieżki w grafie;
 4. zadanie 4 – ocena efektywności procesu kształcenia np. pod kątem osiągnięć naukowych. W tym przypadku może być ona dokonywana na bazie wskaźnika, w którym kompetencje indywidualne potwierdzone wynikiem naukowym są analizowane i oceniane na tle osiągniętych kompetencji grupy. W związku z powyższym można ustalić wartość oczekiwaną w stosunku do osiągnięć naukowych i sprawdzić ile osób podołało zadaniu, a ile nie osiągnęło spodziewanego rezultatu. Uzyskany wynik, zwłaszcza niezadowolający, może być podstawą do zmian w zakresie przyjętej strategii realizacji procesu dydaktycznego. Poniżej przedstawiono przykład oszacowania i analizy wskaźnika. W grupie 30-sto osobowej założono, że wysokie kompetencje nabywa osoba, która przygotowuje artykuł naukowy wraz z nauczycielem, za 6 punktów. Założono przygotowanie minimum 3 artykuły. Po zrealizowaniu cyklu kształcenia tylko jedna osoba osiągnęła założony cel - wartość wskaźnika $W_{komp.wys.} = 1/30 = 0,03333$, co w zestawieniu z liczbą punktów za artykuł daje wartość $W_{komp.wys.} = 1 * 6/30 = 0,2$. Wynik pozostałych osób ($W_{pozostali} = 29/30 = 0,9666$) znajduje się poniżej przyjętej dla procesu kształcenia normy. W związku z tym efektywność procesu kształcenia nie spełnia założonych ograniczeń, a zatem wymaga wprowadzenia zmian np. połączenie studentów w zespół pracujący wspólnie nad publikacją celem uzyskania wyższych rezultatów naukowych.

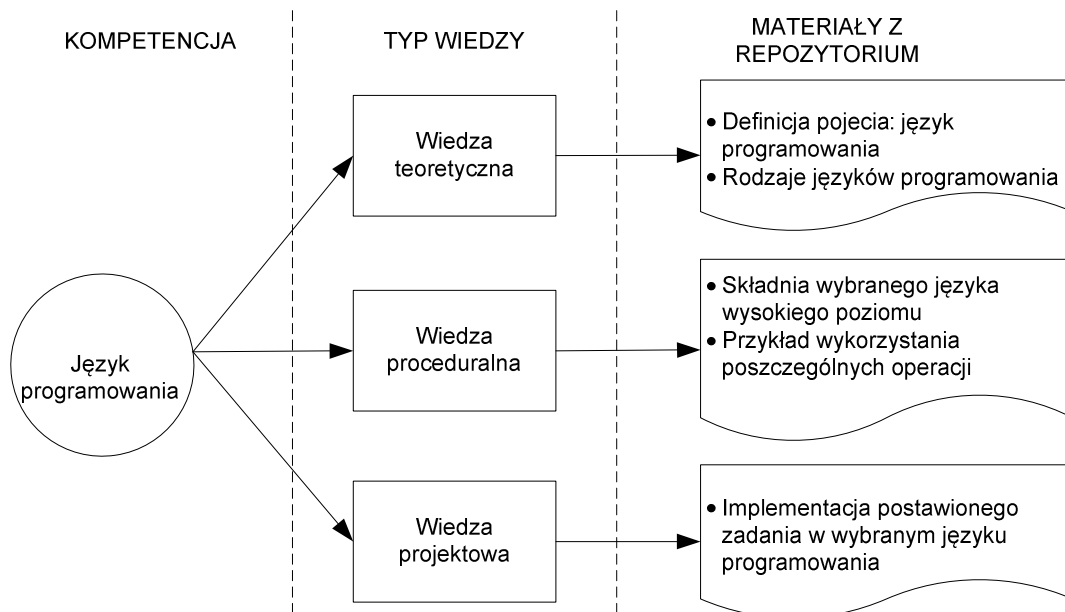
Realizacja wyżej wyszczególnionych zadań pozwala sformułować korzyści wynikające z wykorzystania ontologii na potrzeby nauczania-uczenia się (rysunek 24). Poprzez analizę pojęć występujących w ontologii, analizę pokrycia grafu ontologii materiałami dydaktycznymi, analizę relacji pomiędzy pojęciami, istnieje możliwość weryfikowania kierunków rozwoju repozytorium, badania rozwoju dziedziny przedmiotowej i określania powstałych luk, czy też wyodrębniania porcji kompetencji w ramach całego grafu opisującego np. dany kurs/przedmiot.

W związku z tym, że wiedza przypisana poszczególnym wierzchołkom ma doprowadzić do nabycia kompetencji, w repozytorium zbudowanym jako odzwierciedlenie ontologii powinny znajdować się porcje wiedzy teoretycznej, wiedzy proceduralnej i korespondujące zadania sprawdzające np. w formie projektu (wiedza projektowa).

Przykładowy zakres materiału składającego się na porcję kompetencji dotyczącą języków programowania przedstawia rysunek 25. Odpowiedni dobór materiału jest wynikiem pracy eksperta, który na bazie grafu ontologii przedmiotu/kursu reguluje jego zakres i charakter.



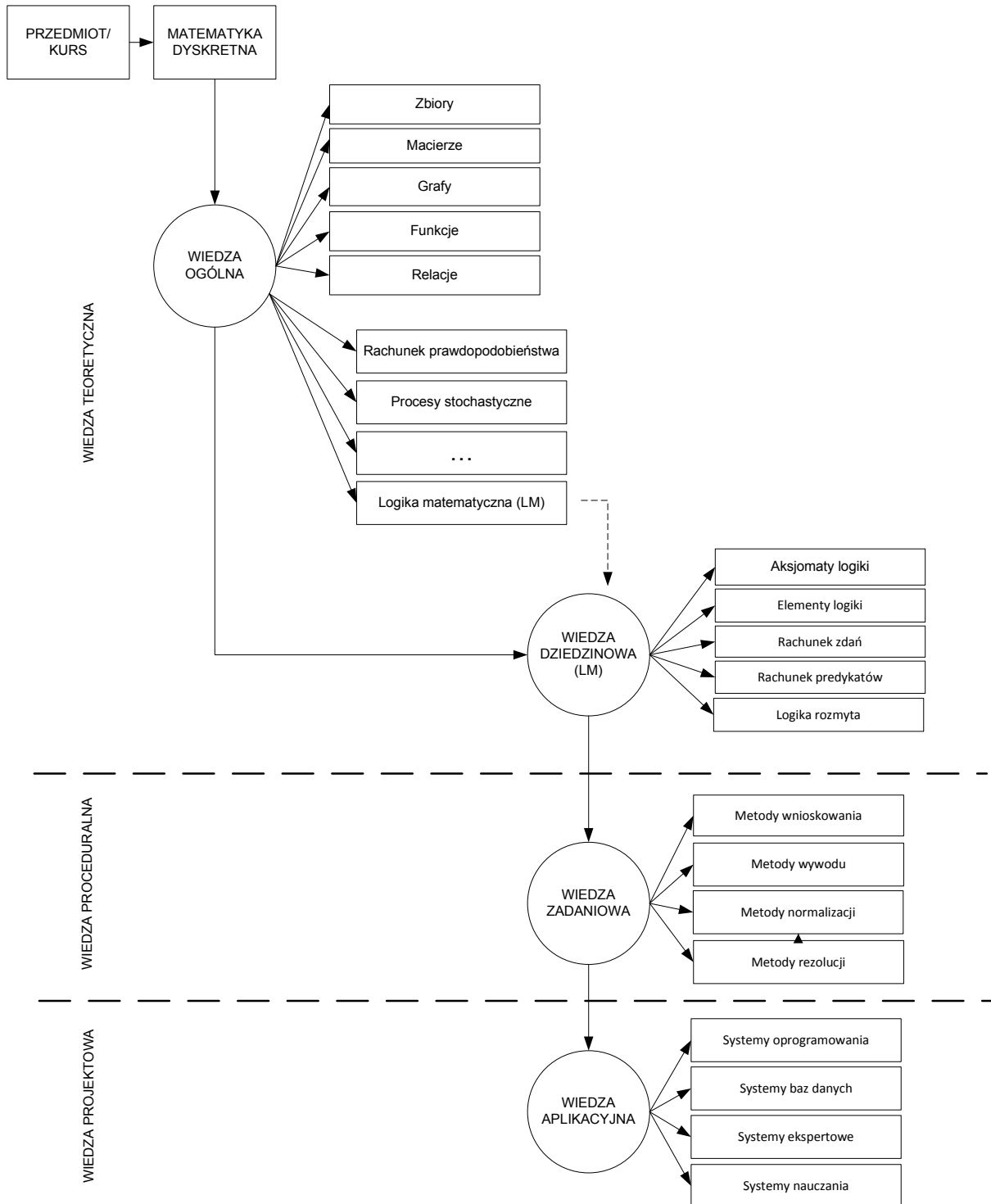
Rysunek 24. Główne korzyści wynikające z wykorzystania ontologii
źródło: opracowanie własne



Rysunek 25. Przykładowy zakres materiału dydaktycznego w ramach porcji kompetencji dotyczącej pojęcia język programowania
źródło: opracowanie własne

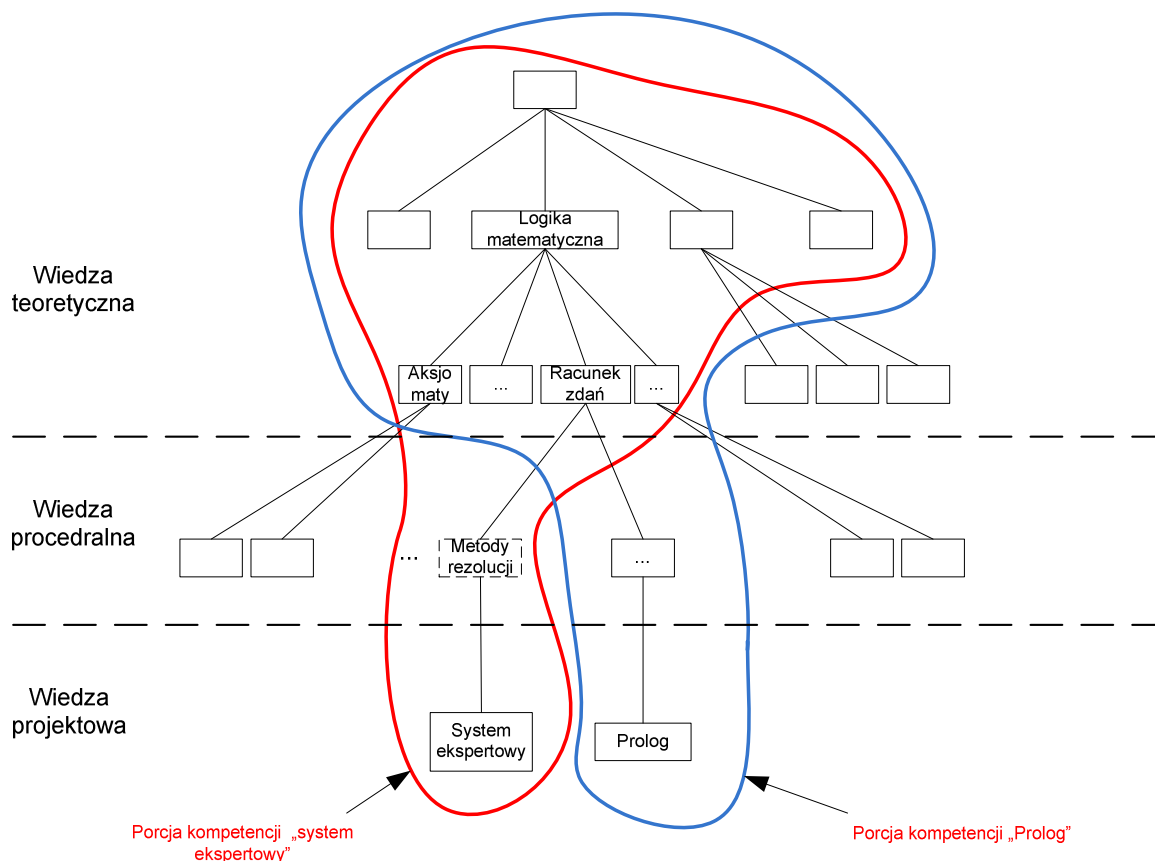
Ekspert przystępując do pracy nad określeniem zakresu i zawartości materiałów dydaktycznych powinien opracować i wyróżnić w dowolnym grafie przedmiotu/kursu wszystkie „składniki” kompetencji. Zadanie można wykonać posilując się klasyfikacją zawartą w [45], co zostało pokazane np. dla przedmiotu/kursu matematyka dyskretna

(rysunek 26). W grafie można wyróżnić pojęcia ogólne (na poziomie top level ontology), które są podstawą do wyodrębnienia wiedzy dziedzinowej (na poziomie domain ontology), charakterystycznej dla specyfiki realizowanego przedmiotu/kursu. Wierzchołki wyodrębnione na potrzeby wiedzy ogólnej i dziedzinowej są bazą dla materiałów dotyczących wiedzy teoretycznej.



Rysunek 26. Przykładowy zakres pojęć dla przedmiotu matematyka dyskretna
źródło: opracowanie własne na podstawie [118]

Wiedza zadaniowa i aplikacyjna (task ontology, domain ontology) jest podstawą do zapewnienia praktycznych umiejętności. Przejście poprzez kolejne wierzchołki ontologii – od teorii do zadań praktycznych, połączonych przez eksperta dziedziny w określone porcje kompetencji (rysunek 27), składa się w rezultacie na kompetencję globalną – w procesie dydaktycznym ukrytą pod nazwą absolwenta np. absolwent informatyki, mechaniki, itp. Jednocześnie, samo wyodrębnienie porcji kompetencji odbywa się na podstawie wiedzy eksperta z uwagi na indywidualną specyfikę każdej porcji kompetencji i konieczność uwzględnienia w każdej porcji zarówno wiedzy teoretycznej jak i tej gwarantującej praktyczne umiejętności.



Rysunek 27. Wyodrębnianie porcji kompetencji w grafie
źródło: [89]

Stopień złożoności materiałów dydaktycznych w wierzchołkach grafu jest określony przez nauczyciela na podstawie analizy sytuacji edukacyjnej. Jak zostało już w rozprawie wspomniane, sytuacja edukacyjna zależy od liczby godzin przydzielonych na realizację przedmiotu, wiedzy bazowej przybyłej grupy studentów, motywacji studentów do realizacji procesu kształcenia, itp. Z uwagi na to, iż nauczyciel ma do czynienia z różnymi studentami, o różnym przygotowaniu, istnieje potrzeba personalizacji poziomu złożoności materiałów dydaktycznych do możliwości, poziomu i wymagań grupy studentów.

Analiza zawartości materiałów dydaktycznych w repozytorium jest jednym z fundamentów jego rozwoju. Rozwój repozytorium odbywa się nie tylko na podstawie materiałów nauczyciela, ale także w oparciu o zadania studentów. Zadanie studenta może

uzupełnić repozytorium w wielu różnych sytuacjach. Typowe sytuacje dla rozwoju repozytorium na postawie zadań studentów są następujące. Uczeń, przyswajając określoną wiedzę teoretyczną i otrzymując od nauczyciela przykład wraz z jego rozwiązaniem może:

- rozwiązać podane zadanie inną metodą,
- zbudować własne, analogiczne zadanie i wykorzystać ten sam mechanizm jego rozwiązania,
- sformułować nowe zadanie i wykorzystać nowy sposób jego rozwiązania.

Z punktu widzenia studenta, umieszczone w repozytorium zadania mogą być podstawą do rozwoju e-portfolio studenta [13], [80] i kształtowania personalizowanej ścieżki rozwoju zawodowego. Z kolei pozycja nauczyciela i nastawienie na nowy model kształcenia oparty na kompetencjach wymaga, by ucznia włączyć w proces twórczy rozwoju repozytorium. Taka aktywizacja pozwala na rozwój sfery poznawczej ucznia, kładzie nacisk na samodzielne myślenie i rozwój własny, sprzyja inicjatywie samokształcenia, pozwala na integrację treści przedmiotowych poprzez łączenie teorii z praktyką. Dodatkowo dostarczanie materiałów dydaktycznych zgodnie z ideą kompetencji ma na celu zwiększenie zdolności studenta do strukturyzacji posiadanej wiedzy teoretycznej i połączenia jej z wynikami nabywanego doświadczenia.

Model motywacji. Przygotowanie materiałów dydaktycznych i zasilenie tymi materiałami repozytorium nie jest jeszcze czynnikiem decydującym o sukcesie procesu dydaktycznego. Kształcenie wymaga wzajemnego oddziaływania między nauczycielem a uczącym się, za które nauczyciel jest odpowiedzialny w celu spowodowania oczekiwanych zmian zachowań ucznia. Realizacja celów kształcenia wymaga zastosowania odpowiednich sposobów kierowania procesem uczenia się uczniów. Osiągnięcie określonych postaw, przy istniejących w trakcie kształcenia ograniczeniach czasowych, kosztowych, narzędziowych, wymaga rozpoznania motywacji uczniów i nauczyciela, gdyż jak podaje [59] uczenie zachodzi tylko wtedy, gdy uczący wykazuje minimum motywacji do tego, by danych treści się uczyć. W pojęciu motywacji mieszczą się bowiem wszelkie mechanizmy odpowiedzialne za uruchomienie, ukierunkowanie, podtrzymywanie i zakończenie określonego typu zachowania.

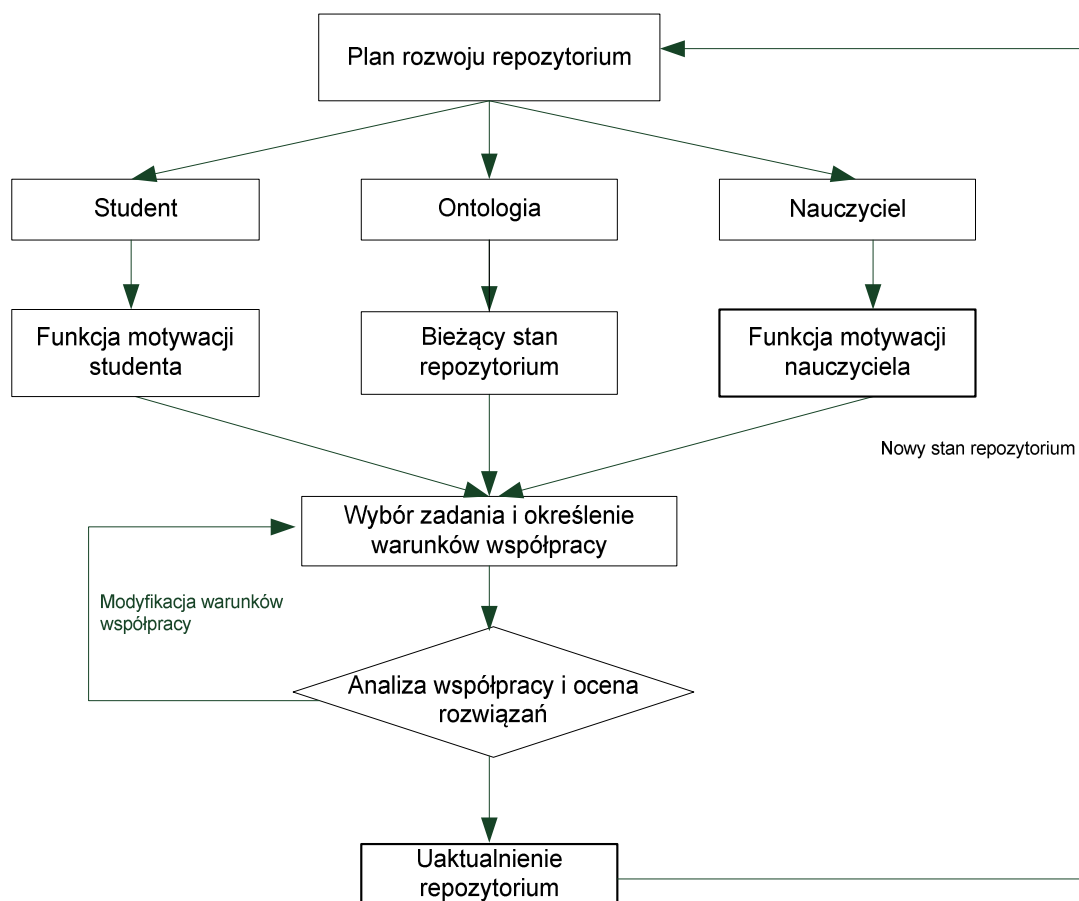
Pojęcie motywacja jest pojęciem wywodzącym się z psychologii, analizowanym w aspekcie wewnętrznych i zewnętrznych bodźców, motywów powodujących określone działania. Wykorzystywanie tego terminu na gruncie informatyki jest prowadzone w innym, nieco zawężonym kontekście. Motywację w ujęciu informatycznym opisuje się jako model współdziałania, uwzględniający preferencje uczestników tego współdziałania [106]. Przygotowanie modelu współdziałania uczestników procesu dydaktycznego stanowi próbę formalizacji zadania postawionego werbalnie i ma na celu wykazanie złożoności tego zadania. Model ten, z uwagi na kluczową rolę opisu zachowań uczestników procesu kształcenia, zwany jest dalej modelem motywacji.

Zadaniem modelu motywacji jest identyfikacja preferencji uczestników procesu kształcenia i ustalenie warunków współdziałania, które mają doprowadzić do rozwoju repozytorium, a tym samym wzrostu kompetencji uczących się. Motywacja zakłada zatem istnienie takiego scenariusza oddziaływania pomiędzy studentem a nauczycielem, w którym wzrasta zaangażowanie studenta w trakcie realizacji zadań oraz następuje rozszerzenie repozytorium np. o nowe zadania.

Struktura modelu motywacji zachowania nauczyciela i studentów podczas realizacji procesu kształcenia opartego na kompetencjach wymaga wzięcia pod uwagę następujących czynników (rysunek 28), na które składają się:

- opis sytuacji edukacyjnej – wyrażony przygotowanym grafem ontologii i pierwotnym stanem repozytorium,

- funkcja motywacji nauczyciela – definiująca preferencje nauczyciela w rozwój repozytorium,
- funkcja motywacji studenta – określająca preferencje studenta,
- celowa funkcja wykorzystania repozytorium – czyli celowa funkcja wyboru zadania z repozytorium, na podstawie której dokonywana będzie analiza zachowania uczestników w systemie i planowany rozwój kompetencji.



Rysunek 28. Identyfikacja podstawowych komponentów warunkujących współpracę nauczyciel-student w procesie nauczania-uczenia się
źródło: [121]

Funkcja motywacji nauczyciela decyduje o tym, jakie zasoby nauczyciel jest gotowy przydzielić studentowi do wykonania określonego zadania. Przez zasoby należy rozumieć takie czynniki jak: czas konsultacji z nauczycielem, dostęp do materiałów naukowych, potrzebny sprzęt, oprogramowanie, itp. Nauczyciel określa swoją funkcję motywacji zanim studenci uzyskają możliwość wyboru zadań – funkcja ta musi bowiem być im znana. Tym niemniej cały czas zainteresowanie nauczyciela jest ukierunkowane na maksymalne wypełnienie repozytorium rozwiązaniami o różnym stopniu złożoności zadań. Funkcja motywacji nauczyciela ma na celu takie oddziaływanie na studentów, które doprowadzi do umieszczenia nowych materiałów dydaktycznych w repozytorium. Rozwiązania te będą świadczyły o wysokiej nabytej kompetencji studenta.

Nauczyciel nie wie z jaką grupą studentów będzie musiał pracować, ale jest zainteresowany, by studenci wykonywali możliwie najbardziej złożone zadania, które mogą być wykorzystane do rozwoju repozytorium. W pierwszej kolejności to jednak sam nauczyciel opracowuje materiał dydaktyczny z przedmiotu i umieszcza go w

repozytorium. Materiały dydaktyczne są tworzone w oparciu o ontologię, której przedmiot dotyczy. Materiał dydaktyczny składa się z części teoretycznej, proceduralnej oraz zadań sprawdzających nabyte kompetencje. Zadania mogą być do siebie podobne lub różnić się znacząco, przede wszystkim jednak każde z zadań posiada pewien określony stopień złożoności. Innymi słowy jedne zadania są z punktu widzenia nauczyciela prostsze, inne trudniejsze, a zatem studenci, którzy je rozwiązali powinni otrzymać wyższą ocenę. W większości przypadków nauczycielowi bardziej zależy na tym, by studenci rozwiązywali zadania bardziej skomplikowane.

Innymi czynnikami mogącymi mieć znaczący wpływ na zachowanie nauczyciela może być aktualność zadań, które wynika ze szczególnego zainteresowania nauczyciela tematyką zadania. Jeżeli temat zadania staje się coraz mniej aktualny, a repozytorium posiada już wiele podobnych zadań, to nauczyciel będzie mniej zainteresowany pracą ze studentami, którzy zdecydowali się na rozwiązanie właśnie tych zadań. Z drugiej strony, każdy nauczyciel może uważać pewne aspekty dziedziny, którą się zajmuje, za bardziej interesujące niż inne. W związku z tym można założyć, że istnieje pewien zbiór zadań odnoszących się do fragmentu dziedziny najbardziej interesującej dla nauczyciela, co oznacza, że będzie on gotów poświęcić więcej uwagi studentom pragnącym te właśnie zadania rozwiązać.

Ostateczne „ujawnienie się” funkcji motywacji studenta następuje w momencie wyboru zadań. Funkcja motywacji studenta wynika z przyjętej strategii rozwoju własnego i innych czynników mających wpływ na zaliczenie przedmiotu przez studenta. Student będzie zatem sam decydował, jak mocno będzie angażował się w proces dydaktyczny. Z jednej strony student może chcieć otrzymać maksymalną ocenę i maksymalnie powiększyć swoją kompetencję w wyniku wykonania wybranego zadania. Indywidualne preferencje studenta mogą powodować, że będzie on bardziej zainteresowany tematem i zadaniem trudniejszym, mimo iż bardziej czasochłonnym. Jednak przyjmując nawet, że student należy do bardzo ambitnych i chciałby rozwiązać najtrudniejsze zadanie, może się okazać, że nie jest on w stanie tego zrobić, gdyż wykracza to poza jego zdolności. Ponadto student działa w obszarze pewnych ograniczeń, z których najpoważniejsze wynika z czasu, jaki może on poświęcić na wykonanie zadania oraz czasu jaki nauczyciel może mu poświęcić udzielając wsparcia.

Biorąc pod uwagę chęć otrzymania oceny i zwiększenia swoich kompetencji studentów można podzielić na trzy grupy. Pierwsza grupa studentów zainteresowana jest osiągnięciem minimalnie dopuszczalnego sukcesu, co oznacza spełnienie minimalnych wymagań dla zaliczenia zadań (niski stopień złożoności zadania, minimalne dopuszczalna ocena za jego rozwiązanie) przy maksymalnej oszczędności swojego czasu. Druga grupa studentów zainteresowana jest rozwiązywaniem zadań o wysokim stopniu złożoności, które choć wymagają często więcej czasu, prowadzą jednak do większego samorozwoju uczniów, uzyskania wysokiej oceny i mogą być umieszczone w repozytorium jako ich autorska część materiałów dydaktycznych. Trzecią grupę stanowią studenci przeciętni, którym nie uda się wykonać zadań trudnych z uwagi na istniejące ograniczenia, natomiast ich zaangażowanie w proces i czas poświęcony na realizację zadań, pozwala na uzyskanie kompetencji wyższych niż minimalne.

„Zderzenie się” ze sobą motywacji nauczyciela i studentów powoduje, iż uruchomiony zostaje mechanizm, który z jednej strony ma za zadanie rozwijanie kompetencji, a z drugiej doprowadzenie do balansu pomiędzy oczekiwaniami nauczyciela, który chce rozwijać repozytorium zadaniami o pożądanym stopniu aktualności i złożoności, a oczekiwaniami studenta, który rozważa takie czynniki jak trudność opanowania materiału dydaktycznego, potencjalną ocenę za zaliczenie kursu, czy własne zainteresowanie w dziedzinie przedmiotowej.

Formalny opis sytuacji edukacyjnej uwzględniającej motywację uczestników, zaczerpnięty z [77] i dalej interpretowany na potrzeby budowy systemu monitorowania procesu nabywania kompetencji, przedstawia się następująco:

1. sytuacja edukacyjna

a) uczestnicy procesu nauczania-uczenia się:

N – nauczyciel (prowadzący przedmiot, dysponent repozytorium przedmiotu),

U_l – uczeń, gdzie

$l=1, \dots, l^*$ – indeks studenta,

$$\pi(U) = \{\chi, \lambda\} \text{ - stochastyczny proces przybycia studentów,}$$

(4.1—1)

gdzie

π – proces przybycia,

χ – rozkład,

λ – intensywność przybycia,

b) $G_D = (W_D, S_D)$ – graf ontologiczny przedmiotu nauczania,

(4.1—2)

gdzie

W_D – wierzchołki grafu/koncepty/obiekty nauczania),

S_D – krawędzie grafu (relacje pomiędzy konceptami),

c) $R = \{r_i^k\}$ – repozytorium zadań,

(4.1—3)

gdzie

$i=1, \dots, i^*$ – indeks zadania,

k – cykl nauczania-uczenia się zorientowany na k -porcję kompetencji,

d) $\Pi(r_i^k) = \{Q(r_i^k), A(r_i^k)\}$ – parametry zadania r_i^k ,

(4.1—4)

gdzie

Π – zbiór parametrów,

$Q(r_i^k)$ – stopień złożoności zadania, który może być wyrażony w skali liczbowej (liczba konceptów/obiektów ze zbioru W_D , wchodzących w zadanie),

$A(r_i^k)$ – aktualność zadania – charakterystyka zadania, wyznaczona przez nauczyciela, która może być wyrażona w skali binarnej,

$$A(r_i^k) = \begin{cases} 1, \text{ jeśli zadanie } r_i^k \text{ jest aktualne dla nauczyciela w celu umieszczenia w repozytorium} \\ 0, \text{ w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

(4.1—5)

Aktualne, prawidłowo wykonane zadanie nauczyciel umieszcza w repozytorium zadań R;

2. struktura modelu motywacji (modelu współpracy) uczestników procesu nauczania-uczenia się

a) funkcja motywacji nauczyciela:

$$\sigma N(r_i^k) = F_N(H(r_i^k), \bar{X}(r_i^k)),$$

(4.1—6)

gdzie

F_N - 2-argumentowa funkcja motywacji,

$H(r_i^k)$ - ilość punktów przydzielonych za prawidłowo wykonane zadanie r_i^k ,

$\bar{X}(r_i^k)$ - zasoby czasowe wydzielone na wykonanie zadania r_i^k , rozumiane jako czas konsultacji (harmonogram konsultacji) wyznaczony dla danego zadania,

b) funkcja motywacji studenta (preferencji)

$$\sigma U_l(r_i^k) = F_l(W(U_l), C(r_i^k), P(U_l)),$$

(4.1—7)

gdzie

F_l - 3-argumentowa funkcja motywacji,

$W(U_l)$ - wiedza bazowa (wstępna) studenta U_l ,

$C(r_i^k)$ - zasoby czasowe wykorzystane przez studenta na wykonanie zadania,

$P(U_l)$ - stopień indywidualnego zainteresowania studenta w wykonaniu zadania (wewnętrzna motywacja studenta),

c) sumaryczna funkcja motywacji studenta przy wyborze zadania:

$$\Sigma(U_l, r_i^k) = \sigma(N, r_i^k) + \sigma(U_l, r_i^k) = F_N(H(r_i^k, \bar{X}(r_i^k)) + F_l(W(U_l), C(r_i^k), P(U_l))),$$

(4.1—8)

gdzie

Σ - sumaryczna funkcja motywacji,

r_i^k - zadanie 'i' składające się na porcję kompetencji 'k',

k - porcja kompetencji, $k=1, \dots, k^*$,

3. model wyboru zadania przez studenta

Konsekwencją współpracy nauczyciela i studenta jest określone zachowanie studenta przy wyborze i wykonaniu zadania.

Fakt wyboru zadania przez studenta możemy oznaczyć jako binarną funkcję:

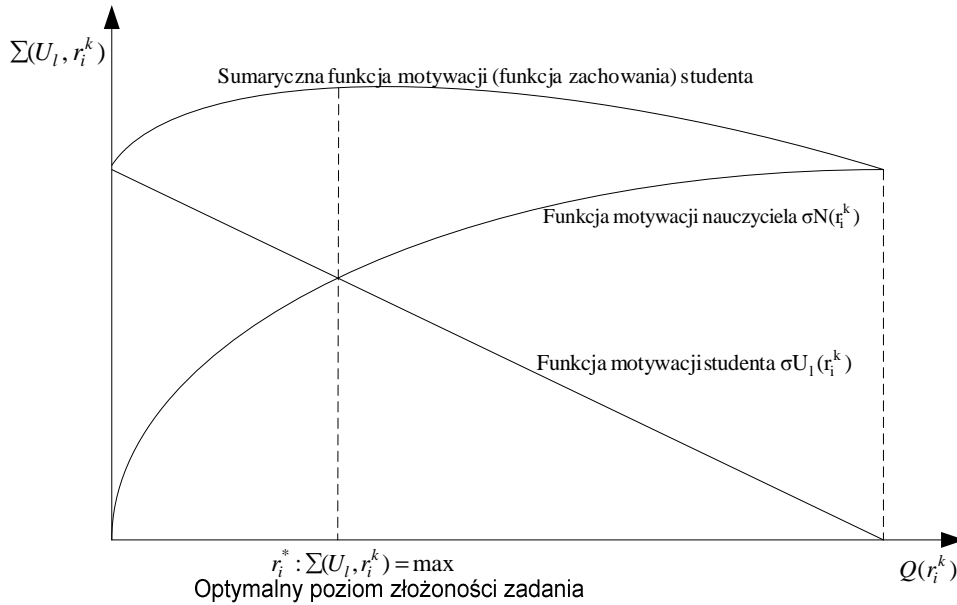
$$\gamma(U_l, r_i^k) = \begin{cases} 1, \text{ jeśli student } U_l \text{ wybiera zadanie } r_i^k \\ 0, \text{ w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

(4.1—9)

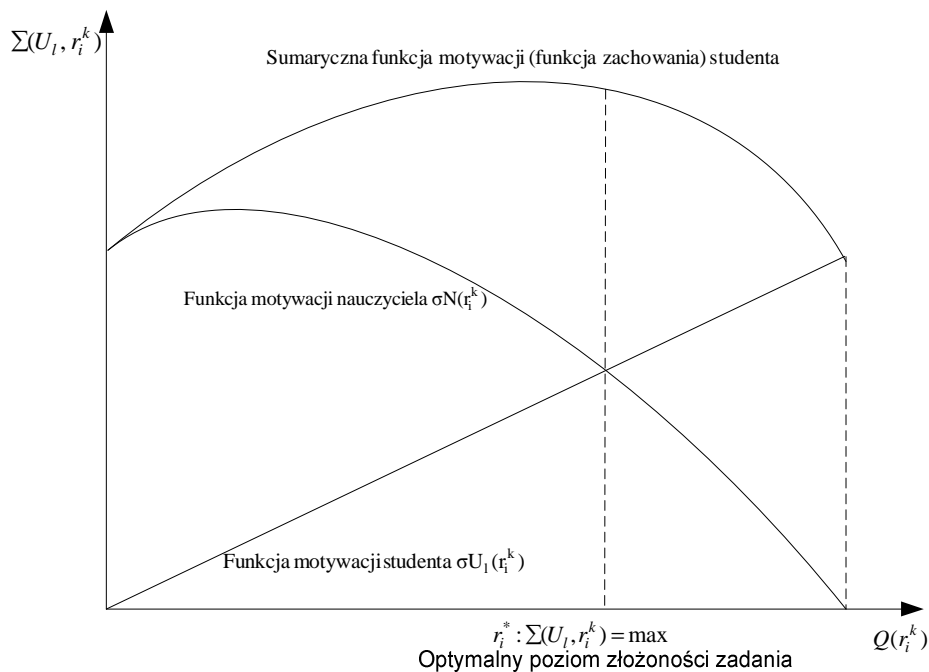
Dwa skrajne przypadki kształtowania się motywacji nauczyciela i studenta przedstawia rysunek 29 i rysunek 30. Motywacja studenta, dla uproszczenia, została w obu przypadkach opisana pod postacią liniowej funkcji motywacji. W zależności od tego, czy przedstawiona jest motywacja uczniów ambitnych (o wysokiej motywacji), czy też nieambitnych (o niskiej motywacji), funkcja ta jest odpowiednio rosnąca lub malejąca.

Etap identyfikowania motywacji nauczyciela zakłada, że funkcja odzwierciedlająca tę motywację będzie budowana dla każdej grupy studentów. Jej kształt zależy od tego, z jaką grupą studentów pracuje w danej chwili nauczyciel. Krzywa opisująca motywację nauczyciela w ogólnym przypadku ma postać nieliniową. W przypadku studentów nieambitnych funkcja motywacji nauczyciela jest funkcją rosnącą z uwagi na potrzebę ciągłego motywowania studentów do rozwiązywania zadań trudniejszych i wymagających

więcej poświęconego czasu. W przeciwnym przypadku, gdy studenci są ambitni i silnie zdeterminowani, by osiągnąć wysoki wynik, jest to funkcja malejąca, gdyż z uwagi na istniejące ograniczenia nauczyciel musi hamować motywację studentów. Rozkład tej funkcji jest związany np. z postawionymi ograniczeniami czasowymi, jakie zostały wprowadzone na rzecz realizacji procesu dydaktycznego.



Rysunek 29. Kształt funkcji motywacji podczas realizacji procesu dydaktycznego z grupą nieambitnych studentów
źródło: opracowanie własne na podstawie [77]



Rysunek 30. Kształt funkcji motywacji podczas realizacji procesu dydaktycznego z grupą ambitnych studentów
źródło: opracowanie własne

Natura funkcji celowej wskazuje, iż jest to funkcja nieliniowa. Kształt nieliniowości wynika z reguł składania funkcji, w tym przypadku funkcji motywacji nauczyciela i studenta. Obydwa składowe elementy celowej funkcji zależą od tego samego argumentu r_i w sposób przeciwny. Sumaryczna funkcja $\Phi(v_i^l)$ osiąga minimalną wartość przy dokonaniu wyboru pewnego zadania r_i^* (*- optymalny poziom złożoności zadania).

Analiza funkcji motywacji nauczyciela i studentów, ich przebiegu wskazuje, iż zadanie znalezienia balansu pomiędzy tymi funkcjami nie można interpretować jako klasycznego zadania, w którym „idzie się” drogą rozwiązania funkcji. Przyczyn takiego stanu jest wiele, a wśród nich kluczowe znaczenie ma fakt, iż w przypadku współdziałania na gruncie procesu nauczania-uczenia się mamy do czynienia z zachowaniem człowieka, które może się zmieniać. Ponadto trudności powoduje proces zbierania i uwzględniania statystyk z przebiegu procesu, gdyż mogą one nie przystawać do rzeczywistości.

4. celowe funkcje modelu współpracy nauczyciela i studenta

a) celowa funkcja studenta

Celem studenta jest przyrost jego indywidualnych kompetencji w rezultacie wykonania zadań, co zostaje odzwierciedlone w postaci punktów (ocen) za nabyte porcje kompetencji.

Stąd też celowa funkcja studenta może być wyrażona funkcjonalem:

$$\Phi(U_l) = \sum_k \sum_i H(r_i^k) \gamma(U_l, r_i^k) = \max, \quad (4.1-10)$$

gdzie

$\Phi(U_l)$ - wartość funkcji dla studenta U_l po zakończeniu wszystkich cykli nauczania przedmiotu/kompetencji,

$H(r_i^k)$ - suma punktów przydzielonych za prawidłowo wykonane zadanie r_i^k ,

$k=1, \dots, k^*$ - indeks kompetencji,

$i=1, \dots, i^*$ - indeks zadania,

$l=1, \dots, l^*$ - indeks studenta,

$\gamma(u_l, r_i^k)$ - binarna funkcja wyboru zadania,

$\sum_k \sum_i H(r_i^k) \gamma(U_l, r_i^k)$ - sumaryczna ilość punktów otrzymanych przez studenta U_l po wszystkich porcjach kompetencji (w ramach wszystkich porcji kompetencji),

b) celowa funkcja nauczyciela

Celem nauczyciela jest przyrost grupowej kompetencji, wyrażony liczbą nowych zadań w repozytorium. Kryterium wyboru zadań wyznaczonych do umieszczenia w repozytorium wynika z preferencji nauczyciela, które są wyznaczone przez niego na bieżąco w ramach każdej porcji kompetencji $k=\{1, \dots, k^*\}$ przez aktualność wykonanego zadania $A(r_i^k)$. Stąd też celowa funkcja nauczyciela może być wyrażona funkcjonalem:

$$\Phi(N) = \sum_k \sum_l \sum_i \gamma(U_l, r_i^k) A(r_i^k) = \max, \quad (4.1-11)$$

gdzie

$\gamma(U_l, r_i^k)$ - fakt wyboru zadania przez studenta,

$\sum_k \sum_l \sum_i \gamma(U_l, r_i^k) A(r_i^k)$ - ilość zadań umieszczonych w repozytorium w ramach wszystkich porcji kompetencji $k=1, \dots, k^*$, wykonanych przez wszystkich studentów $l=1, \dots, l^*$

Celowa funkcja nauczyciela może być wyrażona jako sumaryczna liczba aktualnych zadań, wykonanych przez wszystkich studentów grupy w ramach wszystkich porcji kompetencji (po wszystkich porcjach kompetencji).

Przedstawiony powyżej model analityczny jest modelem złożonym, z uwagi na fakt, iż opisuje on preferencje człowieka i jego zachowanie w procesie dydaktycznym. Podstawy matematyczne są niezbędne jednak do tego, by scharakteryzować naturę tego procesu oraz zaproponować mechanizm wspierający analizę jego przebiegu.

Z punktu widzenia realizacji procesu dydaktycznego kluczowym zadaniem jest analiza kolejki studentów, których musi obsłużyć nauczyciel oraz analiza istniejących ograniczeń czasowych, które należy uwzględnić podczas pracy z grupą, a ponadto zestawień ze spodziewaną liczbą zadań mających zasilić repozytorium.

Ograniczeniem dla modelu jest sumaryczny czas konsultacji udzielony studentom przez nauczyciela, który nie może przekroczyć łącznego ustalonego przez nauczyciela zasobu czasowego:

$$\sum_k \sum_l \sum_i \bar{X}(r_i^k) \gamma(U_l, r_i^k) \leq T_N,$$

(4.1—12)

gdzie

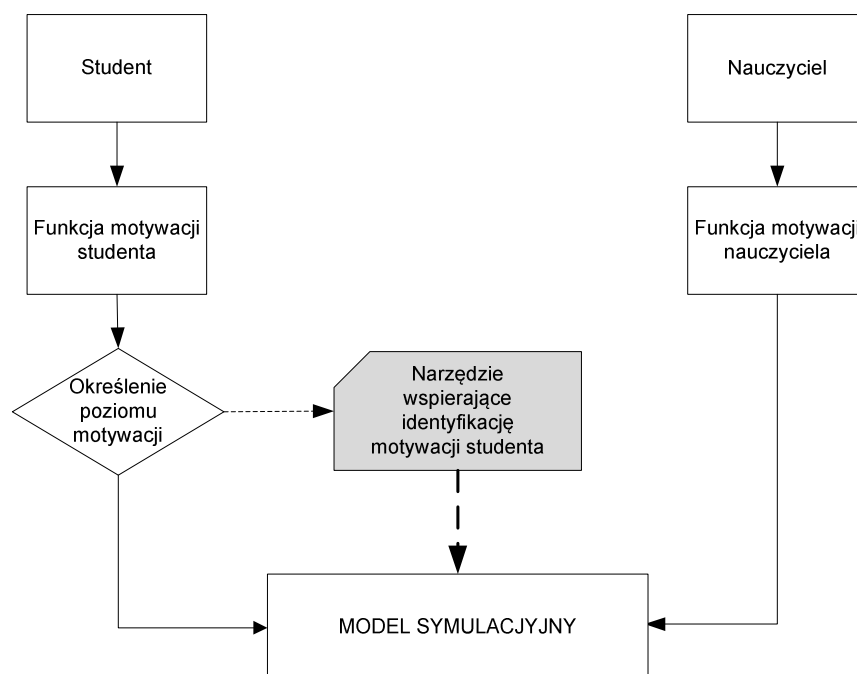
$\bar{X}(r_i^k)$ - zasoby czasowe wydzielone na wykonanie zadania r_i^k rozumiane jako czas konsultacji (harmonogram konsultacji) wyznaczony dla danego zadania, materiału,
 T_N - łączny zasób czasowy nauczyciela.

Identyfikacja motywacji nauczyciela i studentów przy uwzględnieniu potrzeby rozbudowy repozytorium opisana w postaci modelu analitycznego staje się podstawą do przeprowadzenia eksperymentu badawczego (symulacyjnego), którego celem jest znalezienie balansu pomiędzy funkcjami motywacji.

Rozwiązanie zadania na bazie symulacji pozwala założyć jako dane wejściowe pewien obraz współpracy nauczyciela i studentów oraz sprawdzić, czy jest to prawidłowa interpretacja. Ten eksperyment daje wynik ilościowy, który może tworzyć zestaw wskaźników charakteryzujących przebieg procesu dydaktycznego. Symulacja zostaje wykorzystana jako metoda sprawdzenia intuicyjnej oceny potencjału grupy, które nauczyciel wykorzystuje, by liczbowo ocenić swoją strategię współdziałania ze studentami i zmieniać ją w razie potrzeby [21].

Na podstawie modelu symulacyjnego analizować można wpływ motywacji studentów na realizację założonego przez nauczyciela planu nabywania kompetencji. Na potrzeby szacowania wartości parametrów w eksperymencie badawczym poszukiwać należy dróg bardziej precyzyjnej identyfikacji motywacji studentów, zwłaszcza na etapie rozpoczęcia pracy z nową grupą (rysunek 31). W tym celu w przykładzie niniejszej rozprawy podjęto próbę wykorzystania lingwistycznej bazy wiedzy [111], na podstawie której charakteryzowane są preferencje grupy i jej zaangażowanie w proces dydaktyczny.

Informacja uzyskana na podstawie zaproponowanej metody wskazuje m.in., czy grupa jest zainteresowana maksymalną oceną i rozwijaniem wraz z nauczycielem zasobów repozytorium, jak duża jest liczba osób ze słabą motywacją, itp. Wyniki uzyskane tą metodą mogą być podstawą do regulowania pracy nauczyciela z grupą studentów, co zostało uwzględnione w przykładzie niniejszej rozprawy.



Rysunek 31. Miejsce narzędzia wspierającego proces identyfikacji motywacji studentów
 źródło: opracowanie własne

4.2 Model symulacyjny współdziałania nauczyciela i uczniów podczas nabywania kompetencji

Założenie i realizacja eksperymentu. Teoria prowadzenia eksperymentu wskazuje, że eksperyment jest podstawowym źródłem informacji o obiekcie badań i stanowi podstawę do dalszych działań związanych z funkcjonowaniem tego obiektu. Eksperyment stanowi taki typ badania, w którym manipuluje się pewnymi zmiennymi i obserwuje ich wpływ na inne zmienne. Modyfikując zjawisko stanowiące przedmiot modelowania dąży się do poznania zależności przyczynowo-skutkowych lub też bada się warunki przebiegu danego procesu lub zjawiska. Przedmiotem badania dokonywanego na bazie eksperymentu może być pewien obiekt (np. urządzenie, proces, zależność, itd.) [58], [70].

Zgodnie z [119], najlepszą drogą do rozwiązywania problemów badań jest właściwie zaprojektowana procedura eksperymentu. Planowanie to może charakteryzować się różnym przebiegiem, zależnym od przedmiotu badań, celów poznawczych, charakteru danych informacji, wreszcie od procedur i technik badawczych, jakie są dostępne w badaniach. Znane są jednak ogólne zasady postępowania w procesie planowania eksperymentu, których przestrzeganie wprowadza porządek w procesie planowania i realizacji eksperymentu oraz chroni przed zaniedbaniami, niekorzystnymi dla rezultatów badań. W dobrze zaplanowanym eksperymencie można wyróżnić sześć kroków procedury badawczej, co prezentuje tabela 7. Realizacja poszczególnych kroków eksperymentu powoduje, że wynik z tych badań charakteryzuje się wysokim stopniem uniwersalności. W

związku z powyższym, kroki te oraz charakter działań w ich obszarze zostały uwzględnione w niniejszej rozprawie.

Tabela 7. Kroki procedury prowadzenia eksperymentu badawczego

źródło: [119]

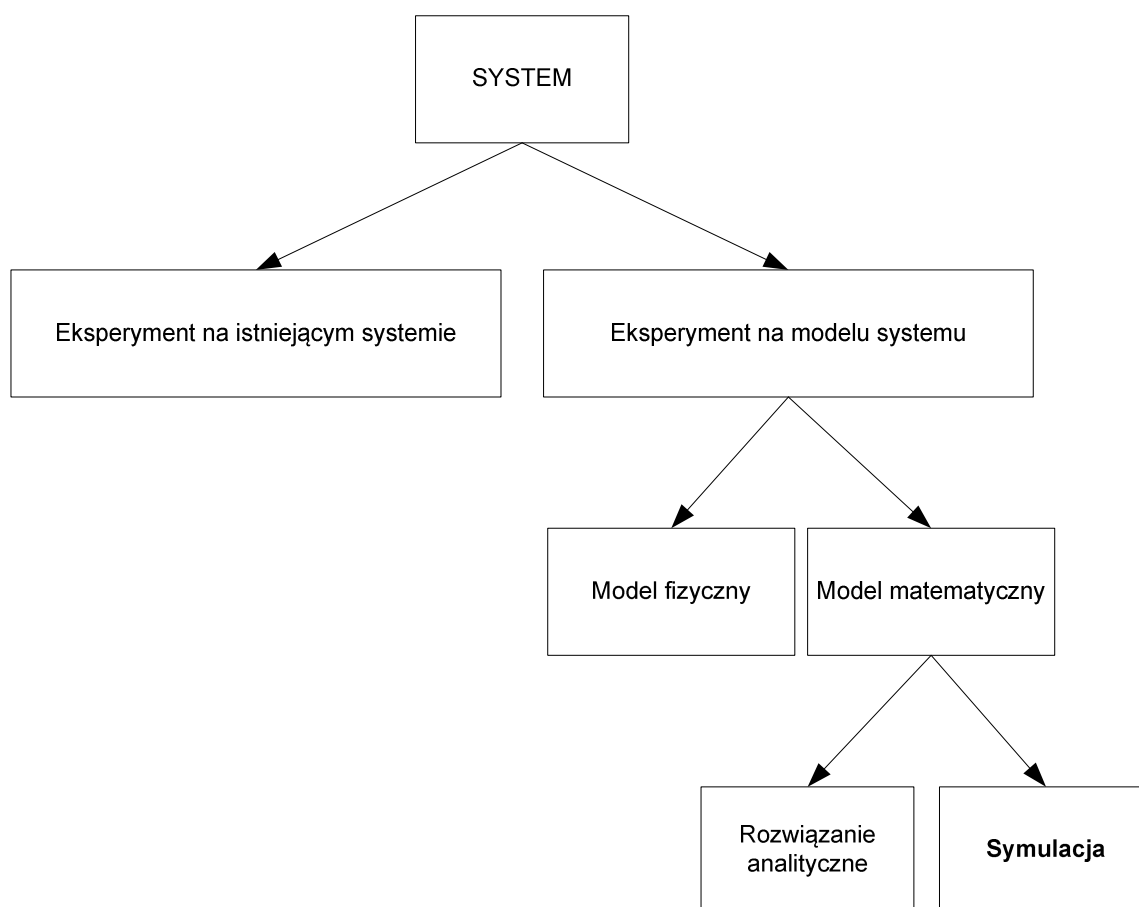
Etapy	Ogólny charakter działania	Działania w realizowanym eksperymencie
Charakterystyka obiektu badań	Określenie wielkości charakteryzujących obiekt : ustalenie stan wiedzy w zakresie tematu, określenie zagadnienia wymagającego rozwiązania w drodze eksperymentu, określenia danych wejściowych, wyjściowych	Proces obsługi studenta interpretowany jak system kolejkowy
Cel badań	Określenie szczegółowego celu badań, weryfikacja wpływu wybranych wielkości wejściowych na wielkości wyjściowe	Analiza warunków współpracy uczestników procesu nauczania-uczenia się
Metoda badań	Określenie sposobu realizacji eksperymentu, wybór właściwego planu doświadczenia	Symulacja; przygotowanie modelu symulacyjnego dla określonej sytuacji edukacyjnej
Realizacja eksperymentu	Wykonanie eksperymentu zgodnie z założonymi celami	Eksperymenty przy wykorzystaniu modelu symulacyjnego
Analiza wyników	Przygotowanie w zależności od realizowanego celu badawczego wizualizacji otrzymanych wyników wraz z ich analizą merytoryczną	Ocena wartości parametrów modelu symulacyjnego (np. kolejka, czas obsługi, itp.)
Wnioski z badań	Sformułowanie wniosków poznawczych, wniosków użytecznych i rozwojowych, określających dalsze kierunki badań	Przyjęcie lub modyfikacja procesu współdziałania nauczyciela ze studentami

Wybranie symulacji jako metody badań jest metodą powszechnie wykorzystywaną i zastosowaną z uwagi na fakt, iż zadaniem kosztownym, czasochłonnym, a czasami wręcz niewykonalnym jest prowadzenie eksperymentów na rzeczywistym systemie (rysunek 32).

Symulacja jako proces projektowania i tworzenia modelu prawdziwego lub proponowanego systemu dla celów prowadzenia eksperymentów liczbowych, pozwala na lepsze zrozumienie zachowania się systemu w określonych warunkach oraz zmniejszenie szans złego doboru wartości parametrów, wyeliminowania nieprzewidzianych wąskich gardeł, a także zapobiegania nieodpowiedniego wykorzystania zasobów i optymalizacji wydajności systemu. Wykonując eksperymenty na modelu istnieje możliwość studiowania charakterystyki i zachowania się badanego systemu w czasie. Stąd też symulacja jest postrzegana jako „metoda wyboru”, która jest konsekwencją analizy różnych zachowań modelowanego systemu [60].

W szerszym znaczeniu, symulacja jest narzędziem służącym do oceny efektywności systemu, istniejącego lub proponowanego, w różnych konfiguracjach i przy różnym czasie działania [14]. Jak wskazuje [74], model symulacyjny można zbudować w

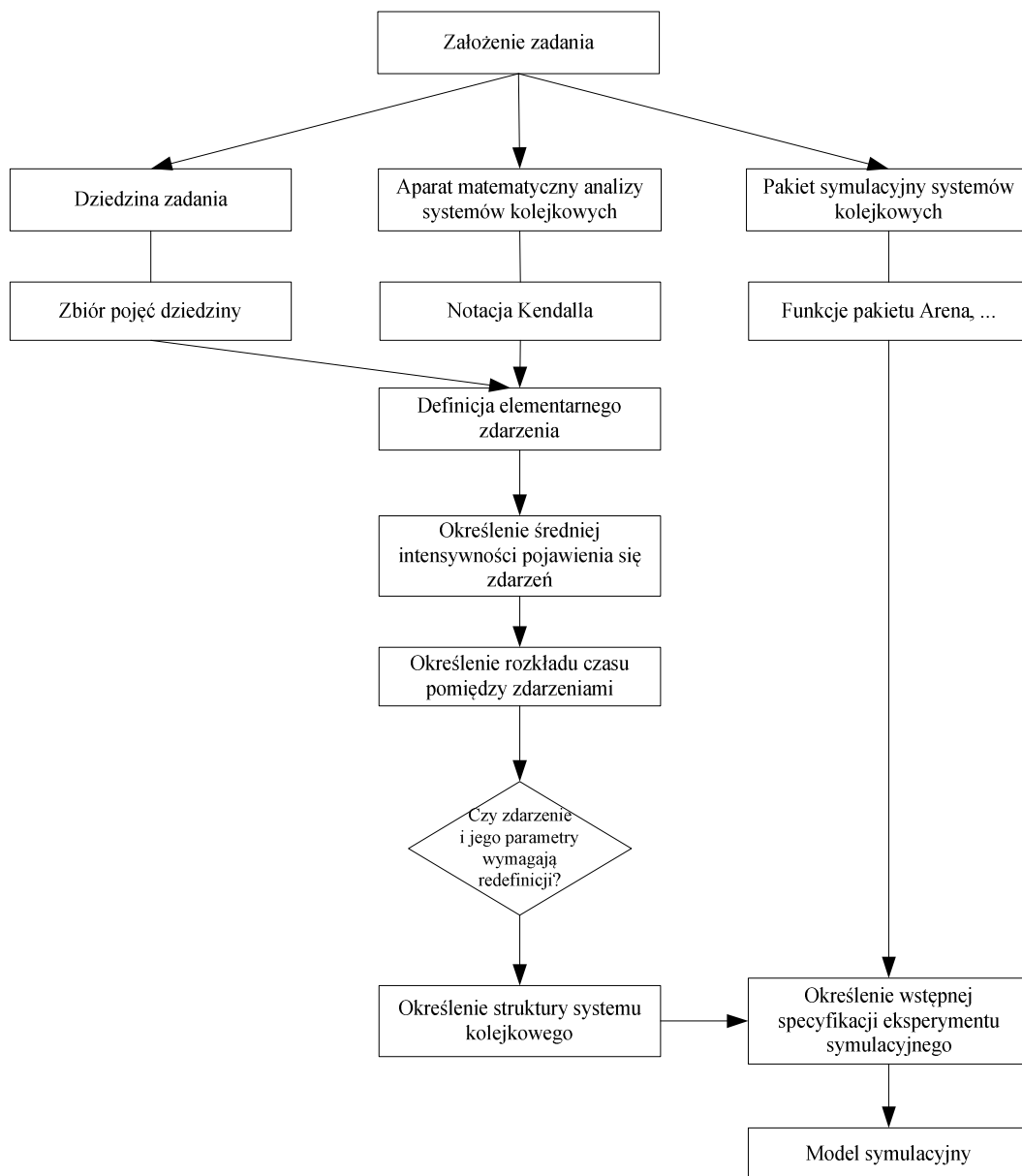
celu wykonania eksperymentów z zakresu systemów kolejkowych. Kolejne kroki opracowania takiego modelu przedstawia algorytm zaprezentowany na rysunku 33.



Rysunek 32. Metody analizy systemów
źródło: [16]

Głównym bodźcem do rozpoczęcia eksperymentu symulacyjnego jest określenie jego celu. Cel stanowi podstawę do założenia zadania, określenia warunków funkcjonowania i ograniczeń badanego obiektu, systemu. Założenie zadania pozwala odpowiedzieć na pytanie, co ma być wynikiem badań. Żeby zadanie było dobrze sformułowane, a natura procesu właściwie opisana, należy pracować w ramach określonej dziedziny. Tylko określając granice dziedziny i analizując specyfikę jej działania, można poznać szczegóły natury obiektów i procesów w badanej dziedzinie. Jeżeli został sformułowany problem w dziedzinie, to na potrzeby prowadzonej analizy dobrać należy odpowiedni aparat matematyczny. Jeżeli pozwalają na to warunki badanego zjawiska, można wykorzystać np. aparat matematyczny systemów kolejkowych i konkretny rodzaj notacji – np. Kendalla. Inną możliwością jest przygotowanie własnego aparatu matematycznego.

Mając opisany problem w danej dziedzinie oraz przygotowany model matematyczny, można przejść na poziom wykorzystania tych elementów w eksperymencie symulacyjnym. Eksperyment taki wymaga określenia narzędzi – pakietu symulacyjnego, który umożliwi jego realizację. Model matematyczny, w którym korzysta się z teorii systemów kolejkowych i notacji Kendala, można zamodelować w środowisku Areny, odpowiednio ustawiając jej parametry [69].



Rysunek 33. Algorytm opracowania założeń eksperymentu symulacyjnego
 źródło: [74]

Przeniesienie modelu matematycznego zdefiniowanego problemu, w środowisko pakietu symulacyjnego wymaga jednak szeregu czynności. Kluczowym jest określenie jednostki w modelu, czyli elementarnego zdarzenia pojawiające się na wejściu systemu. Definiując elementarne zdarzenie poznamy źródło ruchu w sieci. Dodatkowo należy określić wszystkie parametry strumienia tych zdarzeń, w tym średnią intensywność pojawienia się zdarzeń, czyli ilość zdarzeń na jednostkę czasu oraz jaki ma ono charakter (stochastyczny czy deterministyczny).

Interpretacja procesu obsługi studentów jako systemu kolejkowego wynika z faktu, iż poszczególne działania (akcje) studenta w procesie (np. wykorzystanie repozytorium, konsultacje z nauczycielem, sprawdzanie projektów studentów) można rozpatrywać jak zdarzenia zachodzące na określonym horyzoncie czasowym, a sam nauczyciel, kierując się własnym doświadczeniem może przewidywać proces przybycia tych zdarzeń, czy też ich czas obsługi. Jednocześnie wzrastająca mobilność studentów podczas studiów jako konsekwencja nauczania otwartego, dynamiczne pojawianie się nowych technologii, a

także czynniki demograficzne powodują, że rośnie stochastyczność proces dydaktycznego, a przy tym trudność planowania i oceny takiego procesu metodami analitycznymi.

W tej sytuacji wykorzystanie modelowania symulacyjnego ma dać możliwość wyłonienia parametrów oceny procesu i eliminacji intuicyjnego zarządzania procesem nabywania kompetencji.

Struktura modelu symulacyjnego przedstawia się następująco:

1. parametry wejściowe na potrzeby prowadzenia eksperymentu badawczego:

1. określony program przedmiotu/dziedziny (D) w postaci grafu hierarchicznego G_D :

$$G_D = (W_D, S_D), \tag{4.2—1}$$

gdzie

D - przedmiot/dziedzina,

$W_D = \{w_j\}$ - zbiór wierzchołków grafu (konceptów),

$S_D = \{s_j\}$ - zbiór krawędzi grafu (relacji pomiędzy konceptami), krawędzie grafu – relacje kognitywnej podwładności pomiędzy obiektami.

$s \in S_D$;

2. istnieją 3 typy wierzchołków w grafie G_D :

wiedza teoretyczna $w_j^t \in W_D^T$,

wiedza proceduralna $w_j^p \in W_D^P$,

wiedza projektowa $w_j^{pr} \in W_D^{PR}$.

$$w_j^t \succ w_j^p, w_j^p \succ w_j^{pr}, \tag{4.2—2}$$

gdzie

symbol \succ kolejność następowania po sobie wierzchołków w grafie.

Górnymi poziomami grafu są wierzchołki typu w_j^t .

Środkowe poziomy grafu stanowią wierzchołki typu w_j^p .

Dolnymi poziomami grafu są wierzchołki typu w_j^{pr} ;

3. parametry wierzchołków grafu G_D (obiektów nauczania):

a) $H(w_j)$ - ilość punktów, które otrzyma student za opracowanie obiektu/wierzchołka w_j .

b) zasoby potrzebne dla opracowania obiektu w_j ;

c) $t(N, w_j)$ - czas konsultacji nauczyciela przy wykonaniu przez studenta obiektu w_j ,

d) $t(U_1, w_j)$ - czas wykonania obiektu w_j przez studenta,

4. parametry przepływu studentów:

a) $t(U_1), t(U_2), \dots, t(U_l)$ - momenty przybycia studentów zgodnie z zadaną λ - intensywnością przybycia i χ - rozkładem procesu.

2. parametry wyjściowe eksperymentu symulacyjnego:

1) funkcja celowa nauczyciela – napełnianie repozytorium:

$$\Phi(N) = \sum_j \sum_l \gamma(U_l, w_j) A(w_j) - \text{liczba zadań „wchodzących” w repozytorium, gdzie} \quad (4.2-3)$$

gdzie

$$\gamma(U_l, w_j) = \begin{cases} 1, \text{ binarna wartość wyboru obiektu/wierzchołka } w_j \text{ przez studenta } U_l \\ 0, \text{ w przeciwnym przypadku} \end{cases} \quad (4.2-4)$$

$$A(w_j) = \begin{cases} 1, \text{ binarna wartość funkcji aktualności obiektu dla nauczyciela} \\ 0, \text{ w przeciwnym przypadku} \end{cases} \quad (4.2-5)$$

2) funkcja celowa studenta/grupy studentów:

$$\Phi(U_l) = \sum_k \sum_i H(r_k^i) \gamma(U_l, r_k^i) - \text{ilość punktów, otrzymanych przez studenta } U_l, \quad (4.2-6)$$

gdzie

$H(w_j)$ - ilość punktów za wykonanie obiektu w_j ,

$\Phi(U) = \sum_l \Phi(U_l)$ - łączna ilość punktów uzyskanych przez wszystkich studentów w ramach wszystkich porcji kompetencji,

3) sumaryczny czas konsultacji studentów przez nauczyciela przy opracowaniu wybranych obiektów:

$$\sum_j t(N, w_j) \leq T_N - \text{sumaryczny czas konsultacji nauczyciela,} \quad (4.2-7)$$

gdzie

$t(N, w_j)$ - czas konsultacji nauczyciela przy wykonaniu przez studenta obiektu w_j ,

T_N - łączny zasób czasowy nauczyciela,

4) ilość punktów otrzymanych przez jednego studenta przy opracowaniu zadania:

$$\sum_j H(w_j) \gamma(U_l, w_j) \geq H_U^{Min}, \quad (4.2-8)$$

gdzie

H_U^{Min} - minimalny próg zaliczenia - minimalny normatyw,

5) sumaryczny czas opracowania przez studenta wszystkich wybranych obiektów:

$$\sum_j t(U_l, w_j) \gamma(U_l, w_j) \leq T_l^U, \quad (4.2-9)$$

gdzie

$t(U_l, w_j)$ - czas wykonania obiektu w_j przez studenta,

T_l^U - łączny zasób czasowy ucznia,

Kolejne kroki prowadzenia eksperymentu, zmierzającego do wypełnienia repozytorium nowym materiałem dydaktycznym są następujące:

1. *przygotowanie grafu hierarchicznego dla dziedziny / przedmiotu G_D :*

$$G_D = (W_D, S_D), \quad (4.2-10)$$

gdzie

$$W_D = W_D^T \cup W_D^P \cup W_D^{PR} - \text{zbiór wierzchołków grafu (konceptów) dziedziny D}, \quad (4.2-11)$$

S_D - zbiór wierzchołków grafu (konceptów).

Pomiędzy węzłami wiedzy teoretycznej, proceduralnej i projektowej istnieją relacje uporządkowania kognitywnego:

$$w_j^t \succ w_j^p, w_j^p \succ w_j^{pr}, \quad (4.2-12)$$

2. *wyodrębnienie podgrafu kompetencji 'k' w ramach dziedziny $G_D^k \subset G_D$:*

$$G_D^k = (W_k^D, S_k^D), \quad (4.2-13)$$

gdzie

$$W_k^D = W_k^T \cup W_k^P \cup W_k^{PR} \text{ jest zbiorem węzłów grafu } G_k^D, \quad (4.2-14)$$

S_k^D - zbiór relacji pomiędzy węzłami grafu G_k^D ,

$$W_k^T \subset W^T, W_k^{PR} \subset W^{PR}, W_k^{PT} \subset W^{PT}. \quad (4.2-15)$$

Niech k_1 i k_2 są dwiema różnymi kompetencjami w dziedzinie D. Wtedy

$$G_{k_1}^D \cap G_{k_2}^D \neq \emptyset, \quad (4.2-16)$$

tj. istnieją wspólne węzły podgrafów $G_{k_1}^D$, $G_{k_2}^D$

$$\bigcup_k G_k^D = G_D, \quad (4.2-17)$$

3. *określenie parametrów węzłów:*

$q(w_j)$ - kognitywny potencjał węzła w_j .

Jeśli

$$w_{j1} \succ w_{j2}, \quad (4.2-18)$$

wtedy

$$q(w_{j1}) \geq q(w_{j2}). \quad (4.2-19)$$

$H(w_j)$ - nagroda (ilość punktów), która nauczyciel płaci studentowi za opracowanie węzła w_j ,

$A(w_j)$ - aktualność obiektu/węzła w_j w repozytorium R (przyrost repozytorium),

$$A(w_j) = \begin{cases} 1, \text{ binarna wartosc funkcji aktualnosci obiektu dla nauczyciela} \\ 0, \text{ w przeciwnym przypadku} \end{cases} \quad (4.2-20)$$

$\bar{X}(w_j)$ - czas nauczyciela przy opanowaniu przez studenta węzła w_j (np. czas konsultacji),

4. zdefiniowanie funkcji wyboru zadania przez studenta:

$U = \{u_l\}$ -zbiór studentów,

$\gamma(u_l, w_j)$ -funkcja wyboru zadania (węzła) w_j przez studenta u_l ,

$$\gamma(u_l, w_j) = \begin{cases} 1, \text{ jesli } st.u_l \text{ wybral zadanie } w_j \\ 0, \text{ wpr. pr.} \end{cases} \quad (4.2-21)$$

$C_l(w_j)$ - przewidywany przez studenta u_l czas wykonania zadania w_j ,

$C_l^\Sigma = \sum_{w_j \in W} \gamma(u_l, w_j) C_l w_j \leq T^S$ - czas wykonania wszystkich zadań (węzłów grafu G_D),
wybranych przez studenta u_l ,

$$(4.2-22)$$

$C_l^\Sigma \leq C^\Sigma$ - zasób czasowy studenta na wykonanie wszystkich zadań,

$$(4.2-23)$$

$H_l^\Sigma = \sum_{w_j \in W} \gamma(u_l, w_j) H(w_j)$ - sumaryczna nagroda, którą student u_l otrzyma za wykonanie wszystkich wybranych zadań,

$$(4.2-24)$$

$$H_l^\Sigma \geq H_l^{Min},$$

$$(4.2-25)$$

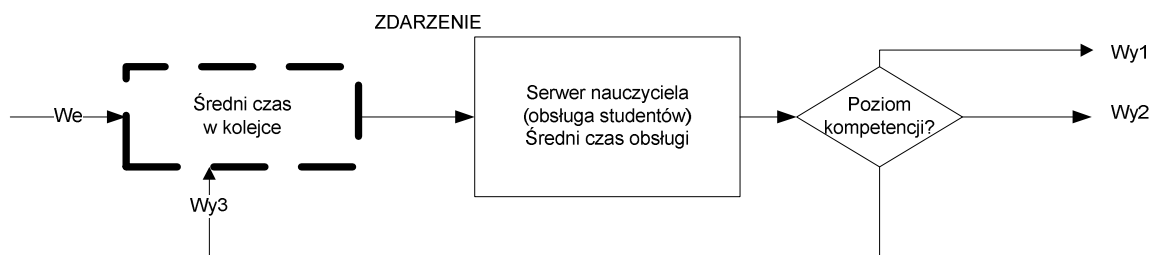
gdzie

H_l^{Min} - minimalna nagroda (liczba punktów) jaką student u_l otrzyma za wykonanie wszystkich zadań.

Wychodząc z teorii dotyczącej eksperymentów symulacyjnych oraz posiłkując się algorytmem przedstawionym na rysunku 33 i zaprezentowaną powyżej formalizacją, można opracować model symulacyjny, którego głównym zadaniem będzie analiza realizacji procesu dydaktycznego zorientowanego na nabywanie kompetencji. Prowadzona symulacja, poprzez wskazanie stopnia obciążenia zasobów, da możliwość wirtualnego badania i na tej podstawie przekształcania procesu nauczania-uczenia się realizowanego w rzeczywistości. Na podstawie wykonanych eksperymentów symulacyjnych i uzyskanych wyników dążyć można do wprowadzania zmian w modelu współpracy pomiędzy nauczycielem i uczniem, zmieniając tym samym plan rozwoju kompetencji.

Ogólny schemat modelu symulacji został przedstawiony na rysunku 34. Elementem procesu jest zdarzenie, które może być interpretowane jako wpłynięcie pracy studenta do oceny, czy też czas przydzielonych studentowi konsultacji na potrzeby nabywania kompetencji. Charakter przybycia zdarzeń można opisać następująco:

- niezależne przybycie od siebie studentów (prac studentów),
- zdarzenia przychodzą pojedynczo,
- każde zdarzenie musi być obsłużone,
- przybycie zdarzenia nie zależy od przybycia innych zdarzeń.



Rysunek 34. Ogólna postać modelu symulacji
źródło: opracowanie własne

Symulacja jest narzędziem, z którego bezpośrednio korzysta nauczyciel. Nauczyciel, dzięki wynikom uzyskanych z eksperymentów prowadzonych na modelu symulacyjnym, może zmienić strategię pracy ze studentami i dokonać modyfikacji swojej funkcji motywacji np. zmienić stopień trudności zadań stanowiących podstawę nabycia kompetencji – dać więcej zadań łatwych, co spowoduje zmniejszenie obciążenia nauczyciela, ale jednocześnie zmniejszy poziom nabywanych kompetencji. Model symulacji pozwala ocenić różne warianty pracy nauczyciela, który musi brać pod uwagę ograniczenia charakterystyczne dla sytuacji edukacyjnej (czas, rodzaj grupy studentów, itp.).

Dla celów zbierania statystyk i prowadzenia eksperymentów symulacyjnych proces współpracy nauczyciela i studenta można interpretować jak system kolejkowy, w którym:

- przy określonej zawartości i porcjach materiałów dydaktycznych można założyć, że praca nauczyciela polega na sprawdzeniu zadania;
- przy określonym kursie, czasie i grupie praca na stanowisku nauczyciela może być potraktowana jak serwer z określonym wejściem, wyjściem, średnim czasem oceniania;
- średni czas oceniania wynika z doświadczenia nauczyciela (specyfika każdego kursu i przedmiotu, trudności zadań, typ grupy studentów, czas realizacji zajęć), a jego określenie jest wspierane dodatkowo mechanizmem wydobywania motywacji na podstawie lingwistycznej bazy wiedzy;

- strumień przepływu studentów jest stochastyczny (w wybranym odcinku czasu nie ma pewności ilu studentów przyjdzie, nie wiadomo ilu zaliczy zadanie, nie wiadomo czy nie dojdzie nowy student, itp.);
- studenci obsługiwani są na 1 serwerze. Przewiduje się możliwość kolejki, charakteryzującej się określonym czasem i sposobem obsługi.

Interpretacja procesu współdziałania w terminach systemów kolejkowych pozwala na etapie prowadzenia symulacji wykorzystać dostępne w notacji Kendalla sposoby charakterystyki badanego zjawiska (np. M/M/1, M/G/1).

Implementacja modelu symulacyjnego umożliwiająca prowadzenie różnych badań na modelu może być dokonana przy wykorzystaniu oprogramowania Arena. Środowisko to w elastyczny sposób pozwala badać wybrane parametry sytuacji edukacyjnej np. kolejka na stanowisku nauczyciela lub prognozowany czas obsługi wszystkich studentów, obciążenie nauczyciela przy wybranym rozkładzie prawdopodobieństwa przybycia studentów, etc.

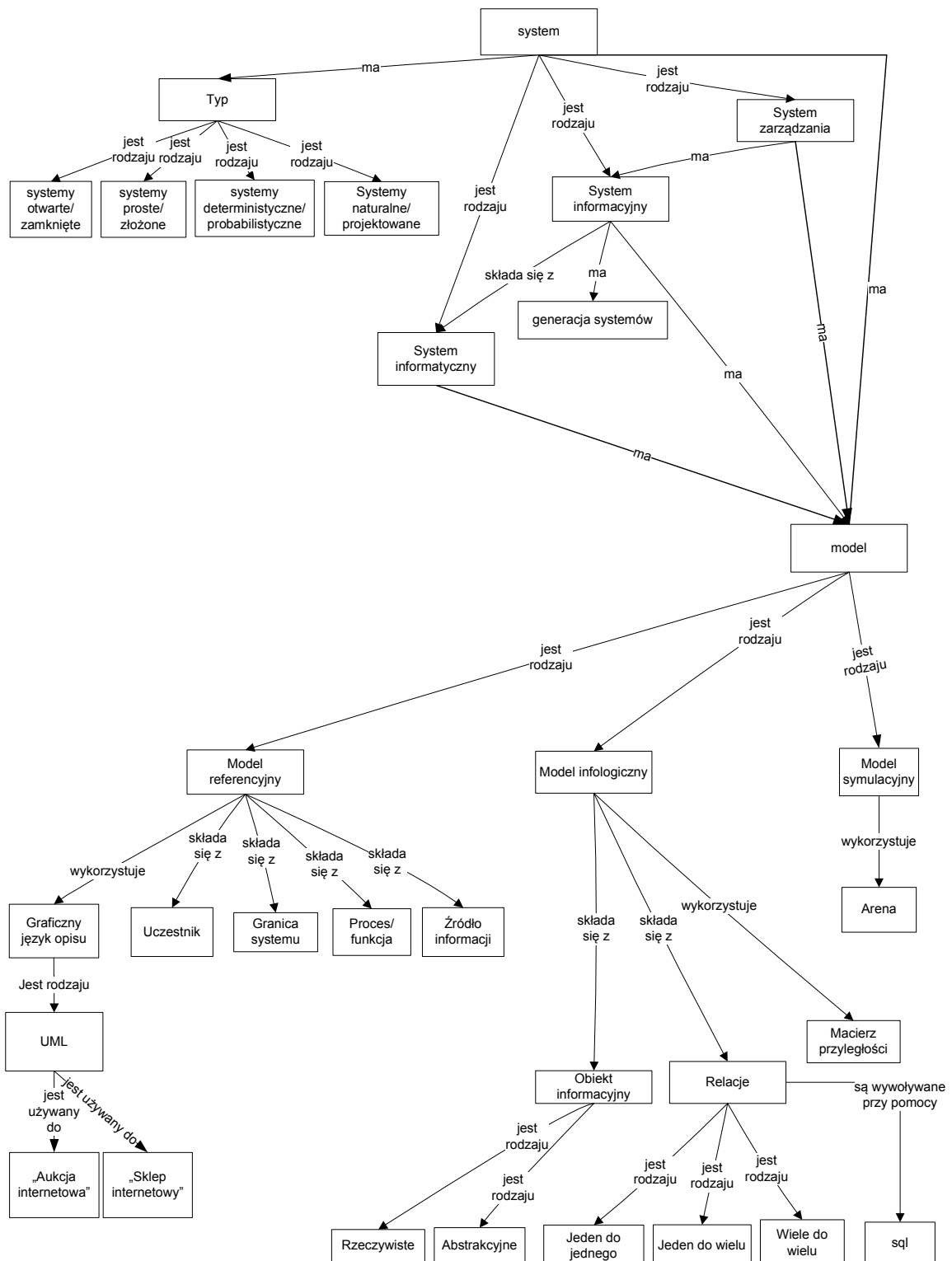
Weryfikacja eksperymentu. Przystępując do analizy praktycznego wykorzystania zaprezentowanych w punkcie 4.1 i 4.2 rozwiązań można posłużyć się przykładem, który zobrazuje zależności pomiędzy poszczególnymi etapami realizacji procesu dydaktycznego. Przykład ten pozwoli wskazać jaka informacja przepływa przez kolejne etapy procesu dydaktycznego i jaki ma wpływ na końcowy wynik procesu kształcenia. Tym samym stanie się on podstawą do integracji metodyki ontologii, motywacji uczestników i eksperymentu symulacyjnego do postaci modelu referencyjnego systemu informacyjnego monitorowania procesu nabywania kompetencji w procesie dydaktycznym uczelni.

Przeprowadzenie studium przypadku należy rozpocząć od etapu definiowania kompetencji. Zadania, jakie należy wykonać na tym poziomie są następujące:

- identyfikacja sytuacji edukacyjnej- nazwa przedmiotu, liczba godzin, charakterystyka gwarantowanych kompetencji,
- opracowanie ontologii na potrzeby sytuacji edukacyjnej- semantyka wraz z wizualizacją przy pomocy wybranego narzędzia inżynierii ontologii,
- wyodrębnienie porcji kompetencji w ramach grafu przedmiotu,
- zasilenie repozytorium materiałem dydaktycznym,
- przygotowanie planu rozwoju repozytorium.

Wykonanie tych kroków pozwoli wkroczyć w drugą fazę realizacji procesu dydaktycznego, której głównym zadaniem jest identyfikacja preferencji uczniów i zestawienie ich z oczekiwaniami nauczyciela.

Dla potrzeb realizacji przykładu zostaje wytypowany przedmiot systemy informacyjne, prowadzony dla studentów II roku zarządzania i inżynierii produkcji. W ramach kursu z tego przedmiotu przewiduje się 30 godzin wykładów i 15 godzin laboratorium. Kurs ma pozwolić studentom nabyć wiedzę w zakresie identyfikacji systemów informacyjnych w dowolnym środowisku. Wiedza ta ma stać się bazą wyjściową dla projektowania systemów, ich organizowania i usprawniania, a także automatyzowania. Studenci powinni poznać zagadnienia związane z systemami informacyjnymi, w tym zasady klasyfikacji i historię ich rozwoju. Istotne jest uwzględnienie roli modelowania na potrzeby systemów informacyjnych oraz nabycie umiejętności w zakresie przygotowania modeli będących podstawą do charakteryzowania przepływów informacyjnych w organizacji.



Rysunek 35. Fragment ontologii przedmioty systemy informacyjne
 źródło: opracowanie własne na podstawie [7], [101]

W celu zwizualizowania zakresu kompetencji opracowano fragment ontologii dla przedmioty systemy informacyjne (rysunek 35). Ułożenie pojęć i relacji pozwala uchwycić hierarchię pojęć i wskazać zależności nadrzędności i podrzędności między nimi. Przygotowana ontologia pozwala studentom na ustrukturyzowanie wiedzy oraz umożliwia

rozpoznanie stanu posiadanych i nabywanych kompetencji np. poprzez liczbę odwiedzonych węzłów. Fakt, że relacje łączą poszczególne pojęcia w jeden spójny graf, przyczynia się do tego, iż uczniowie mogą sami kształtować swój proces poznawczy oraz rozpoznać jaka wiedza teoretyczna i praktyczna jest niezbędna, by mówić o kompetencji. Ponadto sposób połączenia ze sobą kolejnych węzłów nakreśla drogę nabywania kolejnych porcji wiedzy składających się na kompetencje.

Korzystając z rozwiązań inżynierii ontologii można wykorzystać narzędzie Protege do przedstawienia wybranego fragmentu ontologii w języku OWL. Zapis fragmentu ontologii dla przedmiotu systemy informacyjne ma postać zgodną z kodem1.

Kod 1. Fragment ontologii przedmiotu systemy informacyjne opisanej w języku OWL
źródło: opracowanie własne

```
<Declaration>
  <Class IRI="#UML"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#aukcja_internetowa"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#graficzny_język_opisu"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#granica_systemu"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#model"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#model_referencyjny"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#proces/funkcja"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#sklep_internetowy"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#system"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#system_informacyjny"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#uczestnik"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class IRI="#źródło_informacji"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#jest_rodzaju"/>
```

```

</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#jest_uzywany_do"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#ma"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#sklada_sie_z"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty IRI="#wykorzystuje"/>
</Declaration>
<EquivalentClasses>
  <Class IRI="#UML"/>
  <ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#jest_uzywany_do"/>
    <Class IRI="#aukcja_internetowa"/>
  </ObjectSomeValuesFrom>
</EquivalentClasses>
<EquivalentClasses>
  <Class IRI="#UML"/>
  <ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#jest_uzywany_do"/>
    <Class IRI="#sklep_internetowy"/>
  </ObjectSomeValuesFrom>
</EquivalentClasses>
<EquivalentClasses>
  <Class IRI="#graficzny_jezyk_opisu"/>
  <ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#jest_rodzaju"/>
    <Class IRI="#UML"/>
  </ObjectSomeValuesFrom>
</EquivalentClasses>
<EquivalentClasses>
  <Class IRI="#model"/>
  <ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#jest_rodzaju"/>
    <Class IRI="#model_referencyjny"/>
  </ObjectSomeValuesFrom>
</EquivalentClasses>
<EquivalentClasses>
  <Class IRI="#model_referencyjny"/>
  <ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#sklada_sie_z"/>
    <Class IRI="#granica_systemu"/>
  </ObjectSomeValuesFrom>
</EquivalentClasses>
<EquivalentClasses>
  <Class IRI="#model_referencyjny"/>

```

```

    <ObjectSomeValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#składa_się_z"/>
      <Class IRI="#proces/funkcja"/>
    </ObjectSomeValuesFrom>
  </EquivalentClasses>
  <EquivalentClasses>
    <Class IRI="#model_referencyjny"/>
    <ObjectSomeValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#składa_się_z"/>
      <Class IRI="#uczestnik"/>
    </ObjectSomeValuesFrom>
  </EquivalentClasses>
  <EquivalentClasses>
    <Class IRI="#model_referencyjny"/>
    <ObjectSomeValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#składa_się_z"/>
      <Class IRI="#źródło_informacji"/>
    </ObjectSomeValuesFrom>
  </EquivalentClasses>
  <EquivalentClasses>
    <Class IRI="#model_referencyjny"/>
    <ObjectSomeValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#wykorzystuje"/>
      <Class IRI="#graficzny_język_opisu"/>
    </ObjectSomeValuesFrom>
  </EquivalentClasses>
  <EquivalentClasses>
    <Class IRI="#system"/>
    <ObjectSomeValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#jest_rodzaju"/>
      <Class IRI="#system_informacyjny"/>
    </ObjectSomeValuesFrom>
  </EquivalentClasses>
  <EquivalentClasses>
    <Class IRI="#system_informacyjny"/>
    <ObjectSomeValuesFrom>
      <ObjectProperty IRI="#ma"/>
      <Class IRI="#model"/>
    </ObjectSomeValuesFrom>
  </EquivalentClasses>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#UML"/>
    <Class IRI="#graficzny_język_opisu"/>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#aukcja_internetowa"/>
    <Class IRI="#UML"/>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#graficzny_język_opisu"/>

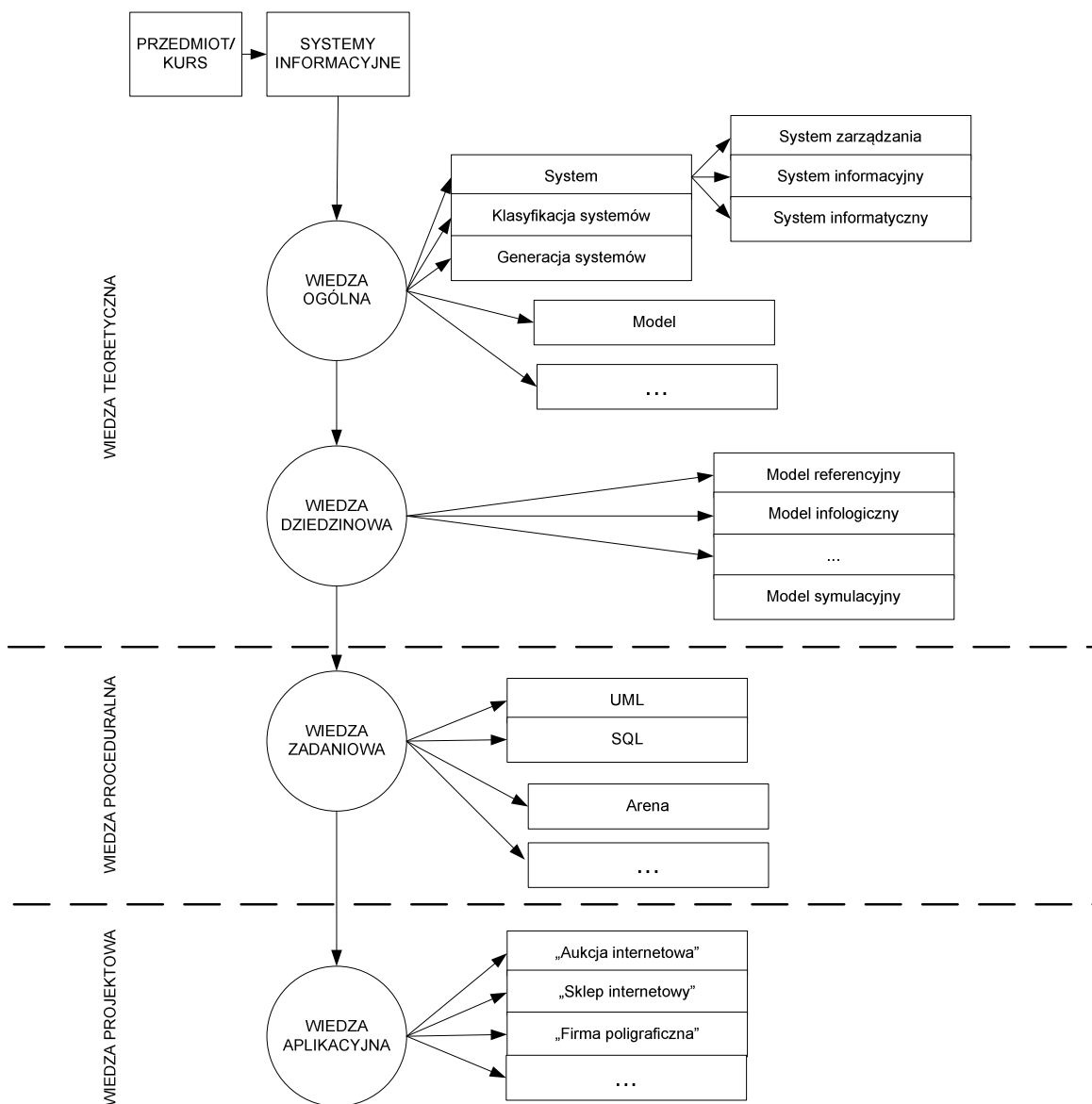
```

```

    <Class IRI="#model_referencyjny"/>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#granica_systemu"/>
    <Class IRI="#model_referencyjny"/>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#model"/>
    <Class IRI="#system_informacyjny"/>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#model_referencyjny"/>
    <Class IRI="#model"/>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#proces/funkcja"/>
    <Class IRI="#model_referencyjny"/>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#sklep_internetowy"/>
    <Class IRI="#UML"/>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#system_informacyjny"/>
    <Class IRI="#system"/>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#uczestnik"/>
    <Class IRI="#model_referencyjny"/>
  </SubClassOf>
  <SubClassOf>
    <Class IRI="#źródło_informacji"/>
    <Class IRI="#model_referencyjny"/>
  </SubClassOf>
</Ontology>

```

W zapisie w języku OWL, za pomocą klas i podklas wskazano zależność pojęć pomiędzy sobą. Wyodrębnienie kolejnych podklas pozwala w prosty sposób wyrysować ścieżkę nabywania kompetencji. Idąc w głąb opracowanej ontologii, od pojęć ogólnych aż do tych charakterystycznych dla konkretnych zadań, można odpowiednio porządkować wierzchołki z wiedzę teoretyczną, proceduralną oraz projektową (rysunek 36). Interpretując zaś pojęcie ekwiwalentu można wskazać typ przypisanych zależności (relacji) pomiędzy poszczególnymi pojęciami.



Rysunek 36. Przykład uporządkowania wierzchołków grafu ontologii pod kątem kompetencji
źródło: opracowanie własne

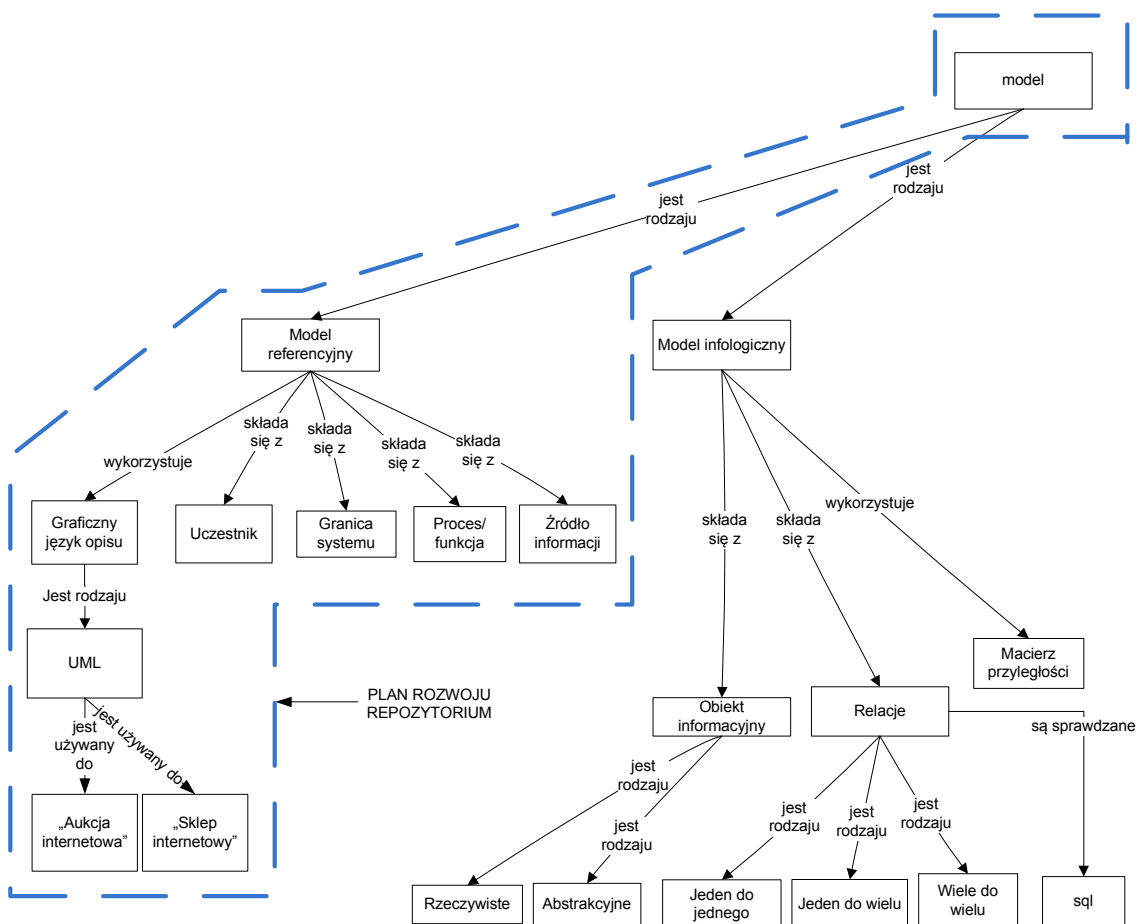
Opracowana wizualizacja w postaci grafu jest przydatna z punktu widzenia nauczyciela. Jednym z celów nauczyciela jest przygotowanie repozytorium zawierającego materiał dydaktyczny zgodny z definicją kompetencji oraz rozwijanie zasobów repozytorium. Struktura repozytorium odpowiadająca ontologii powoduje, że sposób ułożenia materiałów dydaktycznych w repozytorium dokonywany przez pryzmat pokrycia węzłów.

Jeżeli ontologia odzwierciedla zasoby repozytorium, to poprzez analizę materiałów dydaktycznych w poszczególnym węźle, można oszacować jakość tego węzła i wskazać kierunki rozwoju repozytorium.

Realizacja planu rozwoju repozytorium, mierzona dodaniem nowych materiałów dydaktycznych do pojęcia, jest podstawą do sprawdzania, czy nastąpił przyrost kompetencji w repozytorium. Działanie to stanowi nowy wymiar monitorowania przebiegu nabywania kompetencji. Oprócz tego, iż stopień nabycia kompetencji jest mierzony jako cecha przypisana uczniom (np. poprzez odwiedzone węzły w sieci lub ocenę za zadania

wykonane w ramach węzłów), poziom nabytych kompetencji jest wyrażony stopniem rozwoju repozytorium.

Posługując się przygotowaną ontologią dla przedmiotu systemy informacyjne i odnosząc ją do przygotowanych materiałów nauczyciel powinien wytypować obszary (porcje kompetencji), w których będą rozwijane zasoby repozytorium. W opracowywanym przykładzie wskazano porcję kompetencji związaną z modelowaniem referencyjnym, jako podstawę do rozwoju repozytorium (rysunek 37). Do repozytorium ma trafić od 5 do 10 nowych przykładów modeli referencyjnych z różnych dziedzin.



Rysunek 37. Ontologiczne obszary rozwoju repozytorium
źródło: opracowanie własne

Przygotowana ontologia wraz z planem rozwoju, który określa nauczyciel, pozwala przejść do etapu, w którym zestawiane są ze sobą motywacje nauczyciela i studentów, jako główne czynniki wpływające na rozwój zasobów repozytorium. Zadania, które w pierwszej kolejności należy wykonać na potrzeby modelu motywacji to:

- sformułowanie motywacji nauczyciela,
- sformułowanie motywacji studentów,
- przekazanie danych do analizy symulacyjnej.

Plan rozwoju repozytorium został określony, a motywacja nauczyciela jest nastawiona na maksymalne zaangażowanie studentów w rozwiązywanie różnych typów zadań z tej tematyki, tak by do repozytorium trafiło kilka dobrze opracowanych przykładów (minimum 5, a maksimum 10). Studenci mają dostęp do repozytorium z

materiałem bazowym. Przygotowano dla nich również treść zadań. Sytuacja edukacyjna przewiduje, że nauczyciel będzie pracował z grupą 55 osób.

Motywacja nauczyciela została zdefiniowana jako jego oczekiwanie w stosunku do rozwoju repozytorium, jednakże musi być ona zestawiona z motywacją studentów.

Przed nauczycielem pojawia się trudne zadanie oszacowania motywacji studentów. Nie zna on grupy studentów, ich potencjału intelektualnego i zainteresowania przedmiotem, a także oczekiwań studentów w zakresie uzyskania wysokiego stopnia z przedmiotu. Z uwagi na fakt, iż nauczyciel ma ambitne założenia rozwoju zasobów repozytorium, można szukać dróg wstępnego oszacowania potencjału grupy i ich chęci zdobywania maksymalnych kompetencji.

Rozpoznanie to może być czynione drogą dedukcji – nauczyciel korzystając z własnych, dotychczasowych doświadczeń z realizacji procesu dydaktycznego przewiduje „siłę” grupy i chęć rozwoju w jego przedmiocie. Pragnąc stan motywacji określić bardziej precyzyjnie nauczyciel może skorzystać także z analizy wyników uzyskanych przez studentów w innych przedmiotach. Droga ta jednak „tworzy obraz grupy” bez uwzględnienia indywidualnego zainteresowania przedmiotem nauczania-uczenia się, nie uwzględnia stosunku uczniów do wymagań nauczyciela, czy np. wpływu dostępu do materiałów dydaktycznych.

Stąd też proponuje się wykorzystanie lingwistycznej bazy wiedzy, jako mechanizmu, na podstawie którego można będzie określać motywację studentów. Rozwiązanie to, zaproponowane przez prof. A. Piegata [111], pozwala na wydobywanie wiedzy przy pomocy zmiennych lingwistycznych. Istotną cechą tego podejścia jest agregowanie zmiennych w modelu do postaci podmodeli. W ten sposób badane zagadnienie rozpatruje się z pominięciem trudności związanych z wielowymiarowością modelu.

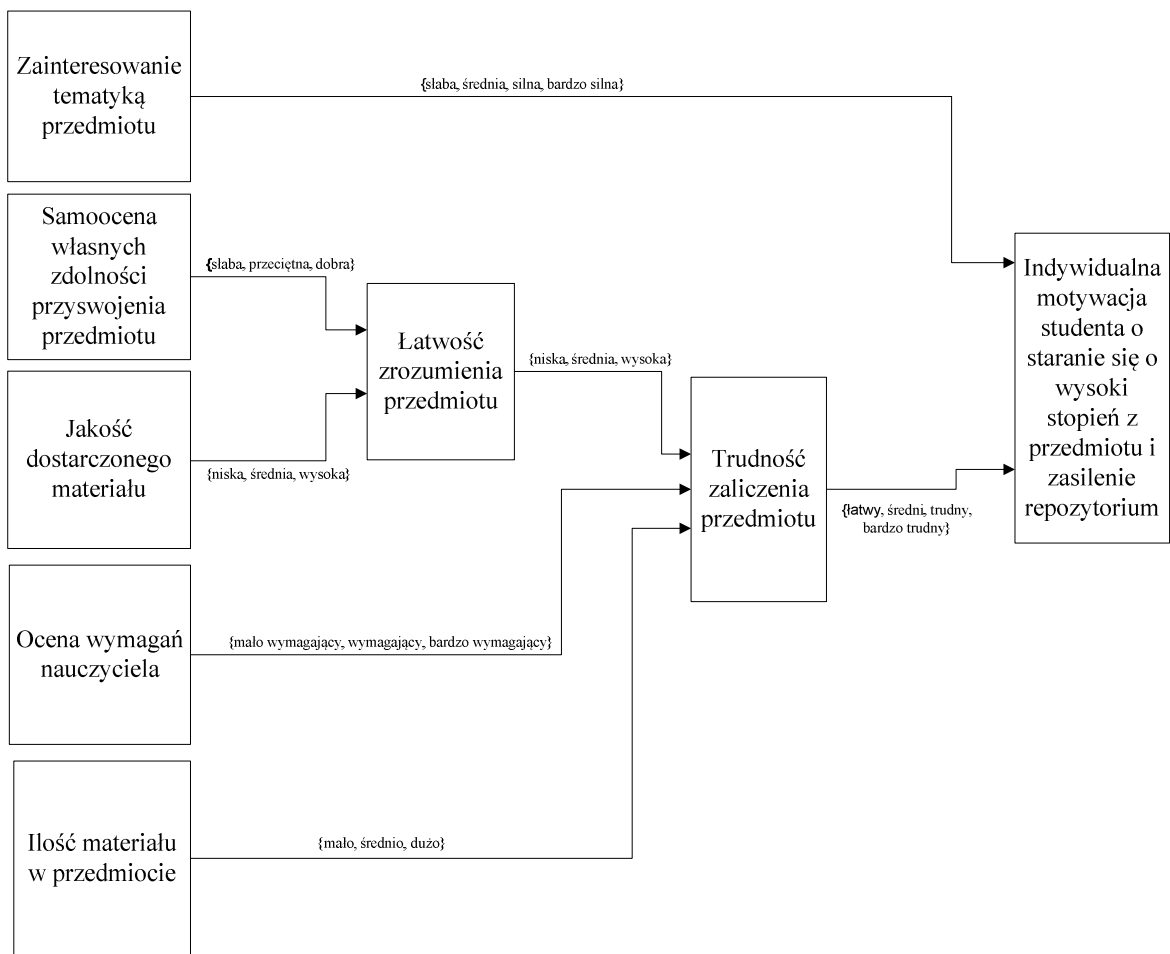
Przyjmując dla zmiennych określoną skalę i wyrażając ją w postaci języka naturalnego, po dokonaniu stosownych agregacji otrzymujemy wynik, który dla rozpatrywanego problemu pozwala nauczycielowi dokonać klasyfikacji swoich uczniów. Działanie to da mu pogląd na temat możliwości realizacji planu uzupełnienia repozytorium. Jeżeli grupa okaże się mieć słabą motywację, jego plan działania może wymagać zastosowania innej strategii. Dobór zmiennych do określenia motywacji studentów w przypadku poniżej przedstawionego przykładu został oparty na propozycji twórcy rozprawy, przy uwzględnieniu zapisanej matematycznie funkcji motywacji studenta (4.1-7).

Zadanie stojące przed systemem opartym na lingwistycznej bazie wiedzy dotyczy oszacowania indywidualnej motywacji studenta, która podstawą do starania się o wysoki stopień z przedmiotu i zasilenie repozytorium materiałem dydaktycznym.

Wyodrębniono pięć przykładowych wskaźników (zmiennych, cech), przez które student będzie wyrażał swoją motywację:

1. samoocena własnych zdolności przyswojenia przedmiotu,
2. ocena wymagań nauczyciela,
3. jakość dostarczonego materiału dydaktycznego,
4. zainteresowanie tematyką przedmiotu,
5. ilość materiału w przedmiocie (wynikająca m.in. z liczby godzin przypadających na przedmiot, liczby dokumentów do przestudiowania).

Cechy te zostały zagregowane do postaci podmodeli, by w efekcie finalnym doprowadzić do określenia, jaka jest motywacja poszczególnego studenta (rysunek 38).



Rysunek 38. Struktura lingwistycznej bazy wiedzy na potrzeby identyfikowania motywacji studenta
źródło: opracowanie własne

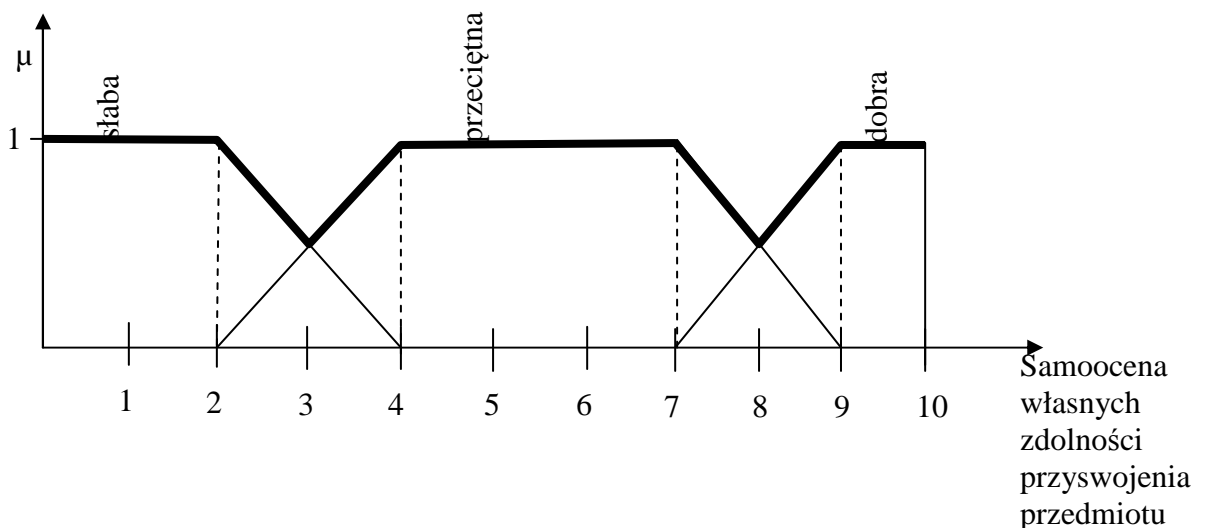
Dla każdej z cech przyjęto określoną skalę oraz zdefiniowano wartości lingwistyczne w postaci języka naturalnego. Kolejne rysunki przedstawiają funkcję tych kwantyfikatorów.

Charakterystyka poszczególnych cech wygląda następująco:

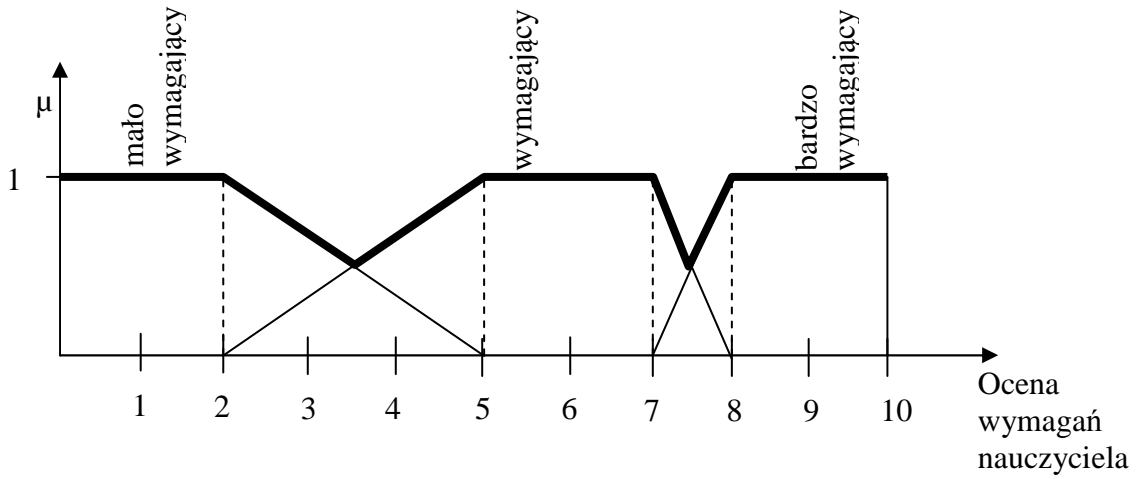
- *samoocena własnych zdolności przyswojenia przedmiotu* – rysunek 39 - samoocena własnych zdolności przyswojenia przedmiotu to indywidualna pojmowalność zagadnień poruszanych w przedmiocie, ich rozumienie i zdolność rozwiązywania poruszanych problemów. Indywidualna pojmowalność jest „wewnętrzna” cechą osoby i wynika z jej zdolności (są osoby rozumiejące skomplikowane rozwiązania matematyczne i takie, które nie mogą sobie poradzić z podstawowymi zagadnieniami i obliczeniami matematycznymi; są osoby o predyspozycjach lingwistycznych i takie, które mają z tym duży problem; itd.) oraz posiadanej wiedzy bazowej. Przyjęta skala dla cechy: [0-10]. 0 oznacza brak zdolności przyswojenia poruszanych zagadnień natomiast 10 najlepszą zdolność przyswojenia przedmiotu. Przyjęte definicje wartości lingwistycznych: słaba, przeciętna, dobra.
- *ocena wymagań nauczyciela* – rysunek 40 - ocena wymagań nauczyciela oznacza ocenę stopnia wymagań nauczyciela. Przyjęta skala dla cechy: [0-10]. 0 oznacza najniższą wartość cechy i niewymagającego nauczyciela, 10 najwyższą wartość dla stawianych przez nauczyciela wymagań. Przyjęte

definicje wartości lingwistycznych: mało wymagający, wymagający, bardzo wymagający.

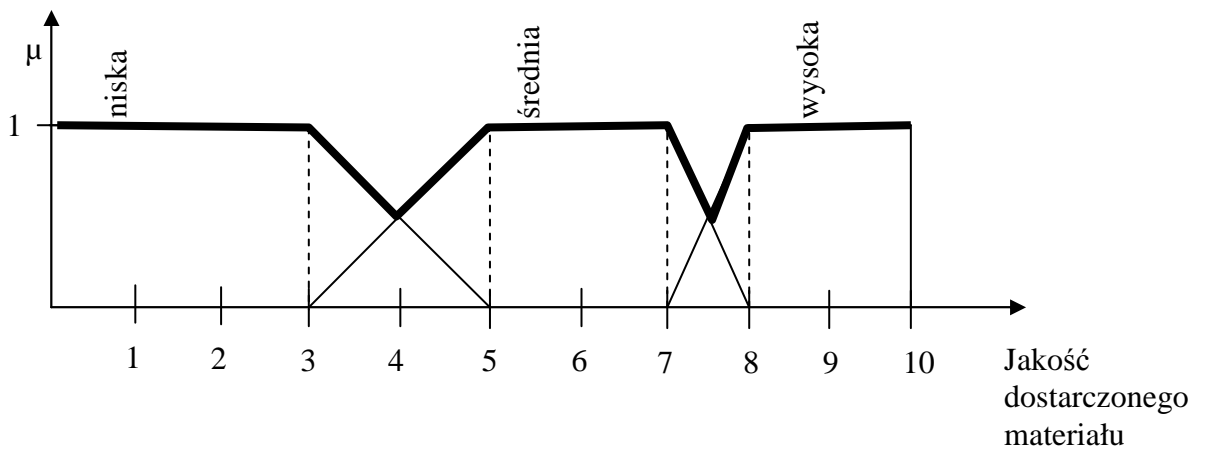
- *jakość dostarczonego materiału dydaktycznego* – rysunek 41 - jakość dostarczonego materiału dydaktycznego dotyczy oceny przygotowanych materiałów dydaktycznych dla potrzeb realizacji procesu dydaktycznego. Zatem materiał bez przykładów i wyjaśnień skomplikowanych zagadnień jest nisko oceniony, natomiast zawierający dużo przykładów i sposobów rozwiązywania problemów, wyjaśniający istotę zagadnień, kluczowe kwestie i skomplikowane zależności oceniony jest najwyżej. Przyjęta skala dla cechy: [0-10]. 0 oznacza najniższą wartość cechy, 10 najwyższą jakość materiału dydaktycznego. Przyjęte definicje wartości lingwistycznych: niska, średnia, wysoka.
- *zainteresowanie tematyką przedmiotu* – rysunek 42 – określa indywidualne preferencje studenta w zakresie tematyki prowadzonych zajęć, na podstawie których uczeń szacuje, czy omawiane zagadnienia są dla niego zajmujące i współbieżne z przyjętą ścieżką rozwoju. Przyjęta skala dla cechy: [0-15]. 0 oznacza najniższą wartość cechy, 15 zaś jej maksymalną wartość. Przyjęte definicje wartości lingwistycznych: słaba, średnia, silna, bardzo silna.
- *ilość materiału w przedmiocie* - rysunek 43 - ilość materiału w przedmiocie oznacza ilość wiedzy teoretycznej i praktycznej do przyswojenia. Wpływ na tę cechę może mieć np. przygotowana ontologia, liczba godzin przydzielonych na przedmiot i formy zajęć przewidzianych w przedmiocie. Przyjęta skala dla cechy: [0-10]. Minimalna wartość oznacza, że przedmiot ma małą ilość materiału, natomiast maksymalna dużą ilość materiału do opanowania. Przyjęte definicje wartości lingwistycznych: mało, średnio, dużo.



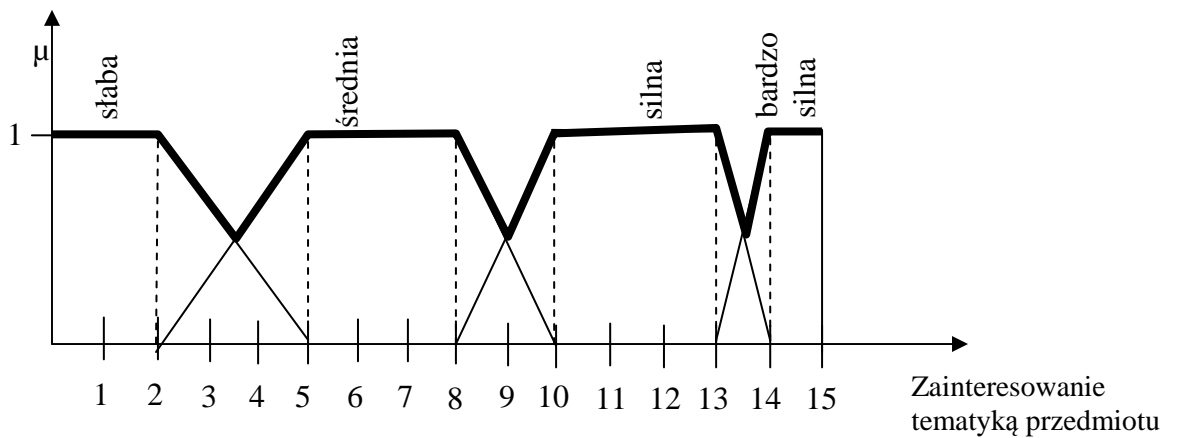
Rysunek 39. Funkcja cechy „samoocena własnych zdolności przyswojenia przedmiotu”
źródło: opracowanie własne



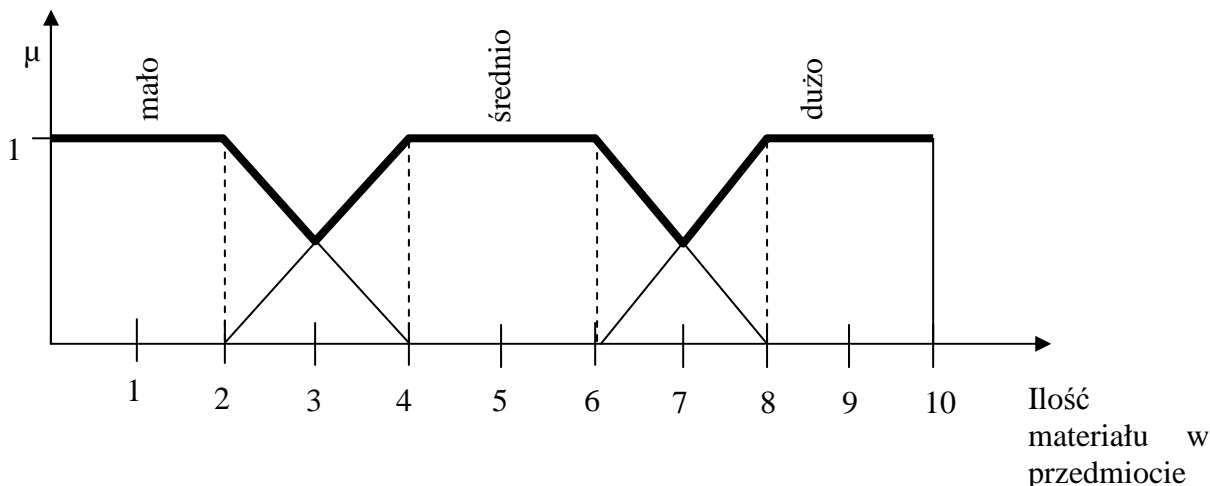
Rysunek 40. Funkcja cechy „ocena wymagań nauczyciela”
źródło: opracowanie własne



Rysunek 41. Funkcja cechy „jakość dostarczonego materiału”
źródło: (opracowanie własne)



Rysunek 42. Funkcja cechy „Zainteresowanie tematyką przedmiotu”
źródło: opracowanie własne

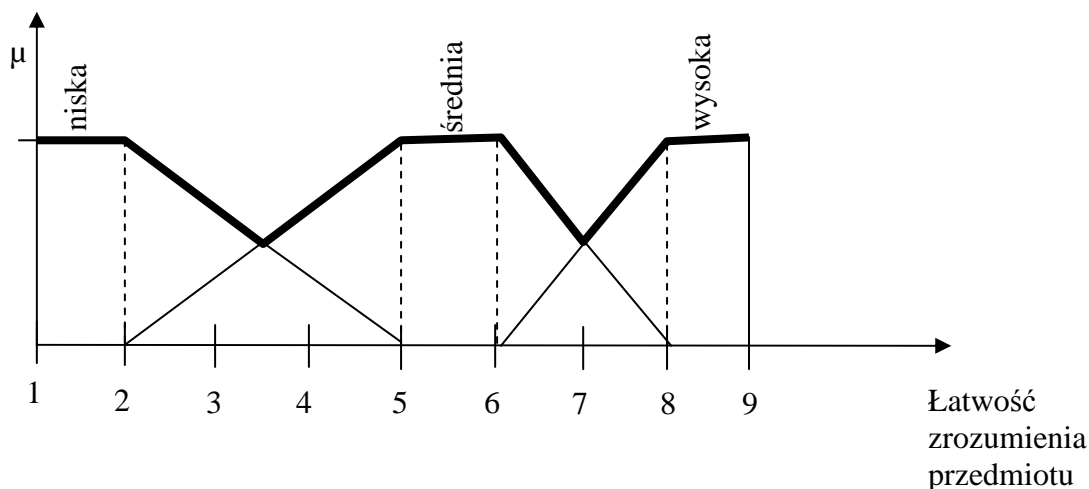


Rysunek 43. Funkcja cechy „ilość materiału w przedmiocie”
źródło: opracowanie własne

Dla prowadzonego przykładu należy przyjąć ranking istotności cech, który zależy od preferencji uczestników. Przykładowy porządek może zatem wyglądać następująco:

1. zainteresowanie tematyką przedmiotu,
2. jakość dostarczonego materiału,
3. samoocena własnych zdolności przyswojenia przedmiotu,
4. ocena wymagań nauczyciela,
5. ilość materiału w przedmiocie.

Ustalenie rankingu ma wpływ na tworzenie parametrów zagregowanych, którymi w tym przypadku są łatwość zrozumienia przedmiotu i dalej trudność zaliczenia oraz w efekcie końcowym indywidualna motywacja. Przystępując do agregowania zmiennych, tworzone są częściowe bazy wiedzy. Pierwsza częściowa baza wiedzy (łatwość zrozumienia przedmiotu), łączy w sobie dwie cechy: samoocenę własnych zdolności przyswojenia przedmiotu o kwantyfikatorych lingwistycznych słaba, przeciętna, dobra i jakość dostarczonego materiału o kwantyfikatorych lingwistycznych niska, średnia, wysoka. Wielkością wynikową będzie łączna ocena zwana łatwością zrozumienia przedmiotu wyrażona za pomocą 3 kwantyfikatorych lingwistycznych: niska, średnia, wysoka (rysunek 44).



Rysunek 44. Funkcja przebiegu dla zmiennej „łatwość rozumienia przedmiotu”
źródło: opracowanie własne

Zgodnie z metodą Piegata [111], przeprowadzona agregacja wymaga opracowania tabeli rankingowej kombinacji obu cech (tabela 8) przy uwzględnieniu wpływu ich istotności.

Tabela 8. Tabela rankingowa kombinacji cech samoocena własnych zdolności przyswojenia przedmiotu i jakość dostarczonego materiału (pozycja 1-najniższa, pozycja 9-najwyższa)
źródło: (opracowanie własne)

Samoocena własnych zdolności przyswojenia przedmiotu			
Jakość dostarczonego materiału	Słaba	Przeciętna	Dobra
Niska	1	2	4
Średnia	3	6	7
Wysoka	5	8	9

Ranking ten po uporządkowaniu staje się podstawą do przypisania kwantyfikatorów lingwistycznych, którymi wyrażana jest cecha łatwość zrozumienia przedmiotu (tabela 9). W związku z tym, iż dostępne są tylko trzy wartości lingwistyczne, a niektóre pozycje z rankingu nie można jednoznacznie zdefiniować, gdyż znajdują się w granicach wpływu dwóch wartości lingwistycznych, mają one odpowiednio przypisane wartości nisko-średnia, czy średnio-wysoka.

Druga częściowa baza wiedzy, zwana w przykładzie trudnością zaliczenia przedmiotu, agreguje w sobie trzy atrybuty: łatwość zaliczenia przedmiotu, ocena wymagań nauczyciela, ilość materiału do opanowania. Wartość tej łącznej oceny jest wyrażona za pomocą 4 kwantyfikatorów lingwistycznych: łatwy, średni, trudny, bardzo trudny. Tak jak w przypadku pierwszej agregacji, tak i tutaj tworzona jest tabela rankingowa kombinacji cech (tabela 10), w której po uporządkowaniu tego rankingu przypisano wartościom liczbowym odpowiednie kwantyfikatory lingwistyczne (tabela 11). Tym samym zidentyfikowano obszary, w których trudność zaliczenia przedmiotu jest jednoznacznie określona, a także obszary pośrednie, pomiędzy dwoma kwantifikatorami.

Tabela 9. Przypisanie lingwistycznych ocen dla zagregowanej cechy łatwość zrozumienia przedmiotu
źródło: (opracowanie własne)

Samoocena własnych zdolności przyswojenia przedmiotu	Jakość dostarczonego materiału	Pozycja rankingowa	Łatwość zrozumienia przedmiotu
Słaba	Niska	1	Niska
Przeciętna	Niska	2	Niska
Słaba	Średnia	3	Nisko-Średnia
Dobra	Niska	4	Nisko-Średnia
Słaba	Wysoka	5	Średnia
Przeciętna	Średnia	6	Średnia
Dobra	Średnia	7	Średnio-wysoka
Przeciętna	Wysoka	8	Wysoka
Dobra	Wysoka	9	Wysoka

Tabela 10. Tabela rankingowa kombinacji cech łatwość zrozumienia przedmiotu, ocena wymagań nauczyciela, ilość materiału do opanowania (pozycja 1- najmniejszą trudność zaliczenia; 27-największą trudność zaliczenia) źródło: (opracowanie własne)

Łatwość zrozumienia przedmiotu	Ocena wymagań nauczyciela	Ilość materiału do opanowania	Trudność zaliczenia przedmiotu
Niska	Mało wymagający	Mało	16
Niska	Mało wymagający	Średnio	17
Niska	Mało wymagający	Dużo	21
Średnia	Mało wymagający	Mało	5
Średnia	Mało wymagający	Średnio	8
Średnia	Mało wymagający	Dużo	9
Wysoka	Mało wymagający	Mało	1
Wysoka	Mało wymagający	Średnio	2
Wysoka	Mało wymagający	Dużo	3
Niska	Wymagający	Mało	17
Niska	Wymagający	Średnio	24
Niska	Wymagający	Dużo	25
Średnia	Wymagający	Mało	11
Średnia	Wymagający	Średnio	13
Średnia	Wymagający	Dużo	20
Wysoka	Wymagający	Mało	4
Wysoka	Wymagający	Średnio	6
Wysoka	Wymagający	Dużo	10
Niska	Bardzo wymagający	Mało	23
Niska	Bardzo wymagający	Średnio	26
Niska	Bardzo wymagający	Dużo	27
Średnia	Bardzo wymagający	Mało	15
Średnia	Bardzo wymagający	Średnio	20
Średnia	Bardzo wymagający	Dużo	22
Wysoka	Bardzo wymagający	Mało	7
Wysoka	Bardzo wymagający	Średnio	12
Wysoka	Bardzo wymagający	Dużo	14

Finalnym wynikiem opracowywanej bazy jest uzyskanie informacji o indywidualnej motywacji studenta o staranie się o wysoki stopień z przedmiotu i zasilenie repozytorium. Biorąc pod uwagę zaproponowaną strukturę lingwistycznej bazy wiedzy wymaga to zagregowania ze sobą dwóch atrybutów: trudność zaliczenia przedmiotu i zainteresowanie tematyką przedmiotu. Wartość łącznej oceny będzie wyrażona za pomocą 4 kwantyfikatorów lingwistycznych: słaba, średnia, silna, bardzo silna.

Tabela rankingowa kombinacji cech składających się na indywidualną motywację (tabela 12) po dokonaniu stosownego porządkowania została uzupełniona dobranymi na potrzeby tej oceny wartościami kwantyfikatorów (tabela 13). Zgodnie z tymi ocenami przebieg funkcji dotyczącej motywacji jest zgodny z rysunkiem 45.

Tabela 11. Przepisanie lingwistycznych ocen dla zagregowanej cechy trudność zaliczenia przedmiotu
źródło: (opracowanie własne)

Łatwość zaliczenia przedmiotu	Ocena wymagań nauczyciela	Ilość materiału do opanowania	Pozycja rankingowa	Trudność zaliczenia przedmiotu
Wysoka	Mało wymagający	Mało	1	Łatwy
Wysoka	Mało wymagający	Średnio	2	Łatwy
Wysoka	Mało wymagający	Dużo	3	Łatwy
Wysoka	Wymagający	Mało	4	Łatwy
Średnia	Mało wymagający	Mało	5	Łatwy
Wysoka	Wymagający	Średnio	6	Łatwo-średni
Wysoka	Bardzo wymagający	Mało	7	Łatwo-średni
Średnia	Mało wymagający	Średnio	8	Łatwo-średni
Średnia	Mało wymagający	Dużo	9	Średni
Wysoka	Wymagający	Dużo	10	Średni
Średnia	Wymagający	Mało	11	Średni
Wysoka	Bardzo wymagający	Średnio	12	Średni
Średnia	Wymagający	Średnio	13	Średni
Wysoka	Bardzo wymagający	Dużo	14	Średni
Średnia	Bardzo wymagający	Mało	15	Średnio-trudny
Niska	Mało wymagający	Mało	16	Średnio-trudny
Niska	Mało wymagający	Średnio	17	Średnio-trudny
Niska	Wymagający	Mało	18	Średnio-trudny
Średnia	Wymagający	Dużo	20	Trudny
Średnia	Bardzo wymagający	Średnio	20	Trudny
Średnia	Bardzo wymagający	Dużo	22	Trudny
Niska	Bardzo wymagający	Mało	23	Trudno – bardzo trudny
Niska	Wymagający	Średnio	24	Trudno - bardzo trudny
Niska	Wymagający	Dużo	25	Bardzo trudny
Niska	Bardzo wymagający	Średnio	26	Bardzo trudny
Niska	Bardzo wymagający	Dużo	27	Bardzo trudny

Tabela 12. Tabela rankingowa kombinacji cech trudność zaliczenia przedmiotu i zainteresowanie tematyką przedmiotu (pozycja 1-najmniejsza motywacja, pozycja 16-największa motywacja do starania się o wysoki stopień)

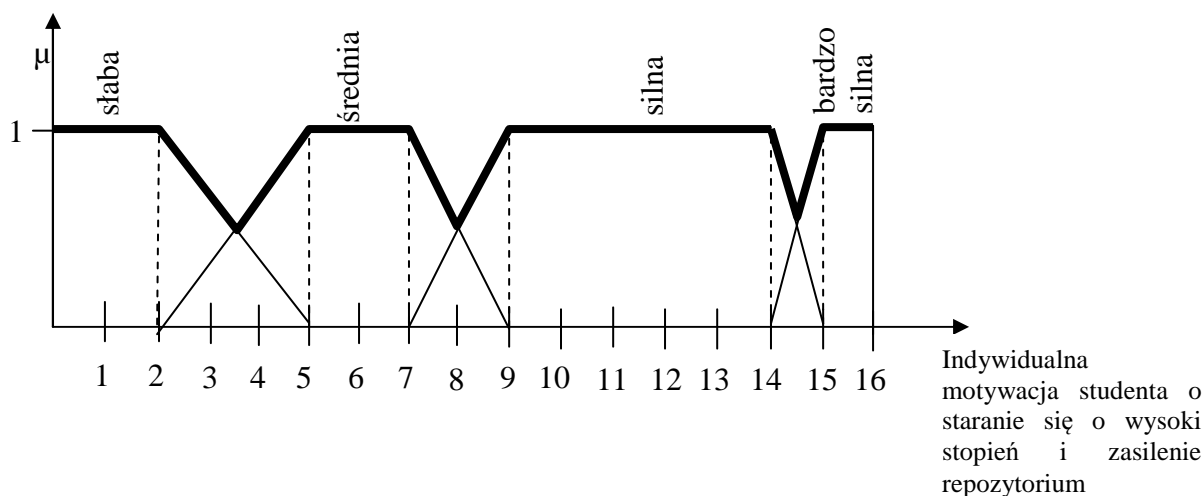
źródło: opracowanie własne

Trudność zaliczenia przedmiotu \ Zainteresowanie tematyką przedmiotu	Łatwy	Średni	Trudny	Bardzo trudny
Mała	5	4	2	1
Średnia	9	7	6	4
Duża	13	11	10	8
Bardzo duża	16	15	14	12

Tabela 13. Porządkowanie rankingu wraz z podaniem lingwistycznych zagregowanych ocen

źródło: opracowanie własne

Zainteresowanie tematyką przedmiotu	Trudność zaliczenia przedmiotu	Pozycja rankingowa	Indywidualna motywacja studenta o staranie się o wysoki stopień i zasilenie repozytorium
Małe	Bardzo trudny	1	Słaba
Małe	Trudny	2	Słaba
Małe	Średni	3	Słabo-średnia
Średnie	Bardzo trudny	4	Słabo-średnia
Małe	Łatwy	5	Średnia
Średnie	Trudny	6	Średnia
Średnie	Średni	7	Średnia
Duże	Bardzo trudny	8	Średnio-silna
Średnie	Łatwy	9	Silna
Duże	Trudny	10	Silna
Duże	Średni	11	Silna
Bardzo duże	Bardzo trudny	12	Silna
Duże	Łatwy	13	Silna
Bardzo duże	Trudny	14	Silna
Bardzo duże	Średni	15	Bardzo silna
Bardzo duże	Łatwy	16	Bardzo silna



Rysunek 45. Przebieg funkcji dla zmiennej „indywidualna motywacja studenta o staranie się o wysoki stopień i zasilenie repozytorium”

źródło: opracowanie własne

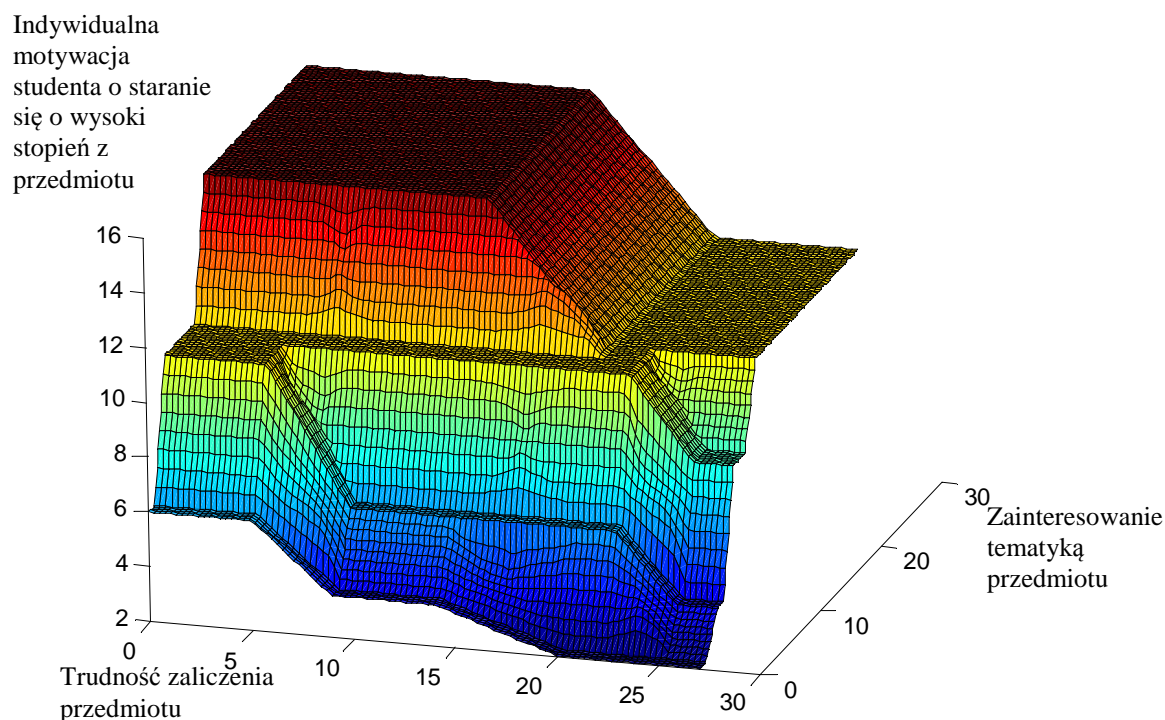
Wykorzystując przygotowaną lingwistyczną bazę wiedzy można zapytać każdego studenta o jego ocenę zaproponowanych cech. Uzyskując odpowiedzi studentów dotyczące wartości kolejnych cech można uzyskać informację dotyczącą potencjału grupy. Z uwagi na fakt, iż wartościom liczbowym odpowiadają kwantyfikatory lingwistyczne można w języku naturalnym określić, jaka jest motywacja studenta.

Przykładowy przebieg odkrywania motywacji studenta jest następujący. Student ocenia wartości poszczególnych cech:

- a) samoocena własnych zdolności przyswojenia przedmiotu = 5 (przeciętna)
- b) jakości materiału dydaktycznego = 7 (średnia)
- c) ocena wymagań nauczyciela = 6 (wymagający)
- d) ilość materiału do opanowania = 9 (dużo)
- e) zainteresowanie tematyką przedmiotu = 11 (duże)

Punkt a i b składa się na łatwość zrozumienia przedmiotu. Przyjmując, że samoocena własnych zdolności jest przeciętna, zaś jakość materiału została oceniona jako średnia, cecha zagregowana mieści się w granicach kwantyfikatora średnia. Dokonując dalszej agregacji otrzymujemy wartość cechy trudność zaliczenia przedmiotu. W związku z tym, że ocena wymagań nauczyciela ma wartość – wymagający, ilość materiału do opanowania określono jako dużą, a rozumienie przedmiotu jako średnie, nowo zagregowana cecha wskazuje, że jest to przedmiot trudny do zaliczenia (tabela 11).

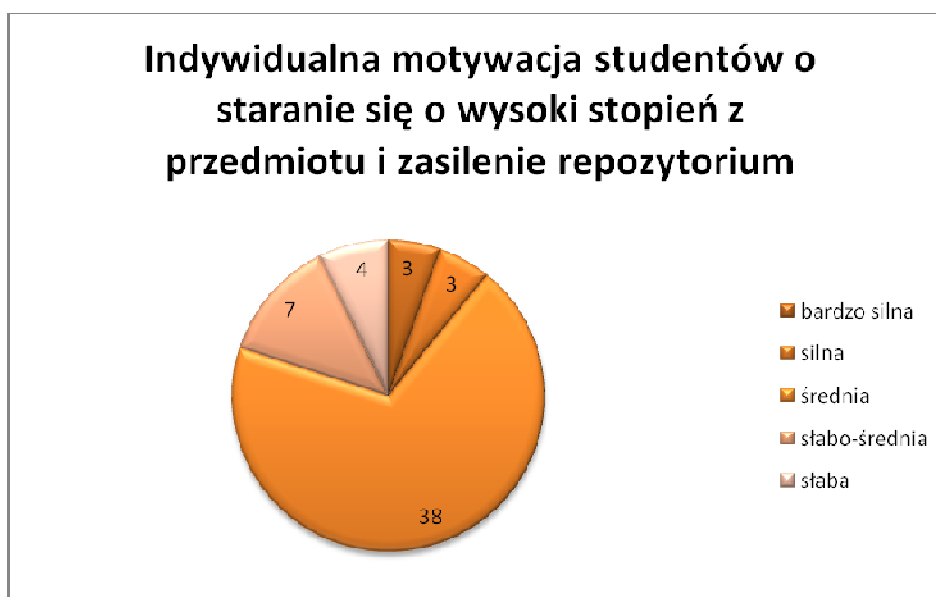
Korzystając z uzyskanych wyników można wskazać, jaka będzie indywidualna motywacja studenta o staranie się o wysoki stopień z przedmiotu i zasilenie repozytorium, gdy trudność zaliczenia przedmiotu ma wartość 20 (przedmiot trudny) i zainteresowanie tematyką przedmiotu równe 6 (duża). Po dokonaniu agregacji odpowiedź na to pytanie wskazuje, że motywacja będzie silna (tabela 14). Potwierdza to również wykres wartości cechy indywidualna motywacja studenta o staranie się o wysoki stopień z przedmiotu i zasilenie repozytorium przedstawiony na rysunku 46.



Rysunek 46. Indywidualna motywacja studenta o staranie się o wysoki stopień z przedmiotu i zasilenie repozytorium przy wykorzystaniu lingwistycznej bazy wiedzy (wykonano w programie Matlab)
źródło: opracowanie własne

Rysunek 46 przedstawia płaszczyznę, jaka zostanie zakreślona przy zadanych zakresach zmiennych wpływających na zagregowaną cechę określającą motywację studenta. Kolor niebieski wskazuje na niską motywację, zaś przechodząc do koloru czerwonego mamy zaznaczoną płaszczyznę z motywacją silną i bardzo silną.

Zadając kolejnym uczniom zadanie oszacowania swoich preferencji, nauczyciel może dokonać podsumowania zbiorczego, dotyczącego przewidywanego potencjału grupy. Rozpatrując kolejno motywację studentów można ocenić poziom motywacji grupy. Przykładowe zestawienie dla grupy 55 osobowej może się przedstawiać zgodnie z rysunkiem 47. Kolejne wartości liczbowe wskazują liczbę osób z określonym poziomem motywacji. Rozpatrując ten problem bardziej detalicznie można w ramach danej wartości skali lingwistycznej zbadać osiągniętą wartość liczbową (tabela 15).



Rysunek 47. Przykład rozkładu liczby studentów o indywidualnej motywacji bardzo silnej, silnej, średniej, słabo-średniej, słabej
źródło: opracowanie własne

Tabela 14. Przykład zestawienia zbiorczego motywacji studentów z uwagi na osiągniętą wartość liczbową charakteryzującą motywację w określonej skali lingwistycznej
źródło: opracowanie własne

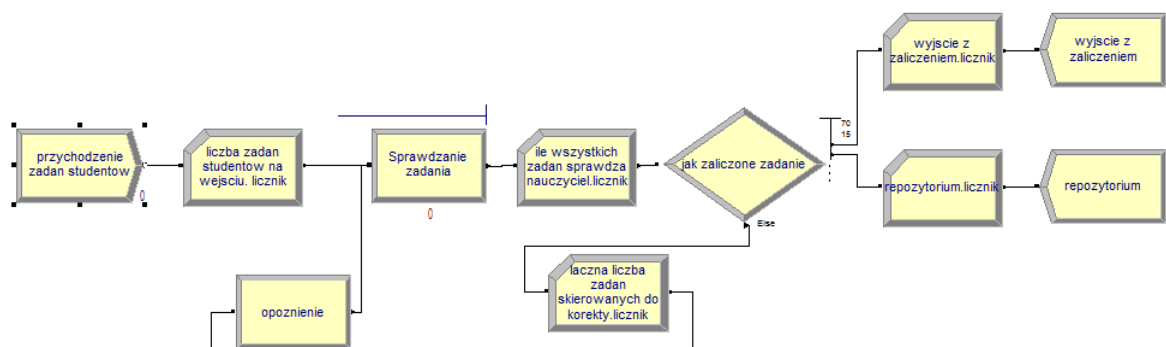
Skala lingwistyczna motywacji	Osiągnięta wartość liczbową charakteryzująca motywację	Liczba osób, która osiągnęła określoną wartość liczbową motywacji
Bardzo silna	16	1
Bardzo silna	15	2
Silna	12	2
Silna	9	1
Średnia	7	19
Średnia	6	8
Średnia	5	11
Słabo-średnia	4	5
Słabo-średnia	3	2
Słaba	2	4

Informacja o motywacji grupy jest podstawą do ustalania wartości parametrów w modelu symulacyjnym. Nauczyciel mając powyższe zestawienie może przypuszczać, jaki będzie rozkład w wyborze zadań przez uczniów i w ten sposób dostosować swoje wymagania dotyczące zaliczenia przedmiotu i zasilenia repozytorium. Prawdopodobne jest, że studenci z bardzo silną i silną motywacją będą zabiegali o zadania trudniejsze, bardziej czasochłonne, które są nakierowane na rozwój repozytorium, natomiast studenci ze słabą motywacją będą zorientowani na nabycie minimalnych kompetencji, które pozwolą im zakończyć kurs z pozytywnym wynikiem. Przyglądając się grupie osób ze średnią motywacją można przypuszczać, że mogą się wśród nich wyłonić jednostki, które będą zdecydowane na wykonanie zadań trudniejszych, umożliwiających nabycie wysokiej oceny i zasilenie zasobów repozytorium.

Przygotowanie i wykonanie symulacji ma dać możliwość zestawienia motywacji i oczekiwań nauczyciela z motywacją studentów. Symulacja staje się narzędziem w ręku nauczyciela, by mógł on regulować swoją pracę i dynamicznie dostosowywać swoje wymagania do potencjału grupy. Model symulacyjny może być „puszczony” na każdym etapie procesu dydaktycznego, a uzyskane wyniki pozwalają wpływać na sposób postępowania z grupą.

Do opracowania modelu symulacyjnego wykorzystano pakiet Arena firmy Rockwell Software. Schemat modelu, który czyni ze stanowiska nauczyciela serwer obsługujący studentów przedstawia rysunek 48. Praca nauczyciela została w modelu scharakteryzowana jako sprawdzanie zadań. Z modelu przewiduje się 3 wyjścia:

- repozytorium – oznacza, że student nabył wysokie kompetencje, decydując się wykonać zadanie, które ma zasilić zasoby repozytorium,
- wyjście z zaliczeniem – oznacza, że student nabył przeciętne kompetencje z przewidzianego zakresu ontologii, ale jego/jej zadanie nie spełnia kryterium umieszczenia w repozytorium
- korekta – oznacza, że student nie nabył wymaganych w procesie kształcenia kompetencji i musi poprawić swoje zadanie z uwzględnieniem uwag nauczyciela. Student ten wraca do kolejki, a jego praca musi zostać ponownie poddana ocenie.



Rysunek 48. Schemat modelu symulacyjnego pracy nauczyciela z zadaniami grupy studentów wykonany w pakiecie Arena
 źródło: opracowanie własne

Na opracowanym modelu można założyć różne eksperymenty symulacyjne, odpowiednio model modyfikując i sterując parametrami tego modelu. W obecnej sytuacji, w której nauczyciel pracuje z grupą 55 studentów i chce zasilić repozytorium materiałem dydaktycznym w postaci nowych rozwiązanych zadań w liczbie od 5-10, gdy znana jest liczba studentów z bardzo silną i silną motywacją (6 osób), którzy z dużym

prawdopodobieństwem zdecydują się na współpracę z nauczycielem w celu zasilenia zasobów repozytorium nowym materiałem dydaktycznym, liczba studentów z przeciętną i słabą motywacją, można przystąpić do zestawienia tych faktów ze sobą i sprawdzenia przebiegu procesu dydaktycznego w modelu symulacyjnym.

Dokonując przygotowania symulacji nauczyciel musi podać wstępne warunki realizacji procesu dydaktycznego, które chce sprawdzić z punktu widzenia przyjętej strategii i istniejących ograniczeń (tabela 15).

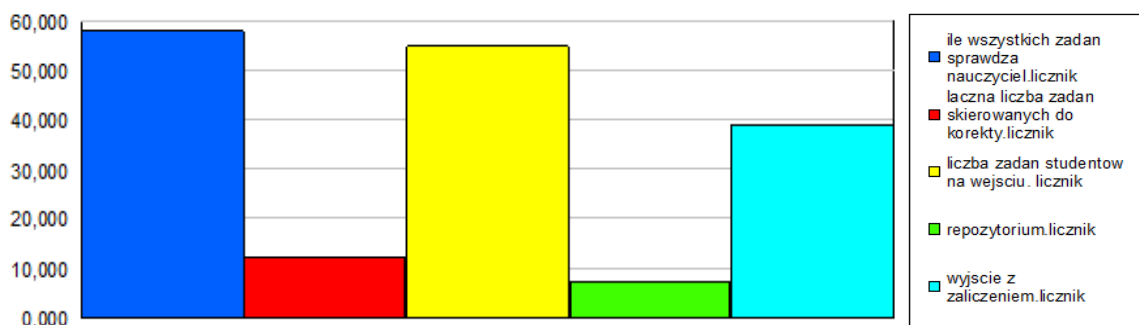
Tabela 15. Wstępne wartości parametrów modelu symulacyjnego
źródło: opracowanie własne

<i>Rozkład przybycia zadań (studentów)</i>	<i>Rozkład Poissona</i>
<i>Rozkład czasu obsługi studentów:</i>	<i>Trójkątny: minimalny-10min, najbardziej pożądanym-15min, maksymalny-30min</i>
<i>Liczba stanowisk obsługi:</i>	<i>1</i>
<i>Interwał czasu:</i>	<i>6dni</i>
<i>Czas przeznaczony na pracę ze studentami (sprawdzanie zadań):</i>	<i>3h/1dzień</i>
<i>Czas na poprawienie zadania (opóźnienie):</i>	<i>1 dzień</i>
<i>Liczba studentów:</i>	<i>55 osób (55 złożonych prac)</i>
<i>Prawdopodobieństwo udania się studentów do jednego z wyjść:</i>	<i>zaliczenie - 70%, repozytorium - 15%, korekta - 15%;</i>

Nauczyciel interpretuje proces obsługi studentów jak system kolejkowy zgodny z notacją Kendalla, np. M/G/1 (rozkład przybycia studentów/rozkład czasu obsługi studentów/ stanowisko obsługi). Dodatkowo do parametrów tych należą przede wszystkim - interwał czasu, jaki został przewidziany na nabycie kompetencji, dzienna liczba godzin pracy nauczyciela. Ponadto, ustalane jest prawdopodobieństwo „udania się” studentów do jednego z wyjść w modelu. W prowadzonej symulacji nauczyciel oszacował, że ma ono następujący porządek: 15% zadań studentów trafi do repozytorium, 70% zaliczy proces nabywania kompetencji z wynikiem średnim, zaś 15% będzie dokonywało korekty. Taki rozkład prawdopodobieństwa nauczyciel oszacował na podstawie wyników uzyskanych z lingwistycznej bazy wiedzy oraz własnego doświadczenia. Można bowiem zauważyć, że liczba studentów z bardzo silną i silną motywacją wynosi 6, ale dodatkowo 19 studentów ze średnią motywacją osiągnęło maksymalną wartość liczbową przypisaną do tego kwantyfikatora lingwistycznego. Stąd też nauczyciel przewiduje, że z tej grupy dodatkowo ok. 10-15% (2-3 osoby) będzie zabiegało o wyższą ocenę (realizując zadanie bardziej ambitnie), co łącznie daje 8-9 osób (ok. 15% grupy). Oszacowanie zadań do korekty zostało natomiast wykonane na podstawie liczby osób ze słabą motywacją (11 osób minus 10-15%). Szacunek ten nie determinuje jednak, że tylko osoby ze słabą motywacją zostaną skierowane do korekty. Jednakże nauczyciel wskazuje ten procent jako prawdopodobny.

Wykonując eksperyment symulacyjny można uzyskać informację m.in. o stanie kolejki na stanowisku nauczyciela, czy liczbie prac studentów, które zostaną skierowane do określonych wyjść. Wartości te są istotne dla podjęcia decyzji o kontynuacji przewidywanej strategii nauczyciela lub jej zmianie. Strategia ta na chwilę obecną

przewiduje, że ok. 9-10 studentów osiągnie wysokie kompetencje, a większość nabędzie kompetencje pozwalające na zaliczenie przedmiotu. Jednakże dopiero w zestawieniu z wartościami parametrów po wykonaniu symulacji można domniemywać o jej powodzeniu. Wyniki eksperymentu przy założonym określonym interwale czasu, rozkładzie prawdopodobieństwa wyjść, rozkładzie obsługi studentów oraz planowanym czasie sprawdzania zadań przedstawia rysunek 49. Wskazują one, iż na stanowisku nauczyciela powstanie kolejka (9 prac studentów), której nauczyciel nie zdąży obsłużyć na przewidzianym interwale czasu. Są to osoby, którym nie udało się nabyć minimalnie wymaganych kompetencji sprawdzonych poprzez wykonanie zadania. W kwestii zasilenia repozytorium postawiony warunek zostaje spełniony (7 prac).



Nazwa licznika	Osiągnięta wartość
ile wszystkich zadan sprawdza nauczyciel.licznik	58
laczna liczba zadan skierowanych do korekty.licznik	12
liczba zadan studentow na wejsciu. licznik	55
repozytorium.licznik	7
wyjscie z zaliczeniem.licznik	39

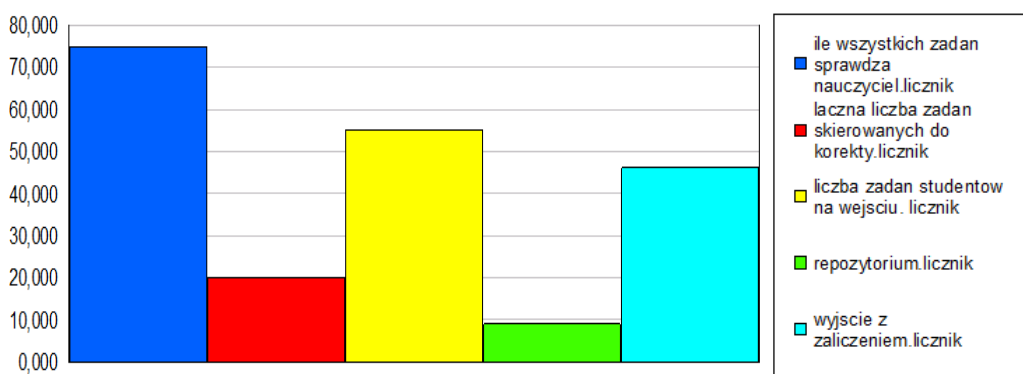
Rysunek 49. Wyniki wstępnego eksperymentu symulacyjnego
źródło: opracowanie własne

Chcąc zbadać, jaki powinien być założony interwał czasu, by wszyscy studenci przeszli pomyślnie cykl nabywania kompetencji przy założonych wartościach parametrów zgodnych z tabelą 15, można wykonać eksperyment symulacyjny także w tym kierunku. Interwał czasu w modelu zostaje ustawiony z wartością – nieokreślony, zaś pozostałe wartości parametrów pozostają bez zmian.

Uzyskany w wyniku symulacji wynik (rysunek 50) wskazuje, iż obsługa wszystkich studentów wymaga 9 dni pracy, co pozwoli zakończyć proces nabywania kompetencji przez każdego studenta. Do repozytorium zostanie skierowanych 8 prac, zaś po uwzględnieniu nanoszenia korekt i ponownego współdziałania nauczyciela i studenta, łączna sumaryczna liczba zadań, które nauczyciel sprawdzi wynosi 71 sztuk.

Na podstawie uzyskanych wyników nauczyciel może zweryfikować swoją strategię pracy z grupą 55 studentów. Może podjąć decyzję bądź o wydłużeniu czasu pracy do 9 dni, zamiast 6, jeśli nie zaburzy to całego procesu nabywania kompetencji w przedmiocie. Jest to wyjście o tyle pozytywne, iż pozwala „obsłużyć” wszystkich studentów, osiągnąć liczbę zadań w repozytorium w zakładanym zakresie.

Innym rozwiązaniem jest dalsze testowanie różnych ustawień symulacji, być może powodujące zmniejszenie liczby prac zasilających repozytorium i skrócenie czasu pracy nauczyciela podczas sprawdzania zadań, ale pozwalające na zakończenie nabywania kompetencji w przewidzianym na ten cel 6-cio dniowym interwale czasu. Model symulacyjny, z uwagi na jego elastyczność, może być rozbudowywany, modyfikowany i dostosowywany do charakteryzowanej sytuacji procesu dydaktycznego.



Nazwa licznika	Osiągnięta wartość
ile wszystkich zadan sprawdza nauczyciel.licznik	71
laczna liczba zadan skierowanych do korekty.licznik	16
liczba zadan studentow na wejsci. licznik	55
repozytorium.licznik	8
wyjscie z zaliczeniem.licznik	47

Rysunek 50. Wyniki eksperymentu symulacyjnego zorientowanego na określenie łącznego czasu niezbędnego do obsługi wszystkich studentów
źródło: opracowanie własne

4.3 Synteza elementów realizacji procesu dydaktycznego do postaci modelu referencyjnego systemu informacyjnego monitorowania procesu nabywania kompetencji

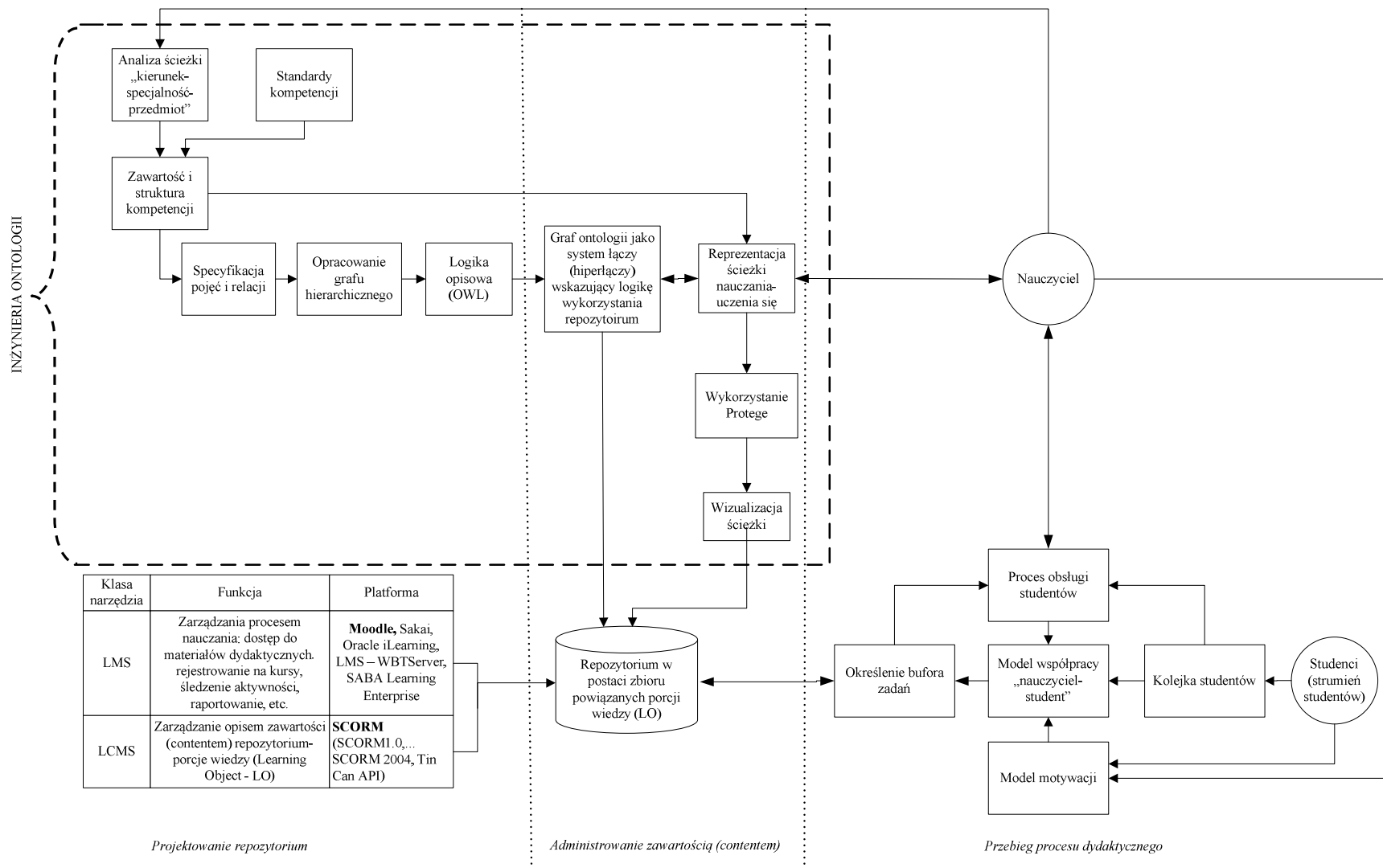
Opracowane w punktach 4.1-4.2 elementy charakteryzujące wybrane zagadnienia procesu nauczania-uczenia się opartego na kompetencjach muszą zostać zintegrowane w jedną całość, by można było ten proces monitorować, modyfikować zakres współpracy nauczyciela i studentów zgodnie z potrzebami i możliwościami uczestników procesu kształcenia oraz analizować osiągnięte rezultaty. Z uwagi na złożoność rozpatrywanego procesu, wykorzystanie metodyki modelowania referencyjnego i opracowanie stosownego modelu pozwala na zobrazowanie jako całości przedmiotu modelowania, którym jest proces dydaktyczny uczelni zorientowany na nabywanie kompetencji (rysunek 51).

Proponowana synteza ma na celu ujęcie podstawowych elementów składających się na realizację procesu dydaktycznego tak, by proces przetwarzania informacji wejściowych w wyjściowe pozwolił odpowiedzieć na następujące pytania:

- jaka informacja jest potrzebna dla realizacji cyklu kształcenia,
- jaki jest sposób wykorzystania tej informacji w procesie,
- jakie są uwarunkowania pojawienia się sprzężeń zwrotnych,
- jak przebiega adaptacja procesu kształcenia w konkretnej sytuacji edukacyjnej.

Bazą do odpowiedzi na te pytania jest wykorzystanie metodyki i narzędzi inżynierii ontologii, uwzględnienie motywacji uczestników oraz przeprowadzenie eksperymentów symulacyjnych dla różnych wariantów realizacji procesu nabywania kompetencji. Wykorzystanie podejścia ontologicznego prowadzi do opracowania grafu hierarchicznego, w którym pojęcia odwzorowują zakres i zawartość kompetencji, zaś relacje między tymi pojęciami obrazują strukturę kompetencji.

Graf, na potrzeby realizacji procesu dydaktycznego zorientowanego na nabywanie kompetencji, z jednej strony jest podstawą do ułożenia materiałów dydaktycznych w repozytorium i planowania ich dalszego rozwoju, a z drugiej strony może być potraktowany jako obraz ścieżki nabywania kompetencji.



Rysunek 51. Model referencyjny systemu informacyjnego monitorowania procesu nabywania kompetencji
 źródło: opracowanie własne

Wykorzystanie możliwości języka OWL pozwala wskazać logikę poszczególnych relacji w grafie, zaś szereg dostępnych aplikacji służących wizualizacji tak opisanego grafu (np. Protege), umożliwiła jego łatwą implementację. Graf pozwala uzupełnić istniejące rozwiązania LMS/LCMS, które nie rozpatrują porcji wiedzy jako składników kompetencji. Rolą systemów LMS/LCMS jest zarządzanie procesem nauczania z punktu widzenia organizacji kursu i tworzenie wspólnej, jednolitej przestrzeni dla opisu zasobów repozytorium. Jeżeli jednak docelowym przeznaczeniem procesu dydaktycznego jest nabywanie porcji wiedzy w taki sposób, by składały się one na kompetencję, to wykorzystanie ontologii jest rozwiązaniem, które stanowić może rolę przewodnika w ich nabywaniu. Opracowując graf ontologii, można ująć dany przedmiot w spójny system pojęć i relacji, do których odpowiednio przygotowany materiał dydaktyczny oddaje ideę kompetencji. Materiał dydaktyczny odpowiada zapotrzebowaniom sytuacji edukacyjnej i poziomowi kompetencji, jakie mają osiągnąć uczniowie w ramach cyklu kształcenia. Materiał jest rozwijany i uaktualniany także przez studentów podczas realizacji procesu nabywania kompetencji. Na podstawie planowanego rozwoju repozytorium określany jest bufor zadań, o które mają się wzbogacić zasoby repozytorium. Kierunek rozwoju materiałów dydaktycznych jest określony przez nauczyciela, który dla tego celu uwzględnia motywację uczniów i ich zaangażowanie w proces nauczania-uczenia się, a także swoje własne preferencje. Studenci, wybierając poszczególne zadania, muszą zostać ocenieni przez nauczyciela, co wymaga wykorzystania odpowiednich nakładów czasu pracy nauczyciela. Z uwagi na fakt, iż nauczyciel jest jeden, musi on znaleźć balans pomiędzy swoim zasobem czasowym, a „potrzebami” studentów (ustalić model współpracy w relacji „nauczyciel-student”). Praca nauczyciela wymaga zatem zastosowania mechanizmu (symulacji), który pozwoli szacować, czy przy przewidywanym stopniu skomplikowania zadań, studenci są w stanie wykonać je w zaproponowanych ramach czasowych oraz spełnić warunek związany z zakładanym poziomem załadowania repozytorium. Jeśli nie, to jakie konsekwencje wynikają z tego tytułu dla nauczyciela (np. duża kolejka studentów wymagających indywidualnej pracy w celu zaliczenia, brak zadań do repozytorium, itp.).

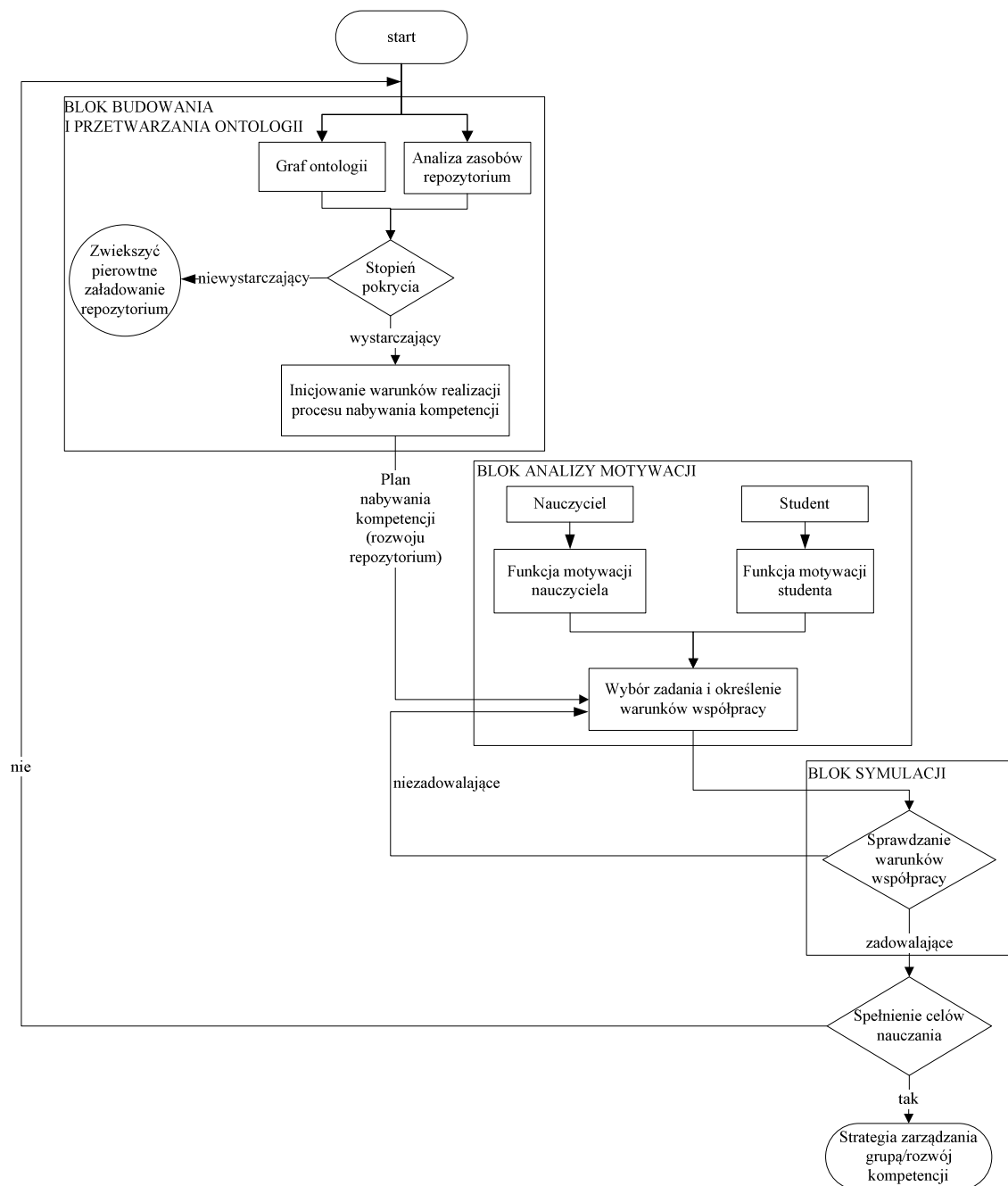
Połączenie zaproponowanych komponentów w postaci modelu referencyjnego odzwierciedla środowisko funkcjonowania nauczyciela i ucznia oraz warunki realizacji procesu dydaktycznego. Integracja pozwala dostrzec nowe zależności przyczynowo-skutkowe w realizacji procesu nauczania-uczenia się oraz monitorować proces nabywania kompetencji w jego różnych aspektach. Zasięg monitorowania podczas organizowania i realizacji procesu dydaktycznego zorientowanego na nabywanie kompetencji dotyczy:

- monitorowania grafu ontologii – określanie czy ontologia pokrywa wymagania sytuacji edukacyjnej (wystarczający zakres pojęć), analiza zawartości wierzchołków ontologii pod kątem wymagań kompetencyjnych, określanie kierunków rozwoju (poprzez dołożenie nowego wierzchołka, nowej relacji, rozwój zasobów w węźle),
- monitorowania „stanu” motywacji nauczyciela i uczniów – określenie przewidywanych motywacji uczniów jako czynnika determinującego zachowanie w systemie (wybór zadań), określanie motywacji nauczyciela dotyczącej planowanego rozwoju repozytorium,
- monitorowanie różnych wariantów realizacji procesu dydaktycznego z punktu widzenia powstałych ograniczeń np. czasowych – określenie wartości parametrów, które dla określonej grupy studentów, w określonej sytuacji edukacyjnej pozwolą zakończyć cykl kształcenia z określonym poziomem kompetencji.

Dzięki takiej wielopłaszczyznowej obserwacji proces nabywania kompetencji jest procesem zaplanowanym i zrealizowanym zgodnie z wymaganiami kompetencji, w oparciu o odpowiednio dobrany model współpracy nauczyciel-student, który został oceniony w kontekście „koszt-korzyść”.

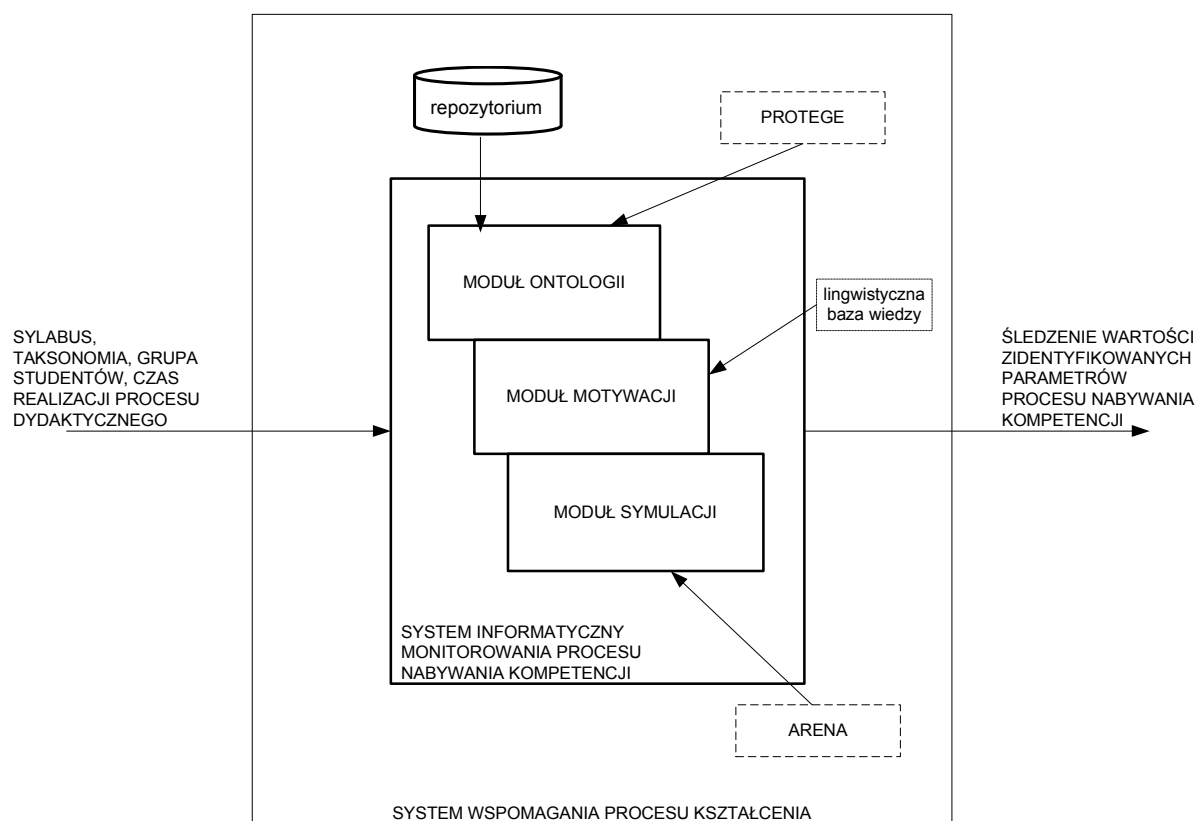
4.4 Zastosowanie modelu referencyjnego w informatycznym systemie wspomagania procesu kształcenia

Docelowym rezultatem opracowanego modelu referencyjnego systemu informacyjnego monitorowania procesu nabywania kompetencji jest budowa odpowiedniego systemu informatycznego. W projektowanym systemie charakter wzajemnego oddziaływania ontologii, motywacji uczestników oraz symulacji można przedstawić w postaci algorytmu (rysunek 52), w którym kolejne komponenty modelu referencyjnego są podstawą działania pętli nabywania kompetencji.



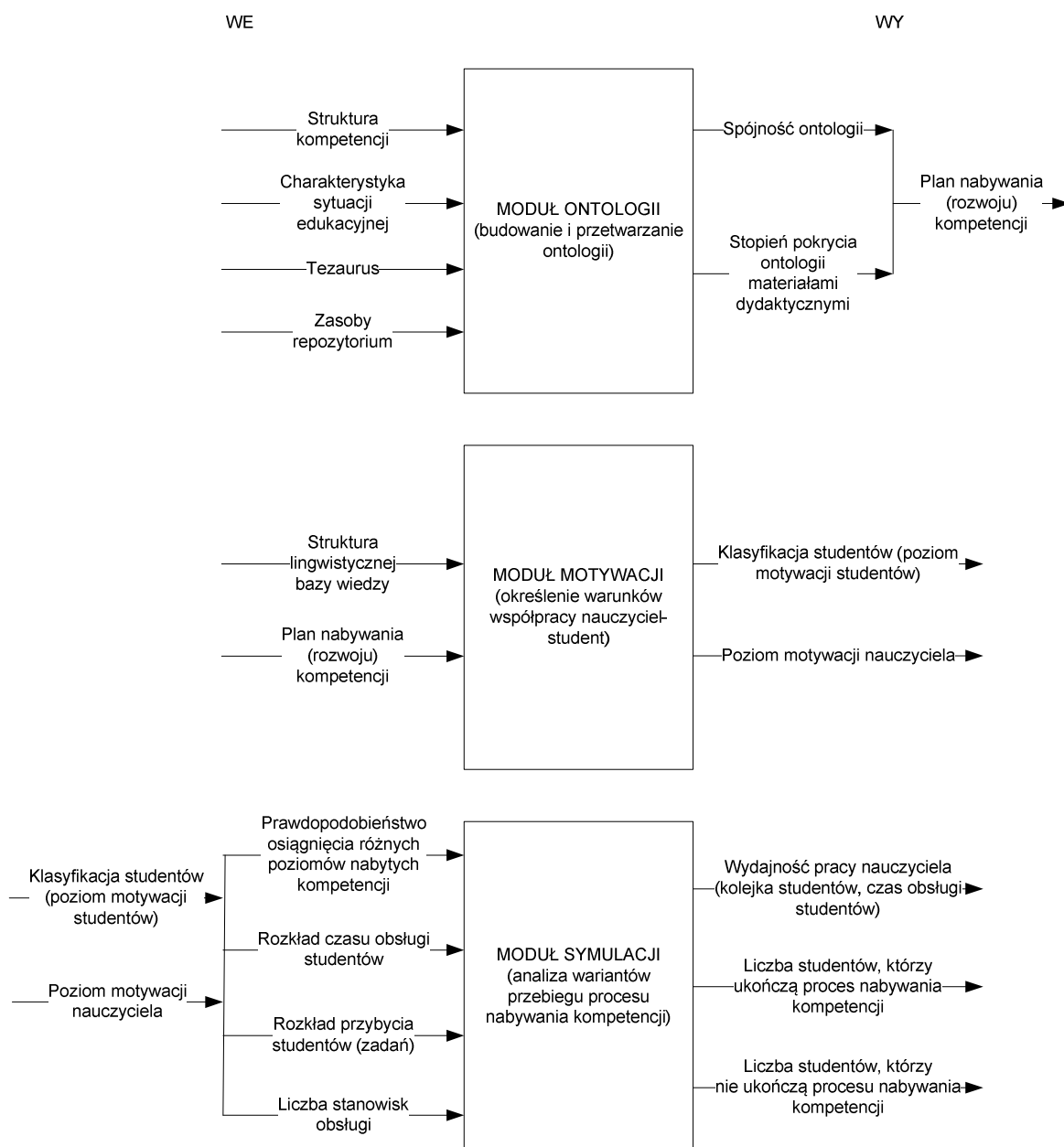
Rysunek 52. Algorytm działania modelu referencyjnego w informatycznym systemie monitorowania procesu nabywania kompetencji
źródło: opracowanie własne

Opracowany na bazie modelu referencyjnego system informatyczny może stanowić bazę dla systemu wspomagania procesu kształcenia, którego efektem końcowym mają być nabyte kompetencje (rysunek 53). Funkcjonowanie dwóch modułów tego systemu można wesprzeć istniejącymi narzędziami informatycznymi – Protege do celów przygotowania ontologii przedmiotu/kursu oraz Areną na potrzeby prowadzenia eksperymentów symulacyjnych. Dla wsparcia modułu motywacji można dodatkowo przygotować aplikację, która na podstawie lingwistycznej bazy wiedzy pozwala automatycznie analizować wyniki motywacji studentów.



Rysunek 53. Miejsce systemu informatycznego monitorowania procesu nabywania kompetencji
źródło: opracowanie własne

Dzięki trójwarstwowej strukturze systemu monitorowania istnieje możliwość prowadzenia ukierunkowanej obserwacji przebiegu procesu dydaktycznego na różnych płaszczyznach (od analizy treści kształcenia, poprzez analizę motywacji uczestników procesu kształcenia, aż po analizę warunków osiągnięcia efektów kształcenia) i oddziaływania na jego przebieg. W każdym z modułów można monitorować parametry, które mają wpływ na podejmowane decyzje dotyczące realizacji procesu kształcenia, przy czym dopiero model symulacji daje odpowiedź na pytanie dotyczące kosztów (czasowych, osobowych) realizacji określonej strategii prowadzenia procesu nabywania kompetencji. Przykładowy zestaw monitorowanych parametrów dla procesu nabywania kompetencji przedstawia rysunek 54. Przetwarzanie informacji wejściowych w informacje wyjściowe w kolejnych modułach pozwala dobrać satysfakcjonujący w danym momencie wariant realizacji procesu dydaktycznego.



Rysunek 54. Przykładowy zestaw parametrów analizowanych podczas monitorowania procesu nabywania kompetencji w modułach systemu
źródło: opracowanie własne

Zakres analizowanych parametrów charakteryzuje przebieg procesu dydaktycznego na poziomie operacyjnym i z tego powodu opracowywany system informatyczny monitorowania procesu nabywania kompetencji jest narzędziem dedykowanym dla wspierania pracy nauczyciela, choć jego poszczególne elementy (model ontologiczny, model motywacji) mogą być wykorzystane także przez studenta i uczelnię (tabela 16). Przetwarzanie informacji o wartościach parametrów w każdym module powoduje, że proces nabywania kompetencji można traktować kompleksowo i realizować przy uwzględnieniu wielu aspektów jego funkcjonowania.

Tabela 16: Zakres wykorzystania komponentów systemu informatycznego dla nauczyciela, studenta i uczelni

źródło: opracowanie własne

użytkownik / komponent	Nauczyciel	Student	Uczelnia
Model ontologiczny	<ul style="list-style-type: none"> – strukturyzacja treści nauczania na potrzeby zarządzania kompetencjami – analiza ścieżek nabywania kompetencji – analiza kierunków rozwoju kompetencji 	<ul style="list-style-type: none"> – wizualizacja ścieżek nabywania kompetencji 	<ul style="list-style-type: none"> – analiza zgodności treści przedmiotu z sylabusami
Model motywacji	<ul style="list-style-type: none"> – „klasyfikacja” studentów – sformułowanie własnej funkcji motywacji przez nauczyciela 	<ul style="list-style-type: none"> – rozpoznanie stopnia własnej motywacji na tle motywacji grupy 	-
Model symulacji	<ul style="list-style-type: none"> – analiza i dobór strategii realizacji procesu dydaktycznego na podstawie parametrów ilościowych (czas, kolejka studentów) 	-	-

Zidentyfikowanie poszczególnych modułów systemu monitorowania to dopiero pierwszy krok na drodze do budowy systemu wspomagania procesu kształcenia, który pozwoli nie tylko śledzić parametry w poszczególnych płaszczyznach realizacji procesu dydaktycznego, ale stanie się narzędziem doradczym na potrzeby zarządzania procesem nabywania kompetencji.

Zakończenie

System informacyjny monitorowania procesu nabywania kompetencji jest systemem złożonym ze względu na konieczność uwzględnienia wielu aspektów jego funkcjonowania: celów kształcenia, motywacji uczestników procesu kształcenia, trudnej do sformalizowania wiedzy. Z uwagi na tę złożoność, zadaniem niezwykle trudnym jest formalizacja takiego systemu. W informatyce brakuje narzędzi projektowania tej klasy systemów. Stało się to podstawą do wykorzystania metodyki modelowania referencyjnego, by na tej podstawie opisać i powiązać realizowane przez ten system funkcje i zadania.

W rozprawie zaproponowano model referencyjny systemu informacyjnego monitorowania procesu nabywania kompetencji w procesie dydaktycznym uczelni, który jest zbudowany z trzech komponentów – modelu ontologii kompetencji, matematycznego modelu współpracy nauczyciel–student (modelu motywacji) oraz modelu symulacji.

Zdefiniowanie takiej struktury modelu referencyjnego ma swoje uzasadnienie w naukach pedagogicznych.

Każdy ze składowych elementów tego modelu opisuje złożoną rzeczywistość prowadzenia i monitorowania procesu dydaktycznego, którego wynikiem mają być nabyte kompetencje. Opracowanie modelu ontologicznego wynika z potrzeby zdefiniowania i przetwarzania informacji o strukturze i zakresie wiedzy stanowiącej podstawę nabywania kompetencji. Model motywacji jest podstawą do analizy potencjału grupy uczestniczącej w procesie nabywania kompetencji i zidentyfikowania preferencji nauczyciela dotyczących prowadzenia procesu dydaktycznego. Model symulacji stanowi zaś podstawę do oceny procesu nabywania kompetencji z punktu widzenia przyjętej strategii jego realizacji.

W rozprawie, modele te zostały zweryfikowane w następujący sposób:

- model ontologiczny -poprzez budowę przykładowego grafu ontologii przedmiotu,
- model motywacji – poprzez oszacowanie motywacji dla przykładowej grupy studentów przy wykorzystaniu lingwistycznej bazy wiedzy i wskazaniu wpływu otrzymanych wyników na przyjęte przez nauczyciela założenia dla procesu nabywania kompetencji,
- model symulacji – poprzez przykładowy model symulacyjny przebiegu procesu obsługi studentów podczas nabywania kompetencji.

Integracja trzech modeli w jeden spójny mechanizm – model referencyjny, tworzy ramy konstrukcyjne i metodyczne dla budowy systemu informatycznego monitorowania procesu nabywania kompetencji. Model ten, jako wynik przeprowadzonej analizy systemowej procesu nabywania kompetencji – obiektu informatyzacji, stanowi główną wartość dodaną pracy i decyduje o osiągnięciu celu pracy, który zakładał *opracowanie modelu referencyjnego systemu informacyjnego pozwalającego na prowadzenie eksperymentów dotyczących określenia parametrów procesu nabywania umiejętności (kompetencji) w procesie dydaktycznym uczelni.*

Słuszna okazała się postawiona w pracy **hipoteza**, której treść brzmi następująco: *opracowany model referencyjny systemu informacyjnego monitorowania procesu nabywania kompetencji oraz zaproponowana metoda jego sprawdzenia oparta na modelowaniu symulacyjnym powoduje, że jest to rozwiązanie kompletne, weryfikowalne i może stanowić podstawy do budowy odpowiedniego systemu informatycznego.*

Słuszność hipotezy potwierdzona została zaproponowaną koncepcją systemu informatycznego, którego głównym elementem jest model referencyjny oraz zastosowanym aparatem metodycznym pozwalającym na budowę systemu złożonego z trzech modeli.

Praca posiada charakter metodyczny i stosowany. Aspekt metodyczny wynika z opracowania modelu referencyjnego na potrzeby tworzenia systemu informacyjnego monitorowania procesu zorientowanego na nabywanie kompetencji. Model ten jest konsekwencją identyfikacji procesu dydaktycznego w postaci modelu ontologicznego wiedzy składającej się na kompetencje, modelu motywacji charakteryzującego preferencje głównych ogniw procesu kształcenia (nauczyciela i ucznia) oraz modelu symulacyjnego, który stanowi narzędzie analityczne dla potrzeb monitorowania prawdopodobieństwa osiągnięcia postawionych celów kształcenia przy spodziewanych ograniczeniach.

Stosowalność wyników jest realizowana dzięki zastosowaniu dostępnych narzędzi ontologii, które pozwalają w prosty sposób wizualizować zakres kompetencji oraz interpretacji procesu obsługi studentów w terminach systemów kolejkowych, co jest podstawą do wykorzystania dostępnych pakietów symulacyjnych w celu prowadzenia analiz statystycznych dotyczących procesu kształcenia.

Elementy nowości w przygotowanej rozprawie są następujące:

- identyfikacja systemu informacyjnego monitorowania procesu nabywania kompetencji w postaci modelu referencyjnego,
- trójwarstwowa struktura modelu referencyjnego,
- ontologiczna reprezentacja zakresu i struktury kompetencji,
- wykorzystanie aparatu modelowania symulacyjnego jako narzędzia analizy parametrów procesu kształcenia przy uwzględnieniu istniejących ograniczeń czasowych i osobowych (komputerowe wspomaganie procesów nabywania kompetencji).

Przeprowadzona w dysertacji analiza struktury systemu informacyjnego monitorowania procesu nabywania kompetencji, pozwala stworzyć środowisko, w którym określono zadania oraz zakres i sposób oddziaływania informacji dotyczących procesu nabywania kompetencji. Opracowany model referencyjny stanowi kompleksowe rozwiązanie problemu monitorowania procesu nabywania kompetencji, gdyż obejmuje swym zasięgiem płaszczyzny realizacji procesu dydaktycznego wyodrębnione przez Okonia [107].

Perspektywy dalszych badań na tle osiągniętych wyników można ująć w dwóch obszarach. Pierwszy dotyczy opracowania zautomatyzowanego systemu doradczego, który pozwalałby nauczycielom nie tylko monitorować, ale również usprawniać i zarządzać procesem nabywania kompetencji. Drugi nurt dotyczy opracowania podstaw metodologicznych do budowy systemu informatycznego przekształcania sylabusów do postaci ontologii. System taki może stać się podstawą do automatycznej analizy treści kształcenia w różnych przedmiotach w kontekście nabywania kompetencji w pełnym procesie kształcenia np. na poziomie wyższym, studiach podyplomowych, itp.

Spis rysunków

Rysunek 1. Przyporządkowanie etapów opracowanie systemu informacyjnego i modelu referencyjnego	11
Rysunek 2. Miejsce modelu referencyjnego jako mechanizmu identyfikacji systemu.....	12
Rysunek 3. Relacje pomiędzy wiedzą, kompetencjami i kwalifikacjami	14
Rysunek 4. Struktura standardów RDCEO i HR-XML wraz z odwzorowaniem procesu mapowania poszczególnych meta danych.....	23
Rysunek 5. Etapy procesu zarządzania w systemach produkcyjnych.....	24
Rysunek 6. Fragment taksonomii dziedziny - dyscyplina naukowa informatyka wg ACM....	25
Rysunek 7. Taksonomia organizowania procesu dydaktycznego zorientowanego na nabywanie kompetencji w ramach określonego przedmiotu/kursu	26
Rysunek 8. Kontekst rozważań nad problematyką tworzenia ontologii	29
Rysunek 9. Typy i przykłady ontologii oraz wykorzystany na ten cel język formalizacji	32
Rysunek 10. Stopień uogólnienia ontologii w kontekście słownika pojęć z dziedziny produkcji.....	33
Rysunek 11. Planowanie procesu dydaktycznego zorientowanego na nabywanie kompetencji	34
Rysunek 12. Rodowód znacznikowych języków ontologii.....	37
Rysunek 13. Zawartość repozytorium w bazie OpenDOAR – rok 2012	43
Rysunek 14. Trend rozwoju repozytoriów wg OpenDOAR	43
Rysunek 15. Charakter repozytoriów	44
Rysunek 16. Klasyfikacja repozytoriów ze względu na pełnione funkcje.....	45
Rysunek 17. Poziomy organizacji procesu dydaktycznego zorientowanego na nabywanie kompetencji	47
Rysunek 18. Komponenty systemu informatycznego wspierającego proces monitorowania procesu nabywania kompetencji w środowisku repozytorium wiedzy.....	50
Rysunek 19. Obszary informatyzacji procesu dydaktycznego podczas nabywania kompetencji źródło: opracowanie własne	53
Rysunek 20. Schemat podejścia do opracowania grafu ontologii przedmiotu/kursu	55
Rysunek 21. Obszary wpływające na przygotowanie i rozwój ontologii przedmiotu/kursu ...	56
Rysunek 22. Schemat postępowania przy opracowaniu ontologii dla potrzeb realizacji procesu dydaktycznego opartego na kompetencjach	57
Rysunek 23. Przykładowy graf ontologii	58
Rysunek 24. Główne korzyści wynikające z wykorzystania ontologii	60
Rysunek 25. Przykładowy zakres materiału dydaktycznego w ramach porcji kompetencji dotyczącej pojęcia język programowania	60
Rysunek 26. Przykładowy zakres pojęć dla przedmiotu matematyka dyskretna.....	61
Rysunek 27. Wyodrębnianie porcji kompetencji w grafie	62
Rysunek 28. Identyfikacja podstawowych komponentów warunkujących współpracę nauczyciel-student w procesie nauczania-uczenia się.....	64
Rysunek 29. Kształt funkcji motywacji podczas realizacji procesu dydaktycznego z grupą nieambitnych studentów	68

Rysunek 30. Kształt funkcji motywacji podczas realizacji procesu dydaktycznego z grupą ambitnych studentów.....	68
Rysunek 31. Miejsce narzędzia wspierającego proces identyfikacji motywacji studentów	71
Rysunek 32. Metody analizy systemów	73
Rysunek 33. Algorytm opracowania założeń eksperymentu symulacyjnego	74
Rysunek 34. Ogólna postać modelu symulacji	79
Rysunek 35. Fragment ontologii przedmiotu systemu informacyjnego	81
Rysunek 36. Przykład uporządkowania wierzchołków grafu ontologii pod kątem kompetencji	86
Rysunek 37. Ontologiczne obszary rozwoju repozytorium	87
Rysunek 38. Struktura lingwistycznej bazy wiedzy na potrzeby identyfikowania motywacji studenta.....	89
Rysunek 39. Funkcja cechy „samoocena własnych zdolności przyswojenia przedmiotu”	90
Rysunek 40. Funkcja cechy „ocena wymagań nauczyciela”	91
Rysunek 41. Funkcja cechy „jakość dostarczonego materiału”	91
Rysunek 42. Funkcja cechy „Zainteresowanie tematyką przedmiotu”	91
Rysunek 43. Funkcja cechy „ilość materiału w przedmiocie”	92
Rysunek 44. Funkcja przebiegu dla zmiennej „łatwość rozumienia przedmiotu”	92
Rysunek 45. Przebieg funkcji dla zmiennej „indywidualna motywacja studenta o staranie się o wysoki stopień i zasilenie repozytorium”	96
Rysunek 46. Indywidualna motywacja studenta o staranie się o wysoki stopień z przedmiotu i zasilenie repozytorium przy wykorzystaniu lingwistycznej bazy wiedzy (wykonano w programie Matlab).....	97
Rysunek 47. Przykład rozkładu liczby studentów o indywidualnej motywacji bardzo silnej, silnej średniej, słabo-średniej, słabej	98
Rysunek 48. Schemat modelu symulacyjnego pracy nauczyciela z zadaniami grupy studentów wykonany w pakiecie Arena.....	99
Rysunek 49. Wyniki wstępnego eksperymentu symulacyjnego	101
Rysunek 50. Wyniki eksperymentu symulacyjnego zorientowanego na określenie łącznego czasu niezbędnego do obsługi wszystkich studentów.....	102
Rysunek 51. Model referencyjny systemu informacyjnego monitorowania procesu nabywania kompetencji.....	103
Rysunek 52. Algorytm działania modelu referencyjnego w informatycznym systemie monitorowania procesu nabywania kompetencji	105
Rysunek 53. Miejsce systemu informatycznego monitorowania procesu nabywania kompetencji	106
Rysunek 54. Przykładowy zestaw parametrów analizowanych podczas monitorowania procesu nabywania kompetencji w modułach systemu.....	107

Spis tabel

Tabela 1. Przegląd definicji kompetencji z uwagi na kontekst znaczeniowy	16
Tabela 2. Zakres zmieniających się kompetencji w obrębie zadanych zawodów.....	18
Tabela 3. Przegląd działań mających na celu standaryzację kompetencji w wybranych krajach Europy	20
Tabela 4. Podstawowe elementy wykorzystywane na potrzeby budowania modeli wiedzy ...	28
Tabela 5. Zestawienie wybranych cech języków ontologii.....	36
Tabela 6. Repozytorium a inne przechowalnie	41
Tabela 7. Kroki procedury prowadzenia eksperymentu badawczego.....	72
Tabela 8. Tabela rankingowa kombinacji cech samoocena własnych zdolności przyswojenia przedmiotu i jakość dostarczonego materiału (pozycja 1-najniższa, pozycja 9-najwyższa).....	93
Tabela 9. Przypisanie lingwistycznych ocen dla zagregowanej cechy łatwość zrozumienia przedmiotu źródło: (opracowanie własne)	93
Tabela 10. Tabela rankingowa kombinacji cech łatwość zrozumienia przedmiotu, ocena wymagań nauczyciela, ilość materiału do opanowania (pozycja 1- najmniejszą trudność zaliczenia; 27-największą trudność zaliczenia) źródło: (opracowanie własne)	94
Tabela 11. Przypisanie lingwistycznych ocen dla zagregowanej cechy trudność zaliczenia przedmiotu źródło: (opracowanie własne)	95
Tabela 12. Tabela rankingowa kombinacji cech trudność zaliczenia przedmiotu i zainteresowanie tematyką przedmiotu (pozycja 1-najmniejsza motywacja, pozycja 16-największa motywacja do starania się o wysoki stopień)	96
Tabela 13. Porządkowanie rankingu wraz z podaniem lingwistycznych zagregowanych ocen	96
Tabela 14. Przykład zestawienia zbiorczego motywacji studentów z uwagi na osiągniętą wartość liczbową charakteryzującą motywację w określonej skali lingwistycznej.....	98
Tabela 15. Wstępne wartości parametrów modelu symulacyjnego	100
Tabela 16: Zakres wykorzystania komponentów systemu informatycznego dla nauczyciela, studenta i uczelni	108

Spis kodów

Kod 1. Fragment ontologii przedmiotu systemy informacyjne opisanej w języku OWL..... 82

Bibliografia

- 1 Akademia Górniczo-Hutnicza. Konkurs Notatki w Internecie. [Internet]. 2012 [cited 2012 marzec]. Available from: <http://notatki.cel.agh.edu.pl/index.html>.
- 2 Association for Computing Machinery. Computing Classification System. [Internet]. [cited 2012 wrzesień]. Available from: http://dl.acm.org/ccs_flat.cfm.
- 3 Australian Government Information Management Office. Australian Government Architecture Reference Model. [Internet]. [cited 2012 styczeń]. Available from: http://www.finance.gov.au/e-government/strategy-and-governance/docs/AGA_RM_v3_0.pdf.
- 4 Autonomia programowa uczelni. Ramy kwalifikacji dla szkolnictwa wyższego. [Internet]. [cited 2012 marzec]. Available from: http://www.nauka.gov.pl/fileadmin/user_upload/Finansowanie/fundusze_europejskie/PO_KL/KRK/20101105_Ramy_kw_alifikacji_dla_szk_wyzsz_165x235_int.pdf.
- 5 Bąk J, Jędrzejek C. Semantic Web – technologie, zastosowania, rozwój. [Internet]. [cited 2011 listopa]. Available from: http://www.ploug.org.pl/konf_09/materialy/pdf/17_Semantic_Web_-_technologie.pdf.
- 6 Bertalanffy Lv. Ogólna teoria systemów. Podstawy, rozwój, zastosowania. Warszawa: PWN; 1984.
- 7 Beynon-Davies P. Inżynieria systemów informacyjnych. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne; 2004.
- 8 Biblioteka Narodowa. Dublin Core. [Internet]. [cited 2012 marzec]. Available from: <http://www.bn.org.pl/dla-bibliotekarzy/nfs/metadane/dublin-core>.
- 9 Bloom's Taxonomy. [Internet]. [cited 2012 sierpień]. Available from: <http://www.bloomstaxonomy.org/Blooms%20Taxonomy%20questions.pdf>.
- 10 Bologna Process. [Internet]. [cited 2011 październik]. Available from: <http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/>.
- 11 Braun S, Kunzmann C, Schmidt A. People Tagging and Ontology Maturing: Toward Collaborative Competence Management. In: Randall D., Salembier P. (eds.) From CSCW to Web 2.0: European Developments in Collaborative Design. London: Springer ; 2010. p. 133-154.
- 12 Brzezinska A. Miejsce ewaluacji w procesie kształcenia. In: Brzezinska A. BJ. Ewaluacja procesu kształcenia w szkole wyższej. Poznań: Wydawnictwo; 2000. p. 93-116.
- 13 Cambridge D. Layering Networked and Symphonic Selves: A Critical Role for ePortfolios in Employability through Integrative Learning. Campus-Wide Information Systems. 2008;24(4):244-262.
- 14 Carson II JS. Introduction to modeling and symulation. In: Ingalls R.G. , Rossetti M. D., Smith J. S., Peters B. A. (eds.) Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference; 2004; Washington.
- 15 Cempel C. Nowoczesne zagadnienia metodologii i filozofii badań. Poznań: Instytut Technologii Eksploatacji; 2005.
- 16 Centrum Symulacji i Gier Wojennych. Symulacja. [Internet]. [cited 2012 styczeń]. Available from: http://csikgw.aon.edu.pl/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=24&Itemid=40&lang=pl.
- 17 Ceusters W, Smith B, Flanagan J. Ontology and Medical Terminology: Why

- Description Logics Are Not Enough. [Internet]. [cited 2011 grudzień]. Available from: <http://ontology.buffalo.edu/medo/TEPR2003.pdf>.
- 18 Chanduví DG, Ignacio de los Ríos Carmenado IdLR, Gajardo FG, Torres JG. International models of professional competence certification: a characterization of eight models. In: Selected Proceedings 14th International Congress on Project Engineering. AEIPRO. International Project Management Association (IPMA); 2011; Madryt. p. 51-68.
 - 19 Ciszczyk M. Effectiveness and productivity in the competence management in educational organization. In: Problemy regionalnego i miejskiego zarządzania; 2007; Moskwa.
 - 20 Ciszczyk M. Problematyka procesu zarządzania kompetencjami. In: Metody informatyki stosowanej. Vol 10. Szczecin 2006. p. 173 – 179.
 - 21 Ciszczyk M. Using a simulation model for the learning process management. In: Problemy sterowania bezpieczeństwem systemów złożonych. Moskwa: Wydawnictwo Rosyjskiego Państwowego Uniwersytetu Humanistycznego; 2009. p. 343-345.
 - 22 Ciszczyk M, Kuszina E. Model systemu informatycznego wspierającego realizację procesu nauczania opartego na kompetencjach w środowisku repozytorium wiedzy. In: Januszewski, A. (ed.) Studia i materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą nr 18. Bydgoszcz: Polskie Stowarzyszenie Zarządzania Wiedzą; 2009. p. 45-52.
 - 23 Ciszczyk M, Różewski P, Kuszina E. Definicje i standardy repozytorium wiedzy zbudowanego dla potrzeb prowadzenia procesu nauczania. In: Januszewski, A. (ed.) Studia i materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą nr 18. Bydgoszcz.; Polskie Stowarzyszenie Zarządzania Wiedzą; 2009. p. 53-60.
 - 24 Ciszczyk M, Sikora K, Kuszina E, Zaikin O, Tadeusiewicz R. Didactic process based on the repository system. In: Rudak, L. (ed.) University Information Systems. Selected Problems. Warszawa: Difin; 2010. p. 100-112.
 - 25 Cogent-UKPIA. CMS Competency Management Systems for Downstream and Petroleum Sites. [Internet]. 2011 [cited 2012 wrzesień]. Available from: http://www.cogent-ssc.com/Publications/CMS_Web_Version.pdf.
 - 26 CompTrain - Competence Needs for Formation and Training in Multimedia Jobs. [Internet]. [cited 2011 kwiecień]. Available from: <http://ubique.org/comptrain/>.
 - 27 Corcho O, Fernandez-Lopez M, Gomez-Perez A. Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point? Data & Knowledge Engineering. 2003 41-64.
 - 28 CORDIS. Understand FP7. [Internet]. [cited 2012 luty]. Available from: http://cordis.europa.eu/fp7/understand_en.html.
 - 29 Cybulka J. OWL - język definiowania ontologii w semantycznej sieci WWW, , nr 18, 2004. Pro Dialog. 2004 71-81.
 - 30 Darnton G. Modelling Requirements and Architecting Large-Scale On-Line Competence-Based Learning Systems. In: Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2002); 2002; Kazan, Russia. [cited 2012 marzec]. p. 170-174. Available from: http://lutf.ieee.org/icalt2002/proceedings/t411_icalt119_End.pdf.
 - 31 Dobrowolski D, Grabowska A, Lafourcade P. The Concept of Developing E-learning Repository – Metadata and Group Work. In: Jakab F., Fedak V.(eds.) 5th International Conference on Emerging e-Learning Technologies and Applications; 2007; Koszyce.

- 32 Draganidis F, Mentzas G. Competency based management: a review of systems and approaches. *Information Management & Computer Security*. 2006;14(1):51-64.
- 33 EDM Reference Model Working Group. Guide to the DIA EDM Reference Model, Process Zone: Regulatory-Submissions. [Internet]. [cited 2012 styczeń]. Available from: <http://www.diahome.org/en/News-and-Publications/Publications-and-Research/~~/media/765BF59FECA3454D9D1CBE1B55A59B7B.ashx>.
- 34 EUNIS. [Internet]. [cited 2012 listopad]. Available from: <http://www.eunis.org/index.php/en/>.
- 35 European Commission Education&Training. The Lifelong Learning Programme. [Internet]. [cited 2011 maj]. Available from: http://ec.europa.eu/education/lifelong-learning-programme/doc78_en.htm.
- 36 Fensel D. *Ontologies: A Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce*. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag; 2004.
- 37 Fensel D, van Harmelen F, McGuinness DL, Patel-Schneider PF. OIL: An Ontology Infrastructure for the Semantic Web. *IEEE Intelligent Systems*. 2001;16(2):38-45.
- 38 Fettke P, Loos P. *Reference Modeling for Business Systems Analysis*. USA/United Kingdom: Idea Group Publishing; 2007.
- 39 Fettke P, Loos P, Zwicker J. Business Process Reference Models: Survey and Classification. In: Kindler, E., Nuttgens, M. (eds.) *Proceedings of the Workshop on Business Process Reference Models*; 2005; Nancy, France.
- 40 Filipczyk B, Gołuchowski J. Perspektywy wykorzystania ontologii w procesie przetwarzania języka naturalnego w systemach zarządzania wiedzą. [Internet]. [cited 2011 listopad]. Available from: http://www.swo.ae.katowice.pl/_pdf/288.pdf.
- 41 Fulantelli G, Oprea L. *Sharing Learning Objects in an Open Perspective to Develop European Skills and Competences*. Galati: Europlus Publishing; 2011.
- 42 Gerosa M, Taisch M. A novel Industrial Services Reference Model. In: Thoben, K.D., Pawar, K.S., Goncalves, R. (eds) *The 14th International Conference on Concurrent Enterprising: A New Wave of Innovation in Collaborative Networks*; 2008; Lisbon, Portugal. [cited 2011 wrzesień]. Available from: <http://www.ice-proceedings.org/projects/408/ICE%202008/Products%20and%20Services%20in%20Concurrent%20Enterprising/039%20-%2036%20-%20ICE%202008-INCOCO-v1.01.pdf>.
- 43 Gluhak A, Adoue F. Catalogue of competences- European competence profiles for Multimedia jobs. [Internet]. [cited 2011 październik]. Available from: <http://www.annuaire-formation-multimedia.com/catalogue.pdf>.
- 44 Goczyła K. *Ontologie w systemach informatycznych*. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT; 2011.
- 45 Gomez-Perez A, Fernandez-Lopez M, Corcho O. *Ontological Engineering*. London/Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag; 2004.
- 46 Greenberg L. LMS and LCMS: What's the Difference? [Internet]. [cited 2012 luty]. Available from: http://scripts.cac.psu.edu/staff/g/m/gms/fa07/IST-440W/LMS%20and%20LCMS_%20What's%20the%20Difference_.pdf.
- 47 Gruber TR. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. Technical Report KSL 93-04. [Internet]. 1993 [cited 2011 październik]. Available from: <http://tomgruber.org/writing/onto-design.pdf>.
- 48 Gruber TR, Olsen GR. An ontology for engineering mathematics. [Internet]. [cited 2011 grudzień]. Available from: http://itee.uq.edu.au/~infs3101/_Readings/

- EngMathOnto.pdf.
- 49 Herder E, Koesling A, Olmedilla D, Hummel H, Schoonenboom J, Moghnieh A, Vervenne L. European Lifelong Competence Development: Requirements and Technologies for Its Realisation. [Internet]. [cited 2011 maj]. Available from: http://dspace.ou.nl/bitstream/1820/663/1/sofia_workshop_european_lifelong_competence_development.pdf.
 - 50 Heylighen F. Ontology- introduction. [Internet]. [cited 2011 grudzień]. Available from: <http://pespmc1.vub.ac.be/ONTOLI.html>.
 - 51 Hoogveld AW. The Teacher as Designer of Competency-Based Education. [Internet]. 2003 [cited 2012 grudzień]. Available from: <http://www.netwerkopenhogeschool.org/Docs/Expertise/OTEC/Publicaties/bert%20hoogveld/Hoogveld-thesisgedrukte%20versie.pdf>.
 - 52 HR-HML Consortium. Competencies (Measurable Characteristics). [Internet]. [cited 2011 październik]. Available from: http://ns.hr-xml.org/2_3/HR-XML-2_3/CPO/Competencies.html.
 - 53 Huang SL, Yang CW. Designing a semantic bliki system to support different types of knowledge and adaptive learning. *Computers & Education*. 2009;53:701–712.
 - 54 IAQG. Competence Management Guideline. [Internet]. 2008 [cited 2011 grudzień]. Available from: <http://www.sae.org/iaqg/organization/cmng.pdf>.
 - 55 IEEE Learning Technology Standards Committee, Competency Data Standards Working Group 20. P1484.20.1 Reusable Competency Definitions Draft 11. [Internet]. [cited 2011 grudzień]. Available from: <http://www.ieeeltsc.org:8080/Plone/working-group/competency-data-standards-working-group-20/competency-data-standards-working-group-20>.
 - 56 IMS. IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective - Best Practice and Implementation Guide. [Internet]. [cited 2012 listopad]. Available from: http://www.imsglobal.org/competencies/rdceov1p0/imsrdceo_bestv1p0.html#1434935.
 - 57 Jerez H, Manepalli G, Bianchi C, Lannom LW. ADL-R: The First Instance of a CORDRA Registry. *D-Lib Magazine*. 2006;12(2).
 - 58 JMP. Design of Experiments. North Carolina: SAS Institute Inc.; 2005.
 - 59 Keller JM. First principles of motivation to learn and e3-learning. *Distance Education*. 2008;29(2):175-185.
 - 60 Kelton WD, Sadowski RP, Sadowski DA. Simulation with Arena. Boston : McGraw Hill; 2002.
 - 61 Key Competencies. A developing concept in general compulsory education. [Internet]. 2002 [cited 2012 styczeń]. Available from: <http://promitheas.iacm.forth.gr/i-curriculum/Assets/Docs/Key%20Competences%20Eurydice.pdf>.
 - 62 Kisielnicki J, Sroka H. Systemy informacyjne biznesu. Warszawa: Agencja Wydawnicza Placet; 2001.
 - 63 KIT Organization. The Innovations for Competence Management. [Internet]. [cited 2012 luty]. Available from: <http://pro.phkk.fi/kit/>.
 - 64 Klein-Collins R. Competency-Based Degree Programs in the U.S. [Internet]. 2012 [cited 2012 grudzień]. Available from: http://www.cael.org/pdfs/2012_CompetencyBasedPrograms.
 - 65 Klonowski ZJ. Systemy informatyczne zarządzania przedsiębiorstwem. Modele

- rozwoju i właściwości funkcjonalne. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej; 2004.
- 66 Knight C, Gašević D, Richards G. Ontologies to integrate learning design and learning content. *Journal of Interactive Media in Education*. 2005 1-24.
- 67 Konieczny J. *Podjęcie systemowe*. Warszawa: Wydział Wydawniczy WAT; 1982.
- 68 Koper R, Specht M. Ten-Competence: Lifelong Competence Development and Learning. [Internet]. [cited 2010 kwiecień]. Available from: <http://dspace.ou.nl/bitstream/1820/823/1/11.pdf>.
- 69 Korytkowski P, Zaikin O. Zarządzanie zdolnością produkcyjną w produkcji niematerialnej. In: Straszak, A., Owiński, J. W. (eds.) *Badania Operacyjne i Systemowe 2004. Na drodze do społeczeństwa wiedzy*. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT; 2004. p. 207-217.
- 70 Korzyński M. *Metodyka eksperymentu : planowanie, realizacja i statystyczne opracowanie wyników eksperymentów technologicznych*. Warszawa: Wydawnictwo naukowo-techniczne; 2006.
- 71 Krupa K. *Teoria zmian organizacyjnych przedsiębiorstw ery informacji (wybrane aspekty i narzędzia)*. Rzeszów: Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego; 2006.
- 72 KSL. Chimaera. [Internet]. [cited 2011 październik]. Available from: <http://www.ksl.stanford.edu/software/chimaera/>.
- 73 Kuraś M. System informacyjny-system informatyczny. Co poza nazwą różni te dwa obiekty? [Internet]. [cited 2012 styczeń]. Available from: https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:TUuqBFYQfmUJ:ki.ae.krakow.pl/zajaca/artykulyMQ/SI-vs-SIT.pdf+mi%C4%99kka+metodyka+system%C3%B3w&hl=pl&gl=pl&pid=bl&srcid=ADGEESjOR8TZorlnWZ949tjAubSqHfC0LhJMz06BZ7eSYKYdPr1Gh20o90zSgFY-itgd6TvAJ_hZi1-t7WAGcbztAd7.
- 74 Kusztina E. *Koncepcja otwartego systemu informacyjnego nauczania zdalnego*. Szczecin: Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej; 2006.
- 75 Kusztina E, Różewski P, Ciszczyk M, Sikora K. Struktura ontologii jako narzędzie opisu wiedzy dziedzinowej. *Metody informatyki stosowanej*. 2007;12(2):73-88.
- 76 Kusztina E, Zaikin O, Ciszczyk M, Tadeusiewicz R. Quality factors for knowledge repository: based on e-Quality project. In: *EUNIS 2008*, dostęp online: <http://eunis.dk/>; 2008; Aarhus, Dania.
- 77 Kusztina E, Zaikin O, Tadeusiewicz R. The research behavior/attitude support model in open learning systems. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences*. 2010;58(4):705-711.
- 78 Lenzion JP, Stankiewicz-Mróż A. *Wprowadzenie do organizacji i zarządzania*. Kraków: Oficyna Ekonomiczna; 2005.
- 79 Levy-Leboyer C. *Kierowanie kompetencjami*. Warszawa: Poltex; 1997.
- 80 Lin Q. Preservice teachers' learning experiences of constructing e-portfolios online. *Internet and Higher Education*. 2008;11:194-200.
- 81 Lindgren R. *Competence Systems*. Doctoral Dissertation. Göteborg: Viktoria Institute and Department of Informatics, Göteborg University; 2002. 23.
- 82 Lindgren R. Competence Visualizer: Generating Competence Patterns of Organizational Groups. *Journal of Information & Knowledge Management*. 2002;4(1):1-13.

- 83 Listwan T. (ed.). *Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu*. Nr 1032-Sukces w zarządzaniu kadrami. Wrocław: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego; 2004.
- 84 Lobanova T, Shunin Y. Competence-based education – a common european strategy. *Computer Modelling and New Technologies*. 2008;12(2):45–65.
- 85 Loom Ontosaurus. [Internet]. [cited 2012 marzec]. Available from: <http://www.isi.edu/isd/ontosaurus.html>.
- 86 Ludwicyński, A. (ed.). *Szkolenie i rozwój pracowników a sukces firmy*. Warszawa: Polska Fundacja Promocji Kadr-Zarząd; 1999.
- 87 M 8.1 Competence Observatory, Overview Tool, Agents, Games and Network Management. [Internet]. [cited 2010 grudzień]. Available from: <http://dspace.ou.nl/bitstream/1820/880/4/Milestone%208.1.pdf>.
- 88 Maedche A. *Ontology learning for the Semantic Web*. Boston: Kluwer Academic Publishers; 2002.
- 89 Malinowska M, Kuzstina E, Zaikin O. Model sieci produkcyjnej dla zadań zarządzania wiedzą. [Internet]. [cited 2012]. Available from: przyjęty do druku (<http://www.eduakcja.eu/>).
- 90 Małachowski B. Zintegrowany model podejmowania decyzji o doborze kompetentnych partnerów do projektu badawczego. Rozprawa doktorska. Wydział Informatyki, Politechnika Szczecińska; 2008.
- 91 Małachowski B, Różewski P, Zaikin O. Competence Modelling Tool for Enterprise Knowledge Management. *Management and Production Engineering Review*. 2011;2(2):22-28.
- 92 Martineau P. Teaching with Technology. *The Education Digest*. 2009;74(7):14-18.
- 93 Martinez A, Dimitriadisb Y, Rubiac B, Gomez E, de la Fuentea P. Combining qualitative evaluation and social network analysis for the study of classroom social interactions. *Computers & Education*. 2003;41:353-368.
- 94 Massachusetts Institute of Technology. MIT OpenCourseWare. [Internet]. [cited 2012 styczeń]. Available from: <http://ocw.mit.edu/OcwWeb/web/home/home/index.htm>.
- 95 Materiały dydaktyczne przygotowane w ramach projektu: Opracowanie programów nauczania na odległość na kierunku studiów wyższych – Informatyka. [Internet]. [cited 2012 styczeń]. Available from: http://wazniak.mimuw.edu.pl/index.php?title=Strona_g%C5%82%C3%B3wna.
- 96 McClelland D. Testing for competence rather than for intelligence. *American Psychologist Journal*. 1973;28:1-14.
- 97 Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Krajowe Ramy Kwalifikacji. [Internet]. [cited 2012 kwiecień]. Available from: <http://www.nauka.gov.pl/finansowanie/fundusze-europejskie/program-operacyjny-kapital-ludzki/krajowe-ramy-kwalifikacji/>.
- 98 Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Opracowanie i upowszechnienie krajowych standardów kwalifikacji zawodowych. [Internet]. 2006 [cited 2012 wrzesień]. Available from: <http://www.mpips.gov.pl/praca/programy/projekt-spo-rzl-8222opracowanie-i-upowszechnienie-krajowych-standardow-kwalifikacji-zawodowych8221/>.
- 99 Ministerstwo Rozwoju Regionalnego. Program Operacyjny Kapitał Ludki - Narodowe Strategiczne Ramy Odniesienia 2007–2013. [Internet]. [cited 2012 luty]. Available from: <http://www.efs.gov.pl/Dokumenty/Lists/Dokumenty%20programowe/Attachments/87>

- /POKL_zatwierdzony_7092007.pdf.
- 100 Modeling and Measurement of Competencies in Higher Education. [Internet]. [cited 2012 luty]. Available from: http://www.competence-in-higher-education.com/program_en.html.
 - 101 Mulawka JJ. Systemy ekspertowe. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne; 1997.
 - 102 Mulder M. Competence-based Education – about frequently asked questions. In: Workshop on Competence-Based Horticulture Education at JUCAVM; 2008; Jimma. p. 1-9.
 - 103 Nachmias R, Leiba M, Ram J. European Virtual N2L University (EVNU) – educational exchange in Nano2Life – a network of excellence. [Internet]. [cited 2011 listopad]. Available from: <http://www.nano2life.org/download/evenu.pdf>.
 - 104 Neches R, Fikes RE, Finin T, Gruber TR, Senator T, Swartout WR. Enabling technology for knowledge sharing. AI Magazine. 1991 36-56.
 - 105 No NF, Musen MA. The PROMPT Suite: Interactive Tools For Ontology Merging And Mapping. International Journal of Human-Computer Studies. 2003;59(6):983-1024.
 - 106 Novikov DA, Shokhina TE. Incentive Mechanisms in Dynamic Active Systems. Automation and Remote Control. 2003;64(12):1912-1921.
 - 107 Okoń W. Wprowadzenie do dydaktyki ogólnej. Warszawa: Wydawnictwo Żak; 1998.
 - 108 Ontolingua Server. [Internet]. [cited 2012 marzec]. Available from: <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/>.
 - 109 Organization of American States. Assessment in competency based education. [Internet]. 2006 Available from: http://www.moe.gov.tt/Docs/ICIU/CBET_Assessment.pdf.
 - 110 Paralič J, Babič F, Wagner J, Bednár P, Paralič M. KP-Lab System for the Support of Collaborative Learning and Working Practices, Based on Triological Learning. Informatica: an International Journal of Computing and Informatics. 2010;34(3):341-351.
 - 111 Piegat A. Materiały dydaktyczne z przedmiotu "Metody sztucznej inteligencji". 2009.
 - 112 Pogorzelski W. Teoria systemów i metody optymalizacji. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej; 1996.
 - 113 Posiadły-Marczkowska T, Guzik A. Ontologia mammografii - struktura modelu definicje i instancje pojęć. [Internet]. [cited 2011 wrzesień]. Available from: http://www.bams.cm-uj.krakow.pl/bams_pdf/247-252_podsiadly-marczykowska.pdf.
 - 114 Protege. [Internet]. [cited 2012 marzec]. Available from: <http://protege.stanford.edu/>.
 - 115 Przyłuska J. Repozytorium – magazyn dokumentów czy wirtualna społeczność? [Internet]. [cited 2012 styczeń]. Available from: http://eprints.rclis.org/bitstream/10760/11855/1/Przyluska_Jolanta_Repozytorium.pdf.
 - 116 Ren H, Tian J, Wierzbicki YAP, Nakamori Y, Klimasara E. Ontology construction and its applications in local research communities. In: Dolk, D., Granat J. (eds.) Modeling for Decision Support in Network-Based Services. The Application of Quantitative Modeling to Service Science, Lecture Notes in Business Information Processing 42(4). Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag; 2012. p. 279-317.
 - 117 Rosemann M, Schütte R. Multiperspektivische Referenzmodellierung. In: Becker, J., Rosemann, M., Schütte, R. (eds.), Referenzmodellierung. Heidelberg: Physica-Verlag;

1999. p. 22-44.
- 118 Ross KA, Wright ,CR. *Matematyka dyskretna*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN; 2001.
- 119 Rozdział VII. Eksperymenty diagnostyczne. [Internet]. [cited 2012 styczeń]. Available from: <http://zpid.utp.edu.pl/e-ksiazki/5/R7.PDF>.
- 120 Różewski P. Model of Intangible Production Network for Competence Development. In: Xiong H., Lee W.B. (eds.) *Knowledge Science, Engineering and Management*. Berlin – Heidelberg – New York: Springer-Verlag; 2011. p. 246-256.
- 121 Różewski P, Ciszczyk M. Model of a collaboration environment for knowledge management in competence based learning. In: Kowalczyk, R. (Ed.) *Computational Collective Intelligence: Semantic Web, Social Networks and Multiagent Systems*, LNAI 5796. Heidelberg: Springer-Verlag; 2009. p. 333-344.
- 122 Różewski P, Kusztina E, Tadeusiewicz R, Zaikin O. *Intelligent Open Learning Systems: Concepts, models and algorithms*. Berlin/Heidelberg: Springer; 2011.
- 123 Różewski P, Kusztina E, Zaikin O. *Modele i metody zarządzania procesem Otwartego nauczania zdalnego*. Warszawa- Szczecin: Instytut Badań Systemowych PAN; 2008.
- 124 SABA. SABA-case study. [Internet]. 2007 [cited 2012 listopad]. Available from: http://www.saba.com/downloads/case-studies/saba_cs_swedbank.pdf.
- 125 Salomon M. *Strategia szkolenia pracowników*. Warszawa: PWN; 1997.
- 126 Saltz JS, Hiltz SR, Turoff M, Passerini K. Increasing Participation in Distance Learning Courses. *IEEE Internet Computing*. 2007;11(3):36-44.
- 127 Sampson D, Fytros D. Competence Models in Technology-Enhanced Competence-Based Learning. In: Adelsberger, H.H., Kinshuk, Pawlowski, J.M., Sampson, D. (eds.) *Handbook on Information Technologies for Education and Training*. Heidelberg: Springer-Verlag; 2008. p. 155-177.
- 128 Sanchez-Alonso S, Frosch-Wilke D. An Ontological Representation of Competencies as Codified Knowledge. [Internet]. [cited 2011 wrzesień]. Available from: http://www.cc.uah.es/ssalonso/papers/Sanchez_FroschWilke_CompeterenciesBook.pdf.
- 129 Sandpiper software. [Internet]. [cited 2012 marzec]. Available from: <http://www.sandsoft.com/products.html>.
- 130 Scheer AW, Jost W, Güngöz Ö. A Reference Model for Industrial Enterprises. [Internet]. 2007 [cited 2011 listopad]. Available from: http://www.bpm-agu.com/publications/Reference_model_for_industrial_enterprises.pdf.
- 131 Scheer AW, Nüttgens M. ARIS Architecture and Reference Models for Business Process Management. In: van der Aalst, W.M.P.; Desel, J.; Oberweis, A. (eds.) *Business Process Management - Models, Techniques, and Empirical Studies*, LNCS 1806. Berlin 2000. p. 366-379.
- 132 Schmidt A, Kunzmann C. Towards a Human Resource Development Ontology for Combining Competence Management and Technology-Enhanced Workplace Learning. Berlin Heidelberg: Springer; 2006. p. 1078--1087.
- 133 SCORM. [Internet]. [cited 2012 marzec]. Available from: <http://web.archive.org/web/20071224133003/http://www.adlnet.gov/scorm/>.
- 134 Scottish Credit and Qualifications Framework. [Internet]. 2012 [cited 2012 styczeń]. Available from: <http://www.sqa.org.uk>.
- 135 Semantic Web. Ontology Engineering. [Internet]. [cited 2012 marzec]. Available from: http://semanticweb.org/wiki/Ontology_Engineering.

- 136 Sicilia MA. Ontology-Based Competency Management: Infrastructures for the Knowledge-intensive Learning Organization. [Internet]. [cited 2012 styczeń]. Available from: http://www.cc.uah.es/msicilia/papers/SICI_COMP_05.pdf.
- 137 Sikora K, Ciszczyk M, Różewski P. Zapewnienie standardów kompetencji w procesie nauczania w warunkach ODL. In: Materiały z X Konferencji i Warsztatów „Uniwersytet Wirtualny: Model, Narzędzia i Praktyka” ; 2010; Warszawa.
- 138 Sims R. Rethinking (e)learning: a manifesto for connected generations. *Distance Education*. 2008;29(2):153-164.
- 139 Sitthisak O, Gilbert L, Davis HC, Gobbi M. Adapting health care competencies to a formal competency model. In: 7 th International Conference on Advanced Learning Technologies - ICALT ; 2007; Niigata, Japan. p. 172-174.
- 140 SKM Symposium. Competence-based Strategic Management. [Internet]. [cited 2012 luty]. Available from: <http://www.skm2011.org/index.php>.
- 141 Smith B. Ontology and Information Systems. [Internet]. [cited 2011 grudzień]. Available from: [http://ontology.buffalo.edu/ontology\(PIC\).pdf](http://ontology.buffalo.edu/ontology(PIC).pdf).
- 142 Sosińska-Kalata B. Tezaurusy w zmieniającym się środowisku wyszukiwania informacji. [Internet]. [cited 2011 styczeń]. Available from: <http://bbc.uw.edu.pl/Content/3/11.pdf>.
- 143 SPMP. National Competence Baseline-polskie wytyczne kompetencji IMPA-wersja 3.0. [Internet]. [cited 2012 lipiec]. Available from: [http://www.projekty.pw.plock.pl/NCB_v3_PL\[1\].pdf](http://www.projekty.pw.plock.pl/NCB_v3_PL[1].pdf).
- 144 Stretton A. Australian competency standards. *International Journal of Project Management*. 1995;13(2):119–123.
- 145 Studer R, Benjamins VR, Fensel D. Knowledge Engineering: Principles and Methods. *Data and Knowledge Engineering*. 1998 161-197.
- 146 Swedish Standard Institute. Competence management systems – Requirements. [Internet]. Stockholm 2002 [cited 2012 wrzesień]. Available from: <http://www.cnis.gov.cn/kjzy/kyly/zlgl/yjdt/201111/P020111110436673986771.pdf>.
- 147 Szymczak M. Modelowanie przy pomocy technologii ontologicznych. [Internet]. [cited 2011 październik]. Available from: http://www.ibspan.waw.pl/~paprzyck/mp/cvr/research/agent_papers/Szymczak_MS_2006.pdf.
- 148 Śmiałkowska B. Metoda dopasowania hurtowni danych do zmiennych potrzeb informacyjnych przedsiębiorstwa. Szczecin: Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie; 2009.
- 149 Tadeusiewicz, R; Choraś, R S; Rudowski, R (eds.). *Leksykon haseł związanych z e-nauczaniem*. Łódź: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Humanistyczno-Ekonomicznej; 2007. p. 16.
- 150 TENCompetence Foundation. TENCompetence project. [Internet]. [cited 2011 grudzień]. Available from: <http://tencompetence-project.bolton.ac.uk/>.
- 151 Tennison J, Shadbolt NR, O'hara K. APECKS: a Tool to Support Living Ontologies. *International Journal of Human-Computer Studies*. 2002;56(4):375–422.
- 152 The Directory of Open Access Repositories - OpenDOAR. [Internet]. <http://www.opendoar.org/> [cited 2012 kwiecień]. Available from: <http://www.opendoar.org/>.
- 153 The European Higher Education Area (EHEA). [Internet]. [cited 2012 styczeń]. Available from: <http://www.ehea.info/>.

- 154 The European Qualifications Framework for Lifelong Learning. [Internet]. [cited 2012 marzec]. Available from: http://ec.europa.eu/education/pub/pdf/general/eqf/leaflet_en.pdf.
- 155 The Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH). [Internet]. [cited marzec 2012]. Available from: <http://www.openarchives.org/pmh/>.
- 156 Thomas O. Reference Model Management. In: Kelly G. (ed.) Selected Readings on Information Technology Management. Contemporary Issues. USA/United Kindom: IGI Global; 2009. p. 1-18.
- 157 Thomas O. Understanding the Term Reference Model in Information Systems Research: History, Literature Analysis and Explanation. In: Kindler, E., Nuttgens, M. (eds.) Proceedings of the Workshop on Business Process Reference Models; 2005; Nancy, France.
- 158 Transbaltic. Competence management system – a tool to adjust professional qualifications to the changing demands in harbour logistics. [Internet]. 2012 [cited 2012 październik]. Available from: <http://www.transbaltic.eu/wp-content/uploads/2012/09/Brochure-task-5.4-Competence-management-system.pdf>.
- 159 Tuning Educational Structures in Europe. [Internet]. [cited 2011 październik]. Available from: <http://www.unideusto.org/tuningeu/>.
- 160 TUNING Educational Structures in Europe. [Internet]. [cited 2011 kwiecień]. Available from: <http://www.unideusto.org/tuningeu/>.
- 161 Uschold M, King M, Moralee S, Yann. The Enterprise Ontology. [Internet]. 1997 [cited 2011 czerwiec]. Available from: <http://www.aiai.ed.ac.uk/project/oplan/documents/1998/98-ker-ent-ontology.pdf>.
- 162 Vukmirovic M, Paprzycki M, Szymczak M. Designing ontology for the Open Travel Alliance airline messaging specification. [Internet]. [cited 2011 październik]. Available from: http://www.ibspan.waw.pl/~paprzyck/mp/cvr/research/agent_papers/IS_L_2006_air.pdf.
- 163 W3C. OWL 2 Web Ontology Language. [Internet]. [cited 2011 listopad]. Available from: <http://www.w3.org/TR/2009/WD-owl2-overview-20090327/>.
- 164 Walkowiak R. Zarządzanie zasobami ludzkimi: kompetencje, nowe trendy, efektywność. Toruń: Wydawnictwo TNOiK; 2007.
- 165 Wang HF, Wang CH. Modelling of optimal expansion of a fuzzy competence set. International Transactions in Operational Research. 1998;5(5):413-424.
- 166 WebOnto. [Internet]. [cited 2012 marzec]. Available from: <http://projects.kmi.open.ac.uk/webonto/>.
- 167 Whiddett S, Hollyforde S. Modele kompetencyjne w zarządzaniu zasobami ludzkimi. Kraków: Oficyna Ekonomiczna; 2003.
- 168 Wiśniewski Z, Pochtowski A, eds. Zarządzanie zasobami ludzkimi w warunkach nowej gospodarki. Kraków: Oficyna Ekonomiczna; 2004.
- 169 Woodruffe C. Ośrodki oceny i rozwoju. Narzędzia analizy i doskonalenia kompetencji pracowników. Kraków: Oficyna Ekonomiczna; 2003.
- 170 WU J. A Framework for Ontology-Based Knowledge Management System. [Internet]. 2012 [cited 2012 styczeń]. Available from: <http://www.iiasa.ac.at/~marek/ftppub/Pubs/csm05/wu.pdf>.
- 171 Yu PL, Zhang D. A foundation for competence set analysis, Mathematical Social Sciences 20(1990), 1990. Mathematical Social Sciences. 1990;20:251-299.

- 172 Zaczyński W. Proces kształcenia. In: Pomykało W. Encyklopedia pedagogiczna. Warszawa: Fundacja Innowacja; 1993. p. 626.
- 173 Zaliwski A. Korporacyjne bazy wiedzy. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne; 2000.