



**Instytut Badań Systemowych
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**

**Przemysław Różewski
Emma Kusztna
Oleg Zaikin**

**Modele i metody zarządzania
procesem
Otwartego nauczania zdalnego**

Warszawa - Szczecin 2008

**Przemysław Różewski
Emma Kuszina
Oleg Zaikin**

**Modele i metody zarządzania
procesem
Otwartego nauczania zdalnego**

Autorzy poszczególnych rozdziałów.

Wprowadzenie: Emma Kuztina

Rozdział 1: Przemysław Różewski, Emma Kuztina

Rozdział 2: Emma Kuztina, Przemysław Różewski

Rozdział 3: Przemysław Różewski

Rozdział 4: Emma Kuztina

Rozdział 5: Przemysław Różewski

Rozdział 6: Przemysław Różewski, Emma Kuztina, Oleg Zaikin

Rozdział 7: Emma Kuztina, Przemysław Różewski

Rozdział 8: Emma Kuztina, Oleg Zaikin, Przemysław Różewski

Zakończenie: Przemysław Różewski



**INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**

**Przemysław Różewski
Emma Kusztna
Oleg Zaikin**

**Modele i metody zarządzania
procesem
Otwartego nauczania zdalnego**

Warszawa - Szczecin 2008

**INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**

Seria: BADANIA SYSTEMOWE, tom 61

Redaktor naukowy:

Prof. dr hab. inż. Jakub Gutenbaum



**INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**

**Przemysław Różewski
Emma Kusztnina
Oleg Zaikin**

**Modele i metody zarządzania
procesem
Otwartego nauczania zdalnego**

Warszawa - Szczecin 2008

© Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 2008

© Politechnika Szczecińska, Wydział Informatyki
Szczecin 2008

Recenzenci:

Prof. dr hab. inż. Olgierd Hryniewicz

Prof. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz

Wydawca: Instytut Badań Systemowych PAN
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa
Sekcja Informacji Naukowej i Wydawnictw
Tel. 837-68-22

Druk: Pracownia Poligraficzna
Wydział Informatyki
Politechnika Szczecińska
ul. Żołnierska 49, 71-210 Szczecin

Nakład 500. Ark. druk. 28,12
Maj 2008 r.

ISBN 9788389475169
ISSN 0208-8029

Wprowadzenie

Otwarte i Zdalne Nauczanie (ang. *Open and Distance Learning – ODL*) jest zupełnie nowym sposobem działania organizacji edukacyjnych mającym na celu przyspieszenie i sprecyzowanie procesu aktualizacji wymaganych kompetencji na wspólnym europejskim rynku pracy (Kushtina, 2006). Podejście to ma na uwadze nie tylko zakres wiedzy i umiejętności wymaganych na określonym stanowisku roboczym, ale co jest najważniejsze, rozwój kadry inżynierskiej i badawczej. Troska o zwiększenie tempa aktualizacji wiedzy wynika z tego, że rozpoczynając od lat 80-tych XXI wieku Europa boryka się w coraz większym stopniu z problemami technologicznymi, ekologicznymi i ekonomicznymi o charakterze globalnym. Rozwiązanie tych problemów wychodzi poza granicę istniejących i najczęściej wykorzystywanych metod ich rozwiązania – w przemyśle potrzebne są nowe rozwiązania działające szybszej i bezpieczniej, istnieje konieczność skrócenia drogi od wynalazku do wdrożenia, co przekłada się na potrzebę zastosowania nowych sposobów organizacji funkcjonowania struktur przemysłowych, finansowych oraz socjalnych. W pracach A. Straszaka (Straszak, 2006), P. Sienkiewicza (Sienkiewicz, 2004), R. Tadeusiewicza (Tadeusiewicz, 2002) i wielu innych autorów zostały pokazane i przeanalizowane ilościowo przyczyny i tendencje tego zjawiska. Gospodarka oparta na wiedzy wymaga specjalistów przygotowanych do ciągłego przyswajania i generowania nowej wiedzy na podstawie analizy pojawiających się innowacji oraz zmieniających się warunków geopolitycznych, przyrodniczych, społecznych itp.

W tym kontekście konieczne staje się postawienie pytań: jaka jest rola w tej nowej sytuacji instytucji edukacyjnych, czy mają one możliwość przyspieszenia tempa procesu przygotowania nowej kadry o unowocześnionych kompetencjach, czy mogą one zapewnić dla każdego specjalisty korzystne warunki realizacji samodzielnego rozwoju w trybie „uczenia się przez całe życie”.

Generalnie rzecz biorąc, cały system i każda odrębna organizacja edukacyjna w miarę wchodzenia społeczeństwa w strefę globalizacji, potrzebują określenia nowego paradygmatu działania, misji i sposobów jej realizacji. Przyspieszony rozwój wiedzy może prowadzić do tego, że z biegiem czasu wiedza specjalisty ulega dezaktualizacji. Jest to zjawisko niepożądane i należy je wyeliminować tak, by wiedza specjalisty przyswajana po zakończeniu szkoły wyższej nie straciła swojej aktualności po kilku latach pracy zawodowej.

Powstaje pytanie, czy nabywanie aktualnej wiedzy jest przedmiotem tylko i wyłącznie zainteresowań indywidualnych czy całego społeczeństwa i jego instytucji?

Absolutna rola konkurencyjności jako głównego ogniwa rozwoju każdej jednostki gospodarczej oraz całości gospodarki nie odpowiada już celom rozwoju społeczeństwa. Bankructwo dużej firmy z powodu nie sprostanania wymaganiom konkurencji nie tylko wywołuje szereg problemów socjalnych, ale również prowadzi do straty bardzo poważnego kapitału – zgromadzonego i usystematyzowanego przez kadry i system zarządzania firmy – zasobu wiedzy. Wartość tego kapitału i korzyści z niego płynące stanowią znaczącą część wspólnego zasobu wiedzy należącego dla całego społeczeństwa. Wynika z tego, że przy obecnym stanie integracji i globalizacji wszystkich stron naszego życia, biorąc pod uwagę tylko i wyłącznie konkurencyjność, nie można mieć gwarancji dalszego postępu w organizacji współdziałania różnorodnych jednostek gospodarki kraju lub też Unii Europejskiej.

Zadanie zachowania nieulotności wspólnego kapitału wiedzy staje się ważnym problemem badawczym. Analiza podejść stosowanych w przypadku innych współdzielonych zasobów takich jak np. zbiorniki wodne, przestrzeń lotnicza pokazuje, że punktem wyjścia w każdej sytuacji jest tworzenie odpowiedniego systemu zarządzania obejmującego różne

aspekty wykorzystania zasobów (od podstaw prawnych do zasad technologicznych). Gwarancją przechowywania i możliwości wykorzystania wspólnego zasobu wiedzy powinna być również wspierana przez odpowiedni system zarządzania, dla którego zasób wiedzy występuje jako obiekt zarządzania. Głównym celem takiego systemu powinna stać się koordynacja współdziałania jednostek społecznych i gospodarczych, które tworzą i wykorzystują zasoby wiedzy. Konkurencja w takim przypadku nie straci swojej roli, tylko zmieni swoje uwarunkowania końcowe: nie tylko zysk, ale również dobra pozycja jednostki na skali objętości i aktualności tworzonej i wykorzystanej przez nią wiedzy.

Dyskutowanemu problemowi, do tej pory, została poświęcona duża uwaga zarówno ze strony organizacji rządowych różnej rangi jak i od strony instytucji badawczych. Nie zmienia to faktu, że główny ciężar przygotowania kwalifikowanej kadry inżynierskiej był i nadal będzie ponoszony przez uczelnie wyższe. Globalizacja pod każdym względem ustanawia nowe warunki koegzystencji dla szkół wyższych. Po usankcjonowaniu koncepcji Otwartego i Zdalnego Nauczania przez UNESCO (Patru i Khvilon, 2002) oraz po powstaniu Procesu Bolońskiego prawie każda jednostka edukacyjna ma przed sobą postawione wyzwanie sprostania wymaganiom operatywnego reagowania na zmiany w otoczeniu społecznym i kapitale wiedzy.

Otwarte i Zdalne Nauczanie jest zupełnie nową koncepcją organizacji nauczania w szkołach wyższych Unii Europejskiej. Podstawowa jej idea została przedstawiona w Deklaracji Bolońskiej. Wdrożenie każdej koncepcji dotyczącej nowego sposobu organizacji funkcjonowania systemu społecznego wymaga precyzyjnej analizy struktury przyszłego systemu jako obiektu zarządzania. Złożoność i skala działania ODL determinuje opracowanie odpowiedniego informacyjnego systemu nauczania, który łączy cechy tradycyjnie rozumianego pojęcia nauczania zdalnego (ang. *Distance Learning*) oraz jego nowego bardziej szerokiego ujęcia – nauczania otwartego (ang. *Open Learning*). W niniejszej pracy zostanie użyty termin Otwarty System Nauczania Zdalnego (OSNZ), mając na myśli odpowiedni system informacyjny.

OSNZ jest ideą stworzenia takiego systemu nauczania, który będzie umożliwiał poprzez sieć teleinformacyjną naukę na uniwersytetach Unii Europejskiej każdemu studentowi nie tylko niezależnie od aktualnego miejsca zamieszkania, ale również według własnej, personalizowanej drogi nauczania, co jest znacznym rozszerzeniem tradycyjnie rozumianego nauczania zdalnego.

Reasumując, możemy przyjąć, że OSNZ może być traktowany jako system informacyjny, który przeznaczony jest do zarządzania procesem otwartego nauczania zdalnego, prowadzonego przez dowolną organizację edukacyjną, spełniającą warunki Deklaracji Bolońskiej. Ze względu na wymagany stopień elastyczności takiego systemu nauczania oraz w związku z koniecznością bezpośredniej jego orientacji na wymagania rynku pracy i technologii, OSNZ jest nową klasą systemów informacyjnych nauczania. Powodzenie w opracowaniu koncepcji OSNZ pozwoli opracować metodykę wdrażania idei Deklaracji Bolońskiej w każdej organizacji edukacyjnej i jednocześnie posłuży za podstawę do określenia jakości organizacji procesu edukacyjnego.

Książka integruje swoim zasięgiem problemy nauczania ODL, które są rozpatrywane na tle zmieniającego się stanu społeczeństwa, obejmując cały zakres zagadnień, poczynając od informatycznych, a kończąc na społecznych. Wstępne rozważania, zawarte w *rozdziale pierwszym*, definiują pojęcie jakości na tle zagadnienia ODL. Zmiana organizacji edukacyjnej na przełomowym etapie przejścia od tradycyjnie rozumianego nauczania na odległość do ODL powoduje powstanie nowego paradygmatu działania instytucji edukacyjnej. Poszczególne aspekty wpływające na nowe oblicze organizacji edukacyjnej opisane są w *rozdziale drugim*. Nowa organizacja zmienia wymiarowość poszczególnych aspektów procesów składających się na działanie organizacji edukacyjnej. Dyskutowany problem

w swojej naturze jest skomplikowany, ponieważ organizacja edukacyjna zachowując własną misję nabiera cech przedsiębiorstwa działającego na tworzącym się globalnym rynku usług kształcenia.

Globalny system nauczania będzie opierał się na kooperacji, która potrzebuje standaryzacji w szerokim zakresie (produkty końcowe, procesy, struktury organizacyjne, środki komunikacji, itd.), co zostało opisane w *rozdziale trzecim*. Struktura organizacyjna oraz zasady funkcjonowania w największym stopniu odwzorują zmiany paradygmatu działania organizacji edukacyjnych, stąd też wynika konieczność ich standaryzacji. Przykładem takiego podejścia, stosownym w przemyśle, są standardy MRP. W *rozdziale czwartym* zostały przedstawione wyniki wykonanej analizy systemowej, która pozwoliła opisać hierarchiczną strukturę układów podsystemów, funkcji i modułów oraz model funkcyjny informacyjnego systemu zarządzania organizacją edukacyjną wspierający ODL.

W dalszej części książki zostały rozpatrzone problemy wykorzystania wiedzy eksperta. Tradycyjnie ekspert w kontekście systemów informacyjnych rozpatrywany był tylko i wyłącznie jako źródło wiedzy, która później przekształcana była do postaci modelu wiedzy przez inżyniera wiedzy. W *rozdziale piątym* jednak obiektem badań jest nie tylko wiedza eksperta, ale co ważniejsze struktura jego pamięci traktowana jako mechanizm gromadzenia i przetwarzania wiedzy. Celem jest zrozumienie jak zmieniają się struktury pamięci w czasie i jak można ten proces reprezentować systemowo w celu zastąpienia nauczyciela w nauczaniu asynchronicznym. Zastosowanie nowego podejścia informatycznego, które bada intelekt eksperta wykonującego podczas swojej pracy ciąg inteligentnych operacji, pozwala na opracowanie architektury systemu reprezentacji i przekazywania wiedzy opisanego w *rozdziale szóstym*.

Walidacja koncepcji przedstawionego w książce rozszerzonego ontologicznego modelu wiedzy wymaga opracowania efektywnego środowiska wymiany pomiędzy różnymi typami wiedzy. Przedstawiona w *rozdziale siódmym* koncepcja laboratorium wirtualnego pozwala na symulację i analizę procesów jakie zachodzą podczas nabywania przez studenta nowej wiedzy.

Wszystkie etapy tworzenia i przetwarzania wiedzy przez: ekspertów, nauczycieli, studentów i autorów materiałów dydaktycznych odbywają się w środowisku sieciowym. Dodatkowo, materiały dydaktyczne opracowane według modelu ontologicznego, repozytorium wiedzy traktowane jako baza materiałów dydaktycznych, programy nauczania uwzględniające personalizowaną ścieżkę nauczania, są nowymi produktami końcowymi, które są tworzone i dystrybuowane w wyniku kooperacji obywatelskiej się również w środowisku sieciowym. Sytuacja taka wymaga traktowania środowiska sieciowego jako produkcyjnej sieci produkcji niematerialnej, której organizacja potrzebuje optymalizacji ze względu na ograniczenia czasowe i kosztowe. W *rozdziale ósmym* zostało przedstawione podejście do opracowania odpowiedniego modelu optymalizacyjnego.

Bibliografia

- Kushtina E. (2006). Koncepcja otwartego systemu informacyjnego nauczania zdalnego, Wydawnictwo Politechniki Szczecińskiej, Szczecin.
- Patru M., Khvilon E. (Red.) (2002), Open and distance learning: trends, policy and strategy considerations, dokument UNESCO, kod: ED.2003/WS/50.
- Sienkiewicz P. (2004), Przewaga informacyjna w walce i biznesie, W: Straszak A., Owsiński J. (Red.), Badania operacyjne i systemowe 2004: Na drodze do społeczeństwa wiedzy, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 107-113.
- Straszak A. (2006), Badania operacyjne i systemowe w wysoce z informatyzowanej globalnej gospodarce, W: E. Urbańczyk, A. Straszak, J. Owsiński (Red.), Badania operacyjne i systemowe 2006: Analiza systemowa w globalnej gospodarce opartej na wiedzy: e-Wyzwania, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 31-55.
- Tadeusiewicz R. (2002). Społeczność Internetu, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa.

6. Architektura i struktura systemu informatycznego reprezentacji i przekazywania wiedzy

6.1. Wstęp

W niniejszym rozdziale został postawiony cel badawczy, którym jest opracowanie metody projektowania modułu LMS/LCMS formułowania i przekazywania porcji wiedzy edukacyjnej w informatycznym systemie zdalnego nauczania. Przedstawione rozważania oparto na obserwacji mówiącej, że przy określonym konceptualnym schemacie dziedziny i celach nauczania, wykorzystanie zasad kognitywistyki i teorii grafów umożliwia formalizację i automatyzację elementów systemu informatycznego reprezentacji i przekazywania wiedzy, spełniając wymagania standardu SCORM.

Zbudowanie modułu systemu nauczania zdalnego, realizującego postawione w celu zadanie, należy oprzeć na rozważaniu zagadnień sformułowanych w rozdziale 5. Problem został podzielony na dwie części:

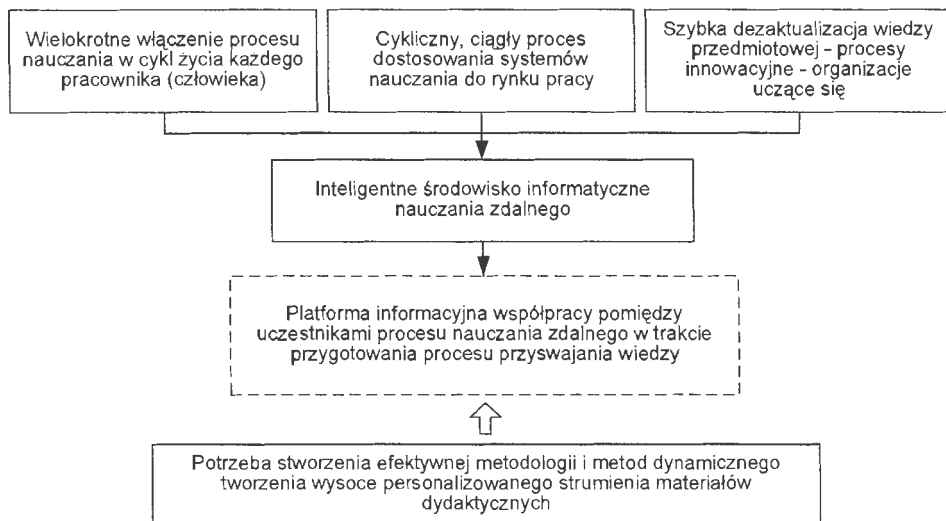
- (i) zadanie opisu dziedziny przedmiotowej mające na celu zbudowanie konceptualnego schematu dziedziny;
- (ii) zadanie kompilacji materiałów dydaktycznych, którego celem jest dostosowanie materiałów dydaktycznych (konceptualny schemat dziedziny wyrażony w formie ontologii) do postaci zgodnej ze standardem SCORM.

Przedstawione podejście do walidacji i weryfikacji pozwala na sprawdzenie zaproponowanych procedur i bazowego modelu wiedzy.

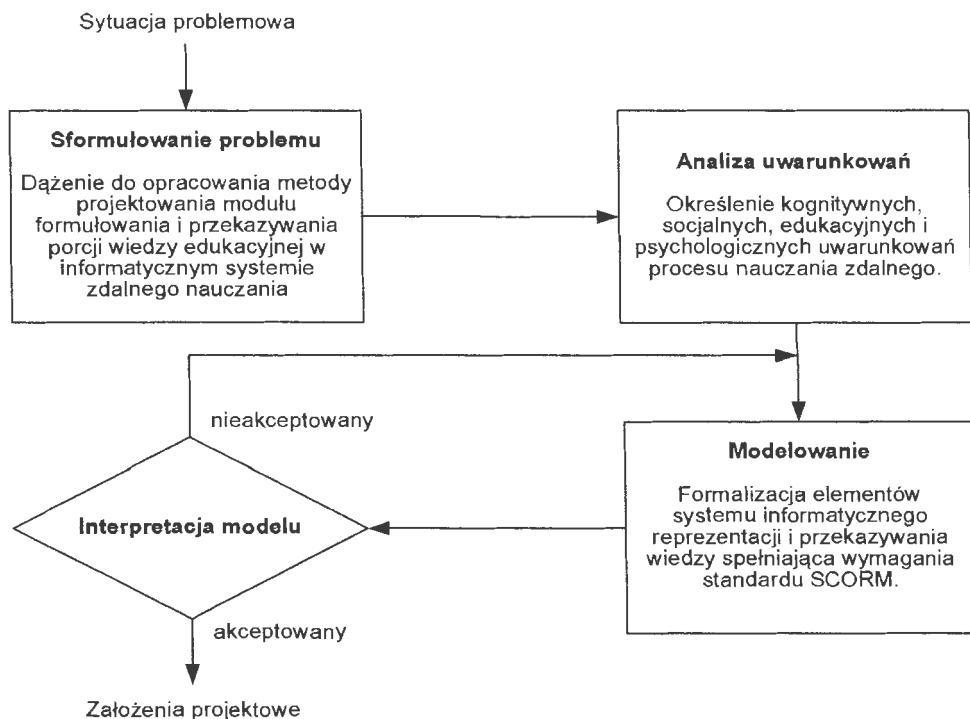
6.2. Analiza postawionego zadania projektowego

Problem, który należy rozwiązać realizując zadanie przygotowania modelu systemu LMS/LCMS, wiąże się z opracowaniem platformy współpracy pomiędzy uczestnikami procesu edukacyjnego, działającej na poziomie wiedzy. Na przedstawione rozważania nakłada się wiele ograniczeń pokazanych na rysunku 52. Współczesna sytuacja każdego „pracownika wiedzy” zakłada konieczność okresowego „odświeżania” zdobytej wiedzy. Jest to spowodowane tym, że gwałtownie rośnie wymiar i objętość poszczególnych dziedzin nauki i przemysłu. Konieczny jest zatem ciągły, ustawiczny proces uczenia się. Tak postawione zadanie wymaga dużej elastyczności od systemu edukacyjnego, pojętego zarówno w sposób tradycyjny jak i zdalny. W systemie nauczania zachodzi ciągły proces dostosowania do rynku pracy poprzez wymianę lub uzupełnienie dostępnych usług edukacyjnych. Powyższe uwarunkowania powodują, że konieczne jest budowanie inteligentnych środowisk nauczania zdalnego opartych na nowoczesnych technologiach informatycznych, aby realizować proces wymiany i przekazywania wiedzy.

Sformułowanie postawionego zadania odbywa się w oparciu o zastosowanie zmodyfikowanej procedury analizy systemowej (rys. 53), zaproponowanej oryginalnie w (Konieczny, 1983). Pierwszym etapem jest sformułowanie problemu, który w analizowanym przypadku polega na dążeniu do opracowania metody projektowania modułu formułowania i przekazywania wiedzy w systemie nauczania zdalnego. Po sformułowaniu problemu przystąpić należy do analizy uwarunkowań związanych z zagadnieniami pedagogicznymi i kognitywnymi procesu nauczania zdalnego. Bazując na zbudowanym obrazie rzeczywistości przystępujemy do modelowania samego systemu w oparciu o typowe metody budowy systemów informacyjnych. Następnie następuje etap interpretacji proponowanego modelu. Pozytywna decyzja prowadzi do sformułowania założeń projektowych. Decyzja negatywna powoduje powrót do fazy modelowania, co związane jest z modyfikacją stosowanego paradygmatu i metody projektowania.



Rys. 52. Uwarunkowania konstrukcyjne systemu LMS/LCMS
(źródło: opracowanie własne)



Rys 53 Procedura analizy systemowej
(źródło: opracowanie własne)

6.2.1 Koncepcja działania systemu

System nauczania zdalnego, wyposażony w zaproponowany moduł, nabiera umiejętności zarządzania na poziomie Learning Objects, jak i na niższym, atomowym poziomie kęsów w wiedzy – porcji. Możliwość pracy z wiedzą na wielu poziomach zwiększa uniwersalność danego systemu dzięki większej precyzji modelowania wiedzy. Umieszczenie w repozytorium wiedzy z więcej niż jednej dziedziny (w ramach jednego paradygmatu) pozwala na tworzenie wielokontekstowego materiału, integrującego w swojej strukturze różną wiedzę, spiętą przez mianownik określony przez autora danego materiału.

Zastosowanie metod inżynierii wiedzy dla dziedziny nauczania zdalnego zmienia metodologię tworzenia materiałów dydaktycznych. Zmieniają się aktorzy uczestniczący w procesie oraz przedefiniowaniu ulegają role, jakie pełnią. Wszystkie zaistniałe zmiany muszą być przeanalizowane w świetle wymagań i pedagogicznych uwarunkowań procesu „uczenia się – nauczania”. Pewnych związków i procedur nie możemy utracić np. podczas dążenia do zwiększenia poziomu automatyzacji procesu. Równocześnie nowe spojrzenie na poszczególne aspekty procesu, np. wynikające z kognitywistyki, pozwala na przeorganizowanie sytuacji edukacyjnej. W wyniku analizy procesu wydzielone zostały dwa etapy, jakie należy rozwiązać w ramach proponowanej metody ((Kushtina i Różewski, 2003), (Różewski, 2004), (Kushtina i in., 2006) oraz (Zaikin i in., 2006)):

- (1) opis dziedziny przedmiotowej;
- (2) kompilacja materiałów dydaktycznych.

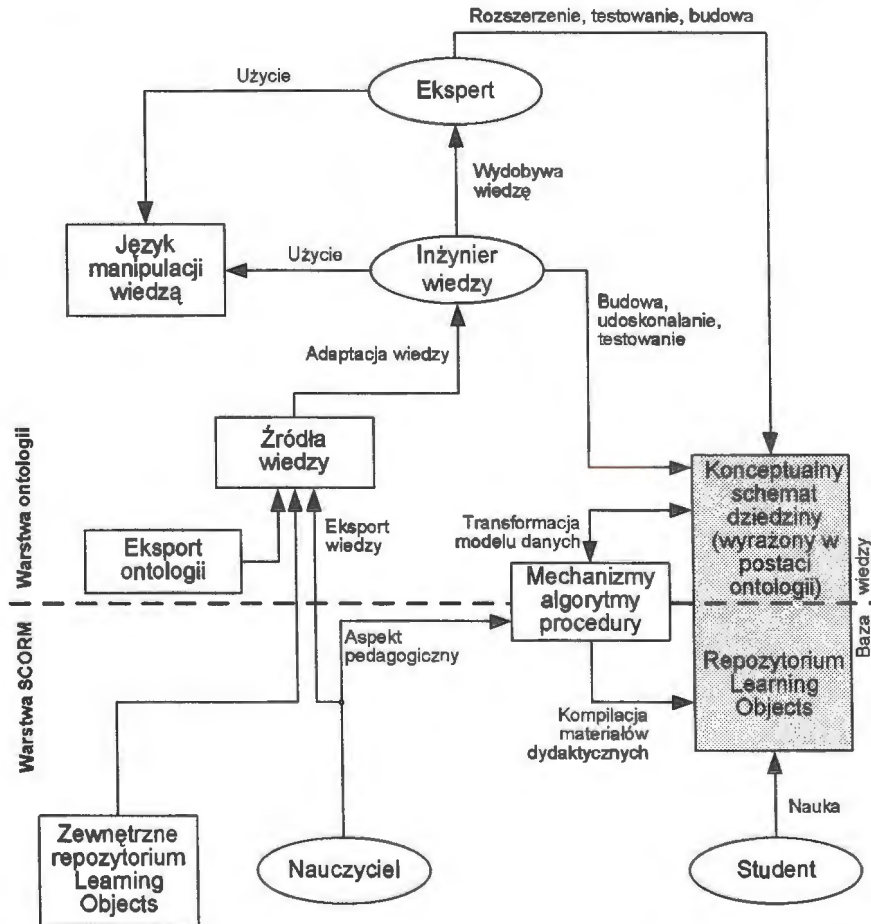
Pierwszym krokiem w etapie opisu dziedziny przedmiotowej jest identyfikacja pojęć w danej dziedzinie. Umożliwi on zbudowanie słownika pojęć, zawierającego wszystkie zidentyfikowane pojęcia dziedziny. Opisanemu zbiorowi pojęć nadawana jest struktura. Bazując na metodach modelowania wiedzy, tworzona jest semantyczna sieć relacji, odpowiadająca konceptualnemu schematowi dziedziny. Proces wydobycia wiedzy od eksperta jest równoważny procesowi modelowania wiedzy (nadawaniu struktury). Efektem końcowym etapu jest model wiedzy dziedziny przedmiotowej, zgodny z wymaganiami formalizmów komputerowych i umieszczony w repozytorium, zgodnie z wymaganiami formy ontologicznej.

W drugim etapie tworzona jest dedykowana sekwencja Learning Objects wysyłana do studenta. Bazując na reprezentacji danego przedmiotu zawartym w celu nauczania, wybranej metodyce nauczania i na profilu danego studenta, przedefiniowaniu ulega struktura wiedzy. Ponieważ najlepsza jest sytuacja, gdy student uczy się w sposób uporządkowany, należy dostarczyć do komputera studenta sekwencyjny materiał edukacyjny.

Opracowany system działa według schematu przedstawionego na rysunku 54. Proponowane rozwiązanie zaszyte jest w strukturze systemu LMS/LCMS. Zarówno etap opisu dziedziny przedmiotowej, jak i etap kompilacji materiałów dydaktycznych wymagają uczestnictwa aktorów takich jak: studenci, nauczyciele i inżynier wiedzy. Na rysunku 54 przeanalizowane zostały zadania tworzonego modułu, w odniesieniu do wyróżnionych na rysunku dwóch warstw: warstwy ontologii i warstwy SCORM.

Jednym z głównych wyznaczników projektowych systemu jest zapewnienie współdzielenia wiedzy i umożliwienie jej ponownego użycia. Zadanie wykonywane jest na poziomie warstwy ontologii. Inżynier wiedzy buduje model danej wiedzy, formalizując konceptualny schemat dziedziny do postaci ontologii. Podczas tworzenia ontologii danej dziedziny, inżynier wykorzystuje wiedzę uzyskaną od eksperta. Innym źródłem wiedzy mogą być zewnętrzne bazy wiedzy (np. w formie globalnego repozytorium Learning Objects) lub nauczyciel. Ekspert, ze względu na elastyczność języka manipulowania wiedzą, sam może też wykonać zadanie budowy ontologii. Wiedza przechowywana jest w systemie nauczania zdalnego w postaci ontologicznej struktury konceptualnego schematu dziedziny. Tak zdefiniowana postać jest nieprzydatna, patrząc z perspektywy nowoczesnych aplikacji

nauczania zdalnego opartych na standardzie SCORM. Dlatego w systemie zaimplementowana jest metoda pozwalająca na transformację formy ontologicznej wiedzy do modułowej postaci Learning Object. Półautomatyczne mechanizmy, algorytmy i procedury transformacji, wykonujące zadanie kompilacji materiałów dydaktycznych, wykorzystują informację o studencie zawartą w profilu studenta oraz udział nauczyciela, który aktywnie wpływa na budowę strumieni Learning Objects, mając na uwadze cel nauczania danego kursu oraz kierując się wytycznymi danej metodyki nauczania.



Rys. 54. Schemat zależności, jakie zachodzą pomiędzy aktorami a poszczególnymi elementami systemu (źródło: (Różewski, 2004))

Specjalnego komentarza wymaga struktura bazy wiedzy charakteryzująca się dwoma wymiarami (na rysunku 54 baza wiedzy jest przedstawiona w postaci szarego prostokąta). Z punktu widzenia zadania – modelowania wiedzy w danej ontologii – baza wiedzy zawiera strukturę opisującą wiedzę dziedzinową, opartą na zbiorze pojęć i występujących pomiędzy nimi relacji. Wymiar ontologiczny pozwala na elastyczną manipulację wiedzą na najniższym poziomie pojęć i relacji. W systemie nauczania zdalnego znaczącą rolę odgrywa możliwość komunikacji za pomocą standardowego języka i struktur zawartych w standardzie SCORM. Interfejs standardu SCORM tworzy drugą warstwę omawianej bazy wiedzy. Baza wiedzy,

poprzez mechanizm transformacji, zamienia strukturę ontologii do postaci połączonych zbiorów Learning Objects, którymi można manipulować w ramach standardowych edytorów i narzędzi przeznaczonych do edycji i konstruowania materiałów nauczania zdalnego.

6.2.2 Zadanie opisu dziedziny przedmiotowej

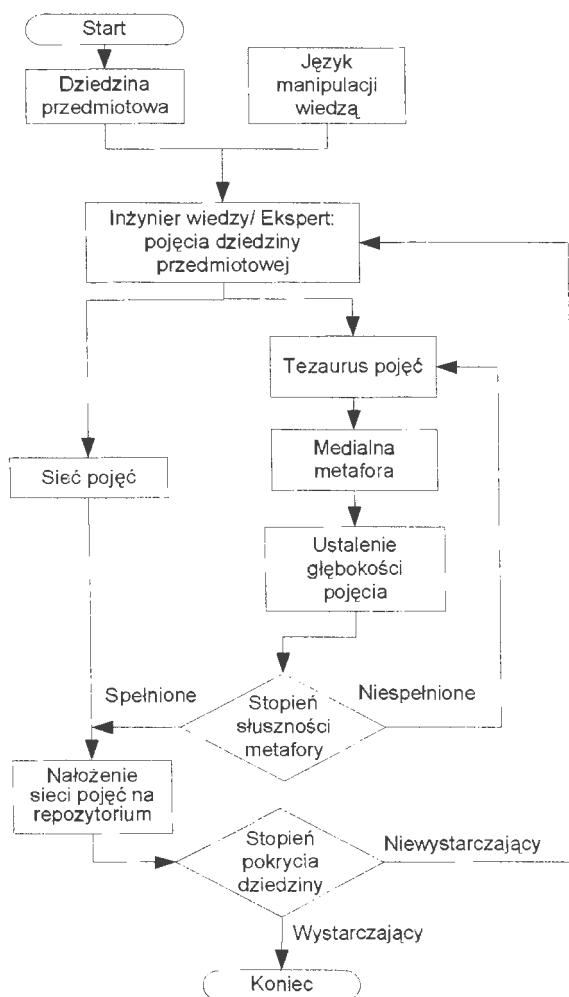
Analiza zadań, jakie należy wykonać na etapie opisu dziedziny przedmiotowej oparta została o publikacje (Różewski, 2004), (Zaikin i in., 2006). Początkowy etap przygotowania materiału dydaktycznego, opartego na koncepcji Learning Objects, ma na celu identyfikację i formalizację wiedzy w danej dziedzinie. Na rysunku 55 przedstawiony jest algorytm określający poszczególne kroki tworzenia schematu konceptualnego dziedziny. Na tym etapie znajdowane są pojęcia właściwe dla danej dziedziny. Łączone są one semantycznie i przyporządkowana jest im ich reprezentację medialną.

Pierwszy krok współpracy eksperta z inżynierem wiedzy polega na analizie wybranej dziedziny przedmiotowej pod kątem identyfikacji istniejących w niej pojęć. Komunikacja odbywa się na poziomie języka manipulacji wiedzą, co zapewnia niezbędną jednoznaczność i adekwatność. Zidentyfikowany zbiór pojęć jest strukturyzowany poprzez określenie relacji, które odwzorowują semantyczne zależności pomiędzy pojęciami w danej dziedzinie. Równoległe, odbywa się proces rzutowania pojęć na ich reprezentację cyfrową (pliki) w celu zbudowania multimedialnej definicji wszystkich pojęć. Każdemu z pojęć przyporządkowywana jest medialna metafora, która stanowi zbiór danych składających się na opis pojęcia. Określana jest głębokość pojęcia w danej dziedzinie poprzez zbudowanie odpowiedniej macierzy głębokości. Wymagania procesu nauczania zdalnego ograniczają zakres reprezentacji medialnej pojęć do reprezentacji cyfrowej. Repozytorium przechowuje zbiór danych dla każdego pojęcia, w skład którego wchodzi metadane (w tym data powstania, autor, itd.) wraz ze zbiorem plików reprezentujących medialną metaforę. Ekspert decyduje, czy dobór medialnej metafory do danego pojęcia jest adekwatny. Ekspert określa również, czy należy rozszerzyć głębokość danego pojęcia, mając na uwadze wiedzę zawartą w danej dziedzinie przedmiotowej. Po pozytywnej weryfikacji każdego z pojęć następuje proces odwzorowania stworzonej sieci pojęć uwzględniając ich reprezentację medialną. Całość jest ponownie weryfikowana w celu sprawdzenia, czy zdefiniowany zbiór pojęć wyczerpał wiedzę znajdującą się w danej dziedzinie przedmiotowej i wskazaną przez eksperta jako celową.

Wynikami pracy algorytmu są:

- (1) Ontologiczny model wiedzy (reprezentujący konceptualnym schematem dziedziny), który pozwala odwzorować pojęcia na ich medialną reprezentację znajdującą się w repozytorium.
- (2) Tezaurus, w którym znajdują się definicje pojęć. Tezaurus jest wydzieloną strukturą utworzoną na podstawie zasobów repozytorium i stanowi projekcję zasobów konceptualnego schematu dziedziny.

Rysunek 56 pokazuje przykład modelowania konceptualnego, którego celem jest zbudowanie konceptualnego schematu dziedziny. Podejście oparte jest na metodologii przedstawionej przez (Graves, 2002). Umysł eksperta (a) reprezentowany jest jako wirtualny zbiór pojęć/konceptów (b). Według przyjętych wcześniej ustaleń, na konceptualny schemat dziedziny składa się sieć pojęć. Łącząc najpierw pojęcia w proste związki (c), umożliwia się dokładniejszą identyfikację relacji. Wynikiem jest schemat konceptualny danej dziedziny (d) zbudowany przez eksperta, przy pomocy inżyniera wiedzy, bazując na wybranej metodzie wydobywania wiedzy i jej późniejszej strukturyzacji.



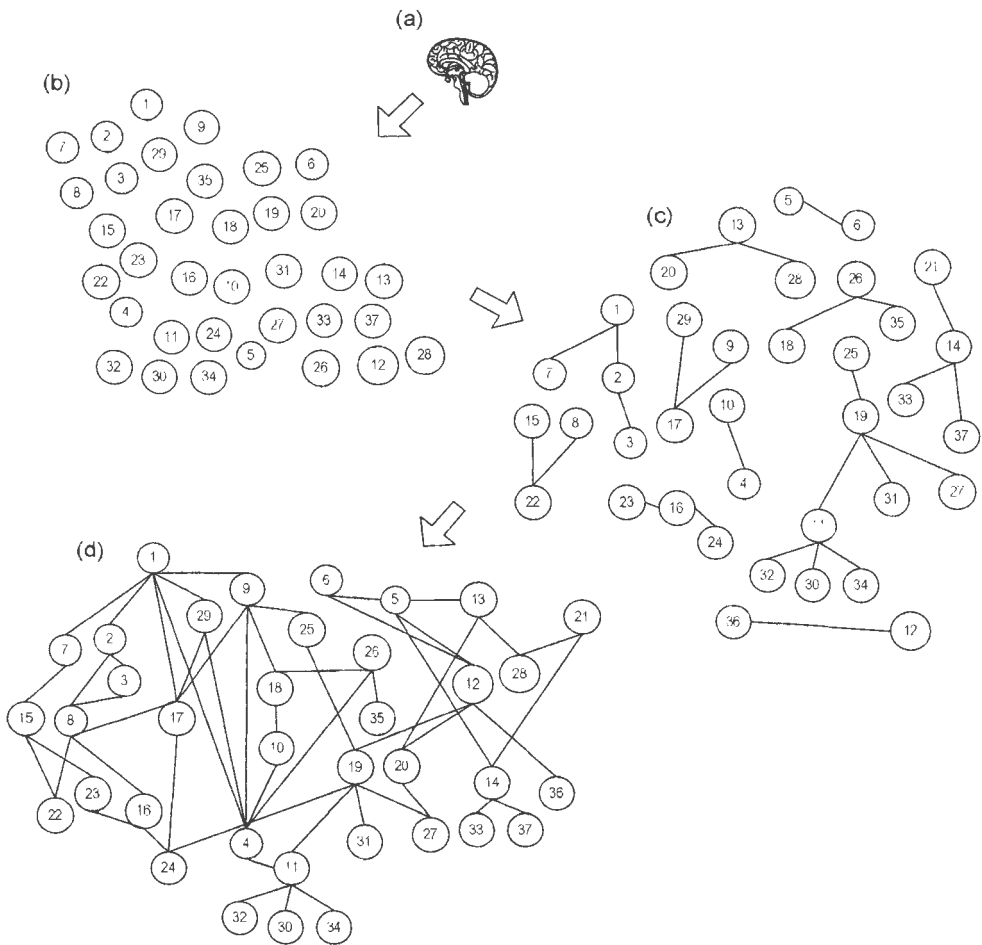
Rys. 55. Algorytm budowy opisu dziedziny przedmiotowej
(źródło: (Różewski, 2004))

6.2.3 Zadanie kompilacji materiałów dydaktycznych

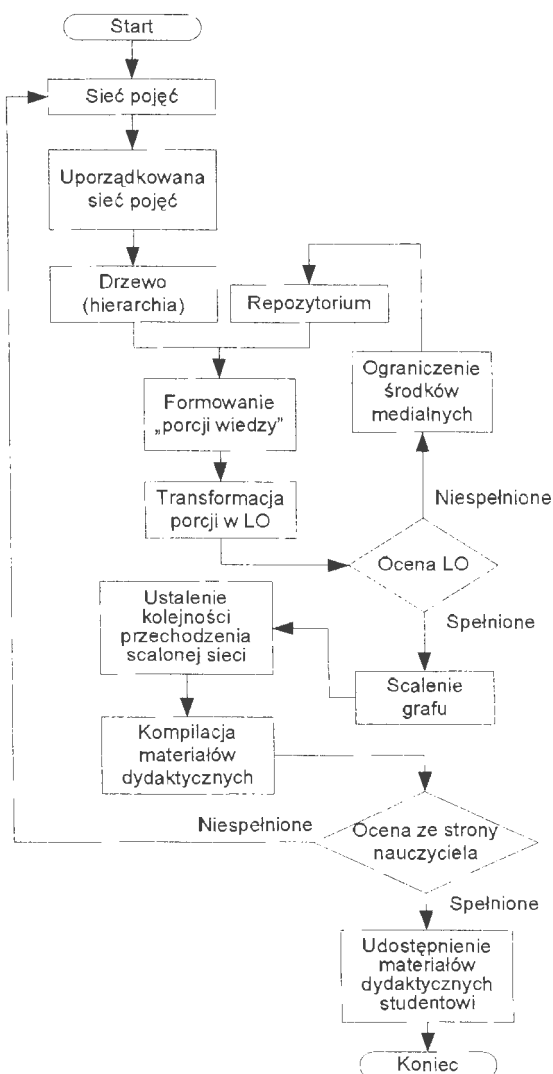
Algorytm kompilacji materiałów dydaktycznych (rys. 57) dostosowuje materiał dydaktyczny do określonego studenta, mając na uwadze zarówno obowiązujące standardy, jak i edukacyjne i kognitywne uwarunkowania procesu. Wynikiem działania algorytmu jest stworzenie sekwencji Learning Objects, która poprzez system LMS/LCMS oraz Internet zostanie udostępniona studentowi. Algorytm wykorzystuje następujące elementy: sieć pojęć, repozytorium, profil studenta oraz zadany cel nauczania.

Opierając się na konceptualnym schemacie dziedziny i informacji o poziomie dotychczasowej wiedzy studenta (wiedza bazowa) oraz o ograniczeniach danego procesu nauczania (cel nauczania), sieć zostaje uporządkowana pod kątem pojęć bazowych i ich relacji do innych pojęć. Koniecznym zabiegiem jest usunięcie niektórych pojęć ze względu na cel nauczania, który określa, jaki zakres wiedzy student ma przyswoić w danej dziedzinie. Wynikiem uporządkowania konceptualnego schematu dziedziny jest stworzenie sieci hierarchicznej, która zawiera na najwyższym poziomie pojęcia bazowe – pojęcia już

zrozumiane przez studenta. Pojęcia umieszczone poniżej tego poziomu rozumiane są jako równorzędne cele nauczania (wiedza nieznaną studentowi). W następnym etapie wielopoziomowa sieć hierarchiczna dekomponowana jest na zbiór swoich podgrafów, które doprowadzane są do postaci drzewa. Może to wymagać operacji dublowania – pojęcie, które jest połączone relacją z innym pojęciem, zostaje zdublowane tak, aby było umieszczone w każdym z kontekstów, uwzględniając strukturę drzewa. Każde z powstałych drzew jest analizowane pod względem algorytmu pokrycia, aby wydzielić „porcję wiedzy” spełniającą uwarunkowania kognitywistyczne. Wydzielona porcja ma bowiem być elementem nauczania i w postaci Learning Object będzie przekazana studentowi jako kolejny krok ścieżki nauczania zawartej w sekwencji. Transformacja „porcji wiedzy” do postaci Learning Object wymaga odwzorowania zbioru pojęć na zawartość repozytorium.

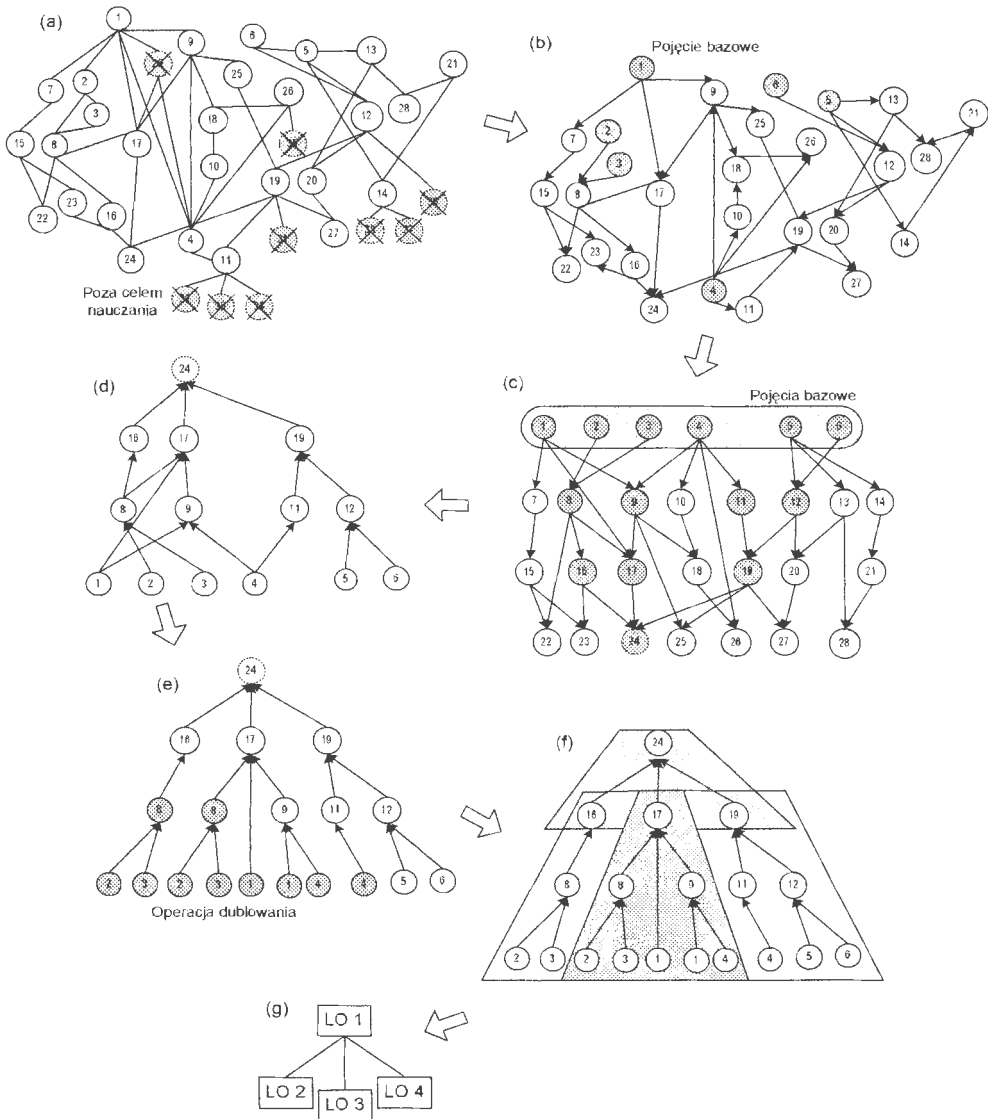


Rys. 56. Opis dziedziny przedmiotowej oparty na modelowaniu konceptualnym (źródło: (Różewski, 2004))



**Rys. 57. Algorytm kompilacji materiałów dydaktycznych
(źródło: (Różewski, 2004))**

Dane wzbogacone o konieczny opis są analizowane mając na uwadze wymiar informatyczny. Badana jest wielkość danych składających się na analizowany Learning Object. Mając na uwadze limitowane pasmo transmisyjne, sprawdzana jest dostępność do zasobów i uwarunkowania prawno-autorskie. Możliwe jest również dostosowanie tworzonego materiału dydaktycznego do indywidualnego, kognitywnego stylu nauczania każdego ze studentów. Następnie, poszczególne pojęcia, należące do danego Learning Object są scalane i ustalana zostaje kolejność przechodzenia sieci scalonych Learning Object. Wszystkie elementy procesu są kompilowane do postaci zgodnej ze SCORM. Powstały produkt może być analizowany przez nauczyciela, który bada skuteczność opracowanego materiału dydaktycznego, mając na uwadze swoje doświadczenie edukacyjne w nauczaniu danego przedmiotu. Następnie kurs jest udostępniany studentowi poprzez mechanizmy LMS/LCMS.



Rys. 58. Algorytm kompilacji materiałów dydaktycznych, rozpatrywany na poziomie manipulacji pojęciami (źródło: (Różewski, 2004))

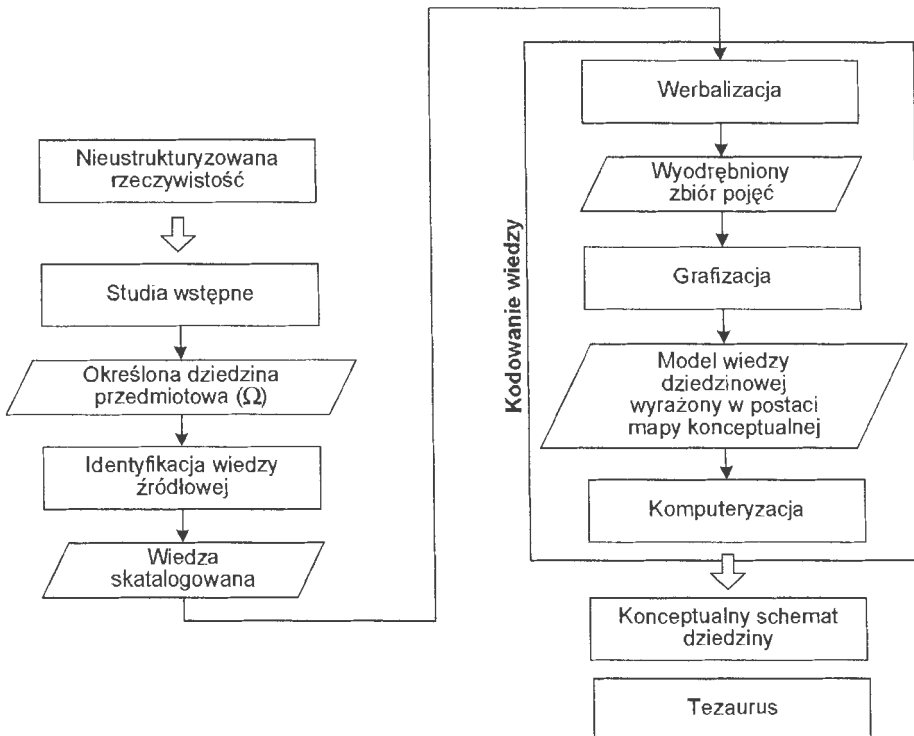
Etap kompilacji materiałów dydaktycznych, odbywający się na poziomie manipulacji pojęciami, przedstawiony jest na rysunku 58. Biorąc pod uwagę cel nauczania, który charakteryzuje pożądany wymiar wiedzy, jaką ma zdobyć student, dokonana może być redukcja schematu koncepcyjnego (a), np. redukowane są pojęcia 29, 30, 31. Korzystając z profilu studenta, dokonywan jest również identyfikacja pojęć, jakie znajdują się w zbiorze wiedzy bazowej studenta (b), np. pojęcia 1, 2, 3, ... Następnie tworzona jest sieć hierarchiczną (c), bazując na ustalonym trybie nauczania (dedukcyjny lub indukcyjny) oraz wyodrębniane są podgrafy, które opisują dane pojęcia (d). Wyodrębnione podgrafy są następnie sprowadzane do postaci drzewa (d, e). Drzewo pokrywane jest obszarami, z których każdy odpowiada jednej jednostce Learning Object (f). Wyodrębnione obszary łączone są do postaci grafu scalonego (g).

6.3. Algorytm opisu dziedziny przedmiotowej

Zadaniem algorytmu opisu dziedziny przedmiotowej jest stworzenie konceptualnego schematu dziedziny na bazie modelu ontologicznego. Do tworzenia konceptualnego schematu dziedziny wykorzystujemy język manipulacji wiedzą (Różewski, 2004). Algorytm określa sposób, w jaki budowany jest konceptualny schemat dziedziny w środowisku systemów nauczania zdalnego.

Opisywany algorytm budowy konceptualnego schematu dziedziny został oparty na procesie nabywania i formalizacji wiedzy przedstawionym w książce (Radosiński, 2001). Praca Radosińskiego dotyczy zagadnienia nabywania i formalizacji wiedzy w ramach systemu ekspertowego. Dostosowanie metodologii do wymagań bazy wiedzy systemu nauczania zdalnego wymaga zmiany niektórych etapów algorytmu. koncepcja działania algorytmu zaprezentowana jest na rysunku 59. Algorytm opisu dziedziny zawiera następujące kroki:

- krok 1: studia wstępne;
- krok 2: identyfikacja;
- krok 3: werbalizacja;
- krok 4: grafizacja;
- krok 5: komputeryzacja.



Rys. 59. Koncepcja działania algorytmu opracowania opisu dziedziny przedmiotowej (źródło: (Różewski, 2004))

Omawiana metoda zostanie w treści rozdziału pokazana na przykładzie modelowania wiedzy z dziedziny *systemów kolejkowych* (ang. *queuing systems*). Teoria systemów kolejkowych stanowi podstawę wielu dziedzin informatyki, takich jak np.: teoria sieci

komputerowych, problem rozmieszczania zasobów, sieci telekomunikacyjne. Analizowana dziedzina oparta jest na napisanej w języku angielskim książce: *Queuing Modelling Of Supply Chain In Intelligent Production* (Zaikin, 2002)). Zachowanie zgodności z bazowym materiałem i odejście od prób lokalizacji pojęć na rzecz międzynarodowego standardu spowodowała użycie w przykładzie pisowni angielskiej. Zdefiniujemy główne założenia, jakie zostały postawione przed kursem systemów kolejkowych:

- *cel nadrzędny kursu*: dostarczyć studentom wiedzę na temat struktury typowego systemu kolejkowego;
- *odbiorcy kursu*: kurs opracowywany jest dla studentów IV roku informatyki na politechnice o specjalności sieci komputerowe.

6.3.1 Studia wstępne

Krok pierwszy algorytmu ma za zadanie wydzielenie interesującej nas dziedziny przedmiotowej, czyli zdefiniowanie zakresu konceptualnego schematu dziedziny. Formalizacja ontologii dziedziny wiąże się z określeniem granic dziedziny, w obrębie których prowadzona będzie analiza. Granice mogą być określone w oparciu o taksonomię danej dziedziny. W wypadku nauk technicznych i matematycznych można się oprzeć na taksonomii *The Mathematics Subject Classification* (MSC, 2000), opracowanej przez American Mathematical Society. Analizując, dla przykładu, teorię systemów kolejkowych, otrzymać można następujący łańcuch definiujący granicę dziedziny:

- > 60-xx Probability theory and stochastic processes
- > 60Kxx Special processes
- > 60K25 Queueing theory

Określenie granic konceptualnego schematu dziedziny można również przedsięwziąć poprzez odpowiedni dobór eksperta. Konceptualny schemat dziedziny wyrażony w postaci ontologii w takim wypadku będzie określony przez zasób wiedzy eksperta. Jednakże ekspert może nie sprostać narzuconej dyscyplinie i w ramach tworzonej ontologii zawrzeć elementy, które nie są umieszczone w zadanej dziedzinie, ale pochodzą z dziedzin pochodnych.

Ontologię określić można również w oparciu o standardy. Organizacje takie jak, np.: ISO (International Organization for Standardization) oraz IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) opracowują standardy, których poszczególne komponenty stanowią wyczerpujący opis dziedziny. Słownictwo i pojęcia zawarte w standardzie tworzą dysput, w obrębie którego wykonane zostanie zadanie analizy standardu przez eksperta.

W realiach polskiej uczelni wyższej możliwa jest analiza wiedzy bazowej studenta w oparciu o dyskusję treści programowych, jakie obejmują dany kierunek studiów. Ponieważ wszyscy studenci odbywają studia według ustalonego programu, można oszacować wiedzę, jaką posiada student. Oczywistym jest, że dokładny zakres wiedzy, jaki został zaakceptowany przez każdego ze studentów, powinien być rozpatrywany indywidualnie. Zasadne wydaje się przyjęcie założenia zakładającego pewien bazowy poziom wiedzy, który dotyczy określonej grupy studentów, stanowiący kanon wiedzy, charakterystyczny dla danej specjalności/kierunku.

Etap ten kończy się na zarysowaniu wymiaru ontologii Ω , co wiąże się z określaniem granic dziedziny, w jakiej będzie rozpatrywany problem.

6.3.2 Identyfikacja

Zadanie identyfikacji, wykonywane w drugim kroku algorytmu, ma na celu stwierdzenie, jaka wiedza i informacja może być użyteczna w analizie i rozwiązaniu zadania budowy ontologii.

Etap identyfikacji pozwala na określanie zasobów wiedzy, przydatnych w procesie określenia konceptualnego schematu dziedziny:

- *osoba eksperta*: zbiór ekspertów $\{EX_1, EX_2, EX_n\}$ definiuje osoby, które będą brały udział w procesie budowania ontologii;
- *referencyjne zasoby informacyjne*: materiały pisane (monografie, artykuły, czasopisma) oraz materiały cyfrowe (głównie bazy danych);
- *pokrewne ontologie*: ponieważ większość dziedzin jest oparta na wspólnym paradygmacie, możliwy jest import pewnej części już przygotowanych ontologii z pokrewnych dziedzin.

Rezultatem wykonania kroku drugiego jest identyfikacja źródeł wiedzy, która pozwala na racjonalne podejście do zapełnienia analizowanej ontologii wiedzą.

6.3.3 Werbalizacja

Krok trzeci, który polega na rejestracji i kodowaniu wiedzy eksperta (lub pochodzącej z innych źródeł), został nazwany etapem werbalizacji. Zadanie werbalizacji można wykonać w oparciu o metody, które są między innymi używane do projektowania modeli konceptualnych baz danych XML (przykład zaprezentowany w pracy (Graves, 2002)). Model konceptualny jest abstrakcyjnym ujęciem danej rzeczywistości, ukazującym najważniejsze charakterystyki danej dziedziny. Metoda werbalizacji oparta na tworzeniu modelu konceptualnego zakłada następujące kroki:

- (A) Wyliczenie pojęć i złożonych opisów z danej dziedziny.
- (B) Powiązanie pojęć z danej dziedziny poprzez zapisanie prostych zdań opisujących. Zdania, według Gravesa, powinny charakteryzować pojęcia z danej dziedziny lub łączyć poszczególne pojęcia w związki.
- (C) Wybór najważniejszych pojęć z listy. Analiza ilościowa zdań stworzonych w kroku (B), może posłużyć do wyboru najważniejszych pojęć. Ekspert może również wskazać na pojęcia, które nie występują w zdaniach z kroku (A) i (B), ale są istotne w odniesieniu do dziedziny i powinny być dołączone do tworzonej ontologii.
- (D) Zapisanie podstawowych pojęć jako węzłów ontologii. Obrazowo czynność ta polega na tworzeniu mapy konceptualnej poprzez umieszczanie pojęć otoczonych elipsami na kartce papieru. Dla przejrzystości schematu wskazane jest umieszczenie blisko siebie pojęć ze sobą powiązanych. Na poziomie manipulacji pojęciami edytowane są pojęcia, nadając im atrybuty, nazwy i edytując treść tablicy głębokości pojęcia. Są to działania cykliczne, które wykonywane są w odniesieniu do każdego pojęcia.

Output process is a part of queuing system.
Input process is a part of queuing system.
Processing node is a part of queuing system.
Queuing system is a stochastic process.
Supply chain is a application of queuing system.
Distance learning system is a application of queuing system.
Computer network is a application of queuing system.

Rys. 60. Przykład prostych zdań opisujących dziedzinę systemów kolejkowych z zaznaczonymi pojęciami z dziedziny
(źródło: opracowanie własne)

Umieszczenie pojęcia na kartce papieru jest w swej wymowie powiązane z logiką symboliczną grafów egzystencjalnych, zaproponowaną przez Charlesa S. Peirce'a i omówioną w pracy (Roberts, 1973). W logice grafów egzystencjalnych, jednego z pierwszych, graficznych, symbolicznych środowisk manipulacji wiedzą, czysta kartka

traktowana jest jako przestrzeń twierdzeń. Gdy umieścimy na niej pojęcie, jest to równoważne z pokazaniem pojęcia w danym kontekście.

Werbalizacja jest procesem, który możemy zakwalifikować jako pierwszy etap kodowania wiedzy. Kodowanie wiedzy ma na celu dostosowanie jej do wymagań środowiska, w jakim dokonywane jest wnioskowanie. W przypadku proponowanej metody jest to system nauczania zdalnego klasy LMS/LCMS. Wiedza kodowana jest w środowisku nauczania zdalnego w postaci struktur pojęcia ϕ opisanego tablicą głębokości $T = [\hat{t}_{ij}]$ (Różewski, 2004). Wyodrębniony zbiór pojęć składa się na ontologię dziedziny Ω .

Ostatecznie, na każde pojęcie składa się para elementów: opis pojęcia i tablica głębokości. Opis pojęcia zawiera podstawowe informacyjne, porządkowe i organizacyjne dane na temat pojęcia, wyrażone za pomocą standardu z rodziny języków XML lub RDF w oparciu o standard DublinCore. Tablica głębokości jest abstrakcją opisującą pojęcie w kontekście danej dziedziny. W odniesieniu do pojęcia *Queuing Systems* tablica głębokości została opracowana w sposób przedstawiony w tabelicy 22.

Tab 22. Tablica głębokości dla pojęcia „Queuing Systems”
(źródło: (Różewski, 2004))

<i>Queuing Systems</i>	<i>M/M/1</i>	<i>M/M/m</i>	<i>M/M/m/m</i>	<i>M/M/1/S</i>	<i>M/D/1/C</i>	<i>G/G/∞/prt</i>	...
<i>Arrival pattern</i>	Markov (Poisson) = M(P)	M(P)	M(P)	M(P)	M(P)	General	...
<i>Kind of Servicing</i>	Markov (Exponential) = M(E)	M(E)	M(E)	M(E)	Deterministic	General	...
<i>Number of servers</i>	1	m	m	1	1	∞	...
<i>Discipline of servicing</i>	FCFS	FCFS	FCFS	FCFS	FCFS	Priority	...
<i>Population</i>	∞	∞	∞	∞	C	∞	...
<i>Waiting queue capacity</i>	∞	∞	m	S	∞	∞	...

Poszczególne kolumny tabelicy dotyczą kolejnych klas systemów kolejkowych scharakteryzowanych za pomocą notacji Kendalla. Wiersze tabelicy wyszczególniają komponenty charakterystyczne dla poszczególnych klas. Wszystkie pojęcia znajdujące się w konceptualnym schemacie dziedziny są opisane za pomocą przedstawionej metody.

Rezultatem kroku werbalizacji jest określenie zbioru pojęć składających się na konceptualny schemat dziedziny, wyrażony w formie ontologii. Pojęcia powstają w wyniku analizy źródeł wiedzy określonych w poprzednim kroku. Ostatecznie uzyskujemy strukturę reprezentującą daną ontologię, w której wyrażone są pojęcia.

6.3.4 Grafizacja

Grafizacja jest procesem, którego celem jest ustrukturyzowanie wiedzy uzyskanej we wcześniejszych etapach do postaci jednego z modeli reprezentacji wiedzy. Model reprezentacji wiedzy jest formalnym sposobem zapisu wiedzy. W zaproponowanym

podejściu, model wiedzy oparty jest na paradygmacie graficznym. Do dalszej analizy zostanie użyty model przedstawiony w (Różewski, 2004), oparty na mapach konceptualnych, który pozwala na modelowanie schematu dziedziny.

Ponownie należy się odwołać do (Graves, 2002), aby przeanalizować jedną z metod wykonania procesu grafizacji. Podejście jest kontynuacją algorytmu przedstawionego w rozdziale dotyczącym werbalizacji (kroki A+D):

(E) Wykreślanie prostych zdań jako krawędzi grafu. Dwa pojęcia umieszczone na kartce papieru są połączone za pomocą relacji, jeżeli wcześniej utworzone zdanie (krok B) wskazuje na istnienie relacji. Podczas tworzenia relacji może zająć potrzeba dodania nowych pojęć, co należy wykonać, wracając raz jeszcze do kroku A metody. W dyskutowanym kroku E wykorzystujemy poziom dziedziny języka manipulacji pojęciami. Zastosowany język pozwala nam na dołączanie pojęcia do ontologii i określanie typu relacji, jaki jest przypisany każdej połączonej parze pojęć.

Faza grafizacji ma za zadanie wykazanie związków, jakie zachodzą pomiędzy poszczególnymi pojęciami. Relacje są elementem kompozycji schematów graficznych. Semantyka poszczególnych połączeń pomiędzy pojęciami opiera się na zbiorze $R = \{IS_A, PART_OF, \emptyset\}$. Modelowanie relacji, będące przedmiotem grafizacji, oparte jest na modelowaniu grafów, które są matematycznym odwzorowaniem sieci semantycznych. Jak dowodzi (Graves, 2002), grafy są bardziej elastyczne niż np. hierarchiczna struktura XML i pozwalają zachować matematyczne spojrzenie na wiedzę jako na zbiór drzew.

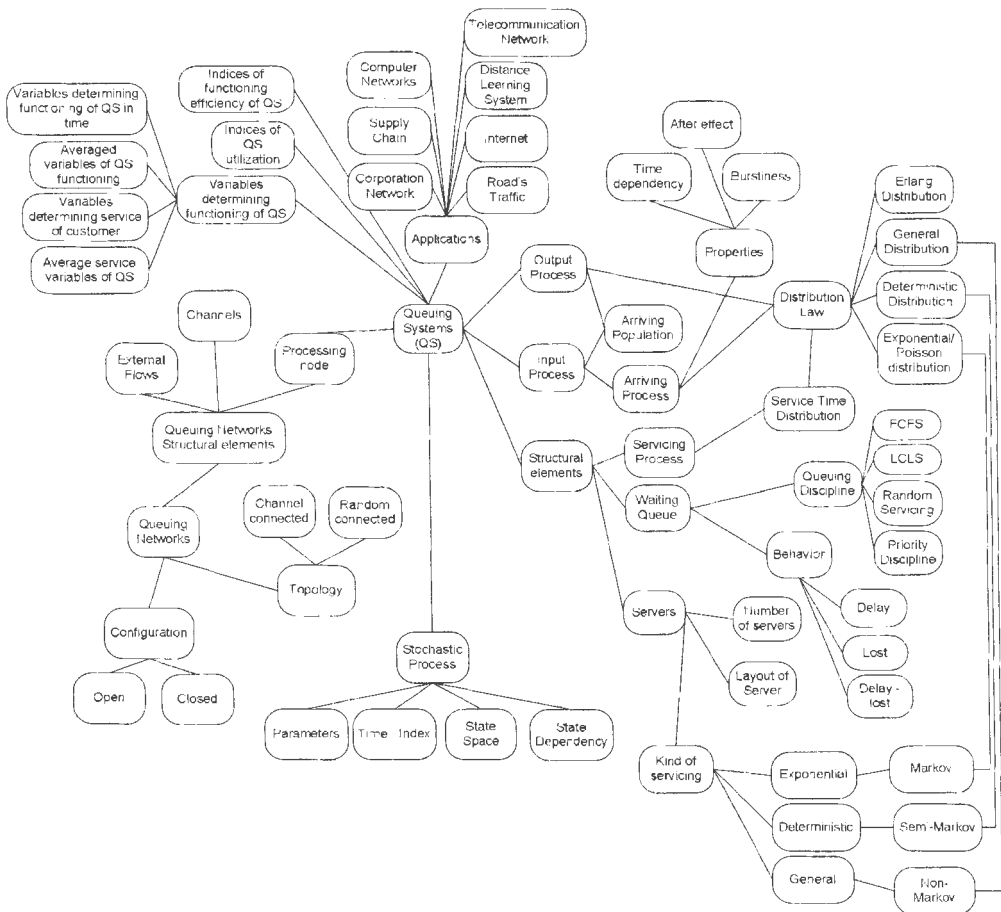
Schemat konceptualny dziedziny powstał w wyniku współpracy z ekspertem dziedziny. Konceptualny schemat dziedziny składa się na ontologię eksperta. W analizowanym przykładzie materiałem źródłowym jest monografia naukowa (Zaikin, 2002). Analizując monografię naukową, trzeba mieć na uwadze jej charakter. Nowe wyniki naukowe stanowią główną część monografii i mogą być za trudne dla świeżych adeptów danej dziedziny. Źródłowa monografia zawiera jednak rozdziały, które można zakwalifikować jako wiedzę podstawową w omawianej dziedzinie systemów kolejkowych. Tytuły poszczególnych rozdziałów są następujące: (3) *Stochastic Flow Processes and Markov Chains*, (4) *Queueing System Foundation*, (5) *Nomenclature of Queuing Systems*. Przykładowa baza wiedzy, opracowana na podstawie analizy monografii, została zweryfikowana przez eksperta z dziedziny i przedstawiona na rysunku 61.

Rezultatem etapu grafizacji jest opracowany model wiedzy dziedzinowej reprezentujący ontologię dziedziny. Model wiedzy ma postać ontologii, co jednoznacznie określa strukturę pojęć i typ relacji, jakimi są połączone.

6.3.5 Komputeryzacja

Ostatnim krokiem etapu opisu dziedziny przedmiotowej jest proces komputeryzacji opracowanego modelu wiedzy. Komputeryzacja polega na zapisie modelu wiedzy zgodnie z wymaganiami środowiska komputerowego. Zapis modelu wiedzy wykonywany jest poprzez stworzenie struktur wiedzy dostosowanych do możliwości zapisu w istniejących na rynku bazach danych, bazach wiedzy lub repozytoriach.

Szkielec języka manipulowania wiedzą został przedstawiony w rozdziale 5.2. Zaimplementowanie poszczególnych poleceń, działających na poziomach manipulacji pojęciami, dziedziną oraz inżynierią ontologii, jest uzależnione od środowiska nauczania zdalnego. Systemy nauczania zdalnego klasy LMS/LCMS – główne wyznaczniki środowiska – są nowoczesnymi systemami informatycznymi, opartymi na wykorzystaniu podejścia obiektowego i zalet języków metadanych.



Rys. 61. Konceptualny schemat dziedziny systemów kolejkowych składający się na ontologię eksperta (źródło: (Różewski, 2004))

6.3.6 Uzupełniająca charakterystyki studenta

Omawiana metoda, w celu osiągnięcia wysokiego poziomu adaptacji do konkretnego studenta, wymaga przygotowania profilu studenta, który charakteryzuje wiedzę jaką posiada dany student. Profil może być również wykorzystany jako miejsce, gdzie przechowywane będą informacje o kognitywnych cechach danego studenta w tym np. o stylu nauczania, jaki student preferuje.

Profil studenta zbudowany jest ze zbioru pojęć S_S , składających się na wiedzę bazową studenta. Zawartość profilu studenta można określić bądź za pomocą serii testów i rozmów (techniki wywiadu), bądź w oparciu o analizę treści programowych danego kierunku studiów.

Analizując dziedzinę systemów kolejkowych, należy wziąć pod uwagę następujące przedmioty pojawiające się w trakcie studiów (dla zdefiniowanych wcześniej odbiorców kursu): telekomunikacja, sieci komputerowe, systemy informacyjne, statystyka, algebra, analiza matematyczna. Na podstawie analizy wiedzy zdobytej przez studenta, po odbyciu wymienionych kursów, można określić następujący profil studenta:

$$S_S = \{Z_1, Z_2, Z_3, \dots\},$$

gdzie np.:

Z_1 – zbiór pojęć z przedmiotu sieci komputerowe, takich jak, np.: {*Process, Traffic intensity, Channel, Queue, ...*}:

Z_2 – zbiór pojęć z przedmiotu statystyka, takich jak, np.: {*Random fashion, Distribution Law, Poisson Distribution, ...*};

Z_3 – zbiór pojęć z przedmiotu systemy informacyjne, takich jak, np.: {*Resource, Corporation Network, Services, ...*}.

Dodatkowym wymogiem stworzenia dedykowanej, personalizowanej ścieżki edukacyjnej jest określenie celu nauczania. Cel nauczania powstaje poprzez nałożenie na ontologię eksperta Ω_E ontologii nauczyciela Ω_N . Celem działania systemu nauczania zdalnego jest dążenie do maksymalizacji wiedzy studenta do poziomu celu nauczania. Cel nauczania wpływa na wygląd konceptualnego schematu dziedziny, redukując pojęcia i relacje, które wybiegają poza zakres wiedzy, jaki ma przyswoić student. Cel nauczania odwzorowuje dopasowanie obszernego zakresu wiedzy eksperta do wymagań danego kursu, mając na uwadze metodykę nauczania i poziom wiedzy narzucony przez nauczyciela.

W przypadku przygotowywanego kursu, dotyczącego systemów kolejkowych, celem jest dostarczenie wiedzy na temat typowej struktury systemów kolejkowych. W interpretacji nauczyciela typowa struktura oznaczać może przekazanie wiedzy dotyczącej podstawowych elementach składających się na system kolejkowy. Nauczyciel postanawia zrezygnować z dyskusji praktycznych aspektów zagadnienia (gałąź Applications). Pominięty zostanie również aspekt interpretujący system kolejkowy jako węzeł przetwórczy (ang. *Processing node*). Wybrany zakres systemów kolejkowych nie obejmuje również, według przykładowego nauczyciela, zagadnienia procesów stochastycznych (ang. *Stochastic Process*). Dla celów przykładu postanowiono zrezygnować z zagadnień związanych z parametrami określającymi typowe systemy kolejkowe (ang. *Variables determining functioning of Queuing Systems*) oraz zagadnień związanych z pojęciami (Markov, Semi-markov, Non-Markov).

6.4. Algorytm kompilacji materiałów dydaktycznych

Konceptualny schemat dziedziny, wyrażony w formie ontologii, pozwala na budowę materiału dydaktycznego, dostosowanego do pewnego konkretnego studenta. Nauczyciel, kierując się określonym celem nauczania, wpływa na obszar wiedzy dziedziny, redukując jej wymiar do formy, która jest punktem wyjściowym dla procesu kompilacji materiału dydaktycznego. Ponieważ repozytorium przechowuje wiedzę w postaci struktury ontologicznej, która nie jest naturalną formą nauczania zdalnego, należy dokonać transformacji do postaci zgodnej ze standardami nauczania zdalnego np. reprezentowanych przez SCORM 1.3. W standardzie SCORM docelową postacią organizacji materiałów jest struktura drzewa.

Przechowywanie wiedzy w repozytorium w postaci gotowych Learning Objects nie jest rozwiązaniem efektywnym pod względem uniwersalności. Ponieważ najmniejszą jednostką logiczną procesu nauczania jest pojęcie, zasadnym wydaje się oparcie struktury repozytorium na modelu ontologicznej reprezentacji konceptualnego schematu dziedziny. Zaproponowany mechanizm jest stosowany w odpowiedzi na potrzebę opracowania dla danego studenta zestawu Learning Objects. Dane procesu mogą być przechowywane w rekordzie studenta, co umożliwi odwołanie się do nich w razie konieczności. Stworzenie mechanizmów wywodzenia Learning Objects z sieci pojęć umożliwia lepsze dopasowanie poszczególnych Learning Objects, do pewnego konkretnego studenta. Możliwy staje się proces adaptacji zawartości wiedzy, a więc i Learning Object do charakteru i struktury wiedzy danego studenta. Student, określany przez swój profil, jest niepomijalnym składnikiem procesu kompilacji materiałów dydaktycznych.

W zaproponowanym podejściu, proces kompilacji ma za zadanie zbudować strukturę opartą na Learning Objects, dostosowaną do charakterystyk danego studenta i celu nauczania.

Ostateczną postacią jest las składający się z drzew (ang. *Activity Tree*), których wierzchołki reprezentują Learning Objects zgodnie z wymogami standardu SCORM 1.3. Algorytm kompilacji materiałów dydaktycznych zawiera następujące kroki:

- krok 1: zredukowanie konceptualnego schematu dziedziny;
- krok 2: wyodrębnienie klasy pojęć bazowych według profilu studenta;
- krok 3: uporządkowanie konceptualnego schematu dziedziny według poziomów hierarchii;
- krok 4: przekształcanie hierarchicznie uporządkowanej sieci do postaci lasu;
- krok 5: tworzenie przecinających się „porcji”;
- krok 6: scalanie grafu.

Końcowy proces przygotowania materiałów dydaktycznych przeznaczonych do nauczania zdalnego w trybie asynchronicznym wymaga z jednej strony przystosowania materiałów dydaktycznych do określonego studenta, z drugiej – do wymagań procesu nauczania zdalnego, w tym wymagań standardu SCORM. Niezbędne działania wykonywane są na etapie kompilacji. Rezultatem etapu kompilacji jest materiał dydaktyczny, który można umieścić w każdym systemie nauczania zdalnego klasy LMS/LCMS, wspierającym standard SCORM 1.3.

6.4.1 Zredukowanie konceptualnego schematu dziedziny

Ontologia (Ω_E), opracowana na podstawie wiedzy eksperta jest pełnym obrazem wiedzy w danej dziedzinie. Zazwyczaj student nie musi opanowywać wiedzy obejmującej całą dziedzinę. Nauczyciel, mając na uwadze program nauczania, charakterystykę kursu i charakterystykę danego studenta (lub grupy studentów) oraz inne uwarunkowania, formułuje cel nauczania. Przekształcenie ma za zadanie ograniczyć wiedzę, na podstawie której mają być budowane materiały dydaktyczne dla danego studenta, do zakresu ustalonego przez cel nauczania. Na zakres wiedzy wpływa nauczyciel oraz nowa struktura procesu „uczenia się – nauczania”. Ontologia nauczyciela Ω_N jest odwzorowywana na ontologię eksperta Ω_E , tworząc w rezultacie ontologię $\Omega_{(N/E)}$ dostosowaną do konkretnej sytuacji edukacyjnej. Ontologia $\Omega_{(N/E)}$ stanowi bazę merytoryczną (zazwyczaj mniejszą od Ω_E) procesu budowy materiału dydaktycznego dla studenta (lub grupy studentów), który jest powodem zdefiniowania danego celu nauczania.

Pierwszym krokiem etapu kompilacji materiałów jest operacja zredukowania konceptualnego schematu dziedziny do wymiaru określonego konkretnym zamysłem edukacyjnym, poświęconym danemu kursowi. Materiał określony poprzez sformułowany przez cel nauczania jest tworzony na podstawie zestawienia ontologii eksperta dziedziny i nauczyciela.

6.4.2 Wyodrębnienie klasy pojęć bazowych według profilu studenta

Profil studenta określa zakres opanowanej przez niego wiedzy w danej dziedzinie. Zdobyte wiedzy z danej dziedziny wyraża się umiejętnością operowania pojęciami z danej dziedziny. Profil studenta definiowany jest jako zbiór pojęć, który został nazwany S_S . Wiedza bazowa studenta, wyrażona poprzez elementy zbioru S_S , pozwala na określenie pojęć, które mogą grać rolę punktów początkowych nauczania – miejsc wspólnych z wiedzą przyswojoną już przez studenta. Punkty początkowe można interpretować jako pojęcia, od których rozpocząć można wywód na temat nowego zagadnienia. Znalezienie obszarów wspólnych nowej wiedzy z wiedzą już zdobytą jest istotne ze względu na mechanizm funkcjonowania ludzkiego umysłu. Szybkie odnalezienie się w nowej wiedzy, możliwe dzięki powiązaniu nowej wiedzy z wiedzą już posiadaną, pozwala na łatwiejszą jej asymilację.

Naniesienie zbioru S_S , definiującego wiedzę studenta na ontologię $\Omega_{(N/E)}$ uzyskaną poprzez interpretację celu nauczania pozwala zlokalizować i opracować klasę pojęć

bazowych. Klasa pojęć bazowych jest używana do modelowania postaci (struktury) ontologii. Ontologia, bazując na przekształceniu $\Omega \Rightarrow G_\Omega$ może przybrać formę grafu nieskierowanego $G_\Omega = (V, E)$. Klasa pojęć bazowych pozwala transformować graf G_Ω do postaci grafu skierowanego \vec{G}_Ω .

Uzyskanie grafu skierowanego, na podstawie nałożenia pojęć bazowych ze zbioru S_s , pozwala na określenie przypuszczalnego kierunku działania procesu nauczania. Traktując pojęcia należące do zbioru pojęć bazowych jako węzły początkowe, proces nauczania studenta polega na stopniowym oddalaniu się od węzłów początkowych, aż do wyczerpania obszaru wiedzy. Relacjom pomiędzy pojęciami zostanie nadany kierunek zgodny z najbardziej prawdopodobnym kierunkiem postępowania procesu eksploracji dziedziny podczas nauki studenta. Oczywiście, student może zechcieć przeprowadzić proces nauczania w każdy inny sposób, jednak przedstawiony scenariusz najlepiej odpowiada typowej, stosowanej przez studenta strategii poznawczej nowej dziedziny.

Wynikiem etapu interpretacji klasy pojęć bazowych, określonych przez profil studenta jest graf skierowany:

$$\vec{G}_\Omega = (V, \vec{E}),$$

gdzie:

$V = \{v_i\}$ – zbiór wierzchołków grafu \vec{G}_Ω , gdzie $i=1,2,\dots,n$. Każdy z wierzchołków odpowiada jednemu pojęciu ontologii.

$\vec{E} = \{e_j\}$ – zbiór krawędzi grafu \vec{G}_Ω , gdzie $i=1,2,\dots,m'$. Skierowana krawędź pomiędzy wierzchołkami v i w określona jest następująco: (v,w) .

Macierz incydencji $\vec{A} = \|a_{ij}\|$ reprezentuje skierowany graf, który jest wynikiem adaptacji grafu ontologii G_Ω do bazowej wiedzy studenta. Elementy macierzy mają następującą definicję:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{dla } (i,j) \in \vec{E} \\ 0, & \text{dla } (i,j) \notin \vec{E}. \end{cases}$$

Wiedza, jaką posiada student, jest charakteryzowana przez profil studenta. Profil studenta jest zdefiniowany jako zbiór pojęć. Najważniejszym aspektem każdego z pojęć jest tablica określająca głębokość semantyczną pojęcia w danej dziedzinie. W dyskutowanym przykładzie, dotyczącym sieci kolejkowych, jednym z podstawowych pojęć jest pojęcie *serwer* (ang. *server*). Pojęcie *serwer* posiada wiele znaczeń definiowanych między innymi w trakcie nauki takich przedmiotów, jak np. sieci komputerowe lub systemy baz danych. Tablica 23 przedstawia głębokość pojęcia *serwer* w odniesieniu do zagadnienia sieci komputerowych. Analiza tablicy pokazuje koncentrację wiedzy studenta, w dyskutowanym obszarze, na zagadnieniach związanych z rozproszonymi usługami sieciowymi. Studentowi pojęcie *serwer* najbardziej kojarzy się z serwerem aplikacji i usług webowych. Student potrafi określić podstawową architekturę, wyszczególnić typowe, stosowane języki. Wiedza na temat serwerów jest pochodną wiedzy związanej z usługami sieciowymi i jako taka opiera się na tym samym paradygmacie, co systemy kolejkowe. Jednak student posiada wiedzę, która mimo tego, że pochodzi z tego samego paradygmatu, co wiedza na temat systemów kolejkowych, nie pokrywa się z rozumieniem pojęcia *serwer* obowiązującym w dziedzinie systemów kolejkowych. W systemach kolejkowych pojęcie *serwer* posiada znaczenie opisane za pomocą tablicy głębokości przedstawionej w tabeli 24.

Tab. 23. Tablica głębokości dla pojęcia serwer w dziedzinie sieci komputerowych (źródło: (Różewski, 2004))

<i>Server</i>	<i>Application Server</i>	<i>Web Server</i>
<i>Components</i>	Data Base, external/internal application	HTTP server, Data Base
<i>Architecture</i>	Mainframe arch., File sharing arch., Client/server arch., Three tier arch.	Client/server arch.
<i>Receiving Data</i>	Data, XML, HTML, services, application	Data, XML, HTML
<i>Server-side programming language</i>	C++, Java, ...	ASP, PHP, HTML, XML, CGI, Java, ...
<i>Standards</i>	ODBC, JDBC, CORBA	HTML

Tab. 24. Tablica głębokości dla pojęcia *serwer* w dziedzinie systemów kolejkowych (źródło: (Różewski, 2004))

<i>Server</i>	<i>M/1 Classical Single-server facility</i>	<i>M/m Classical Multi-server facility</i>	<i>D/m/S Deterministic Multi-server facility</i>	<i>G/1/1/prt. General Single-server facility with priority and rejection</i>
<i>Number of servers</i>	1	m	m	1
<i>Servicing pattern</i>	Exponential	Exponential	Deterministic	General
<i>Layout of serve</i>	–	Parallel	Parallel	Parallel
<i>Homogeneity</i>	–	Homogeneous	Homogeneous	Homogeneous
<i>Servicing discipline</i>	FCFS	FCFS	FCFS	Priority
<i>Waiting queue capacity</i>	∞	∞	S	1

Analiza powyższych tabel pozwala na podjęcie decyzji o dołączeniu pojęcia *serwer* do zbioru pojęć bazowych. Pojęcia bazowe są traktowane jako punkty początkowe dla procesu nauczania, gdyż stanowią połączenie nowej wiedzy z wiedzą już posiadaną. Dzięki temu student może poznawać nową wiedzę poprzez asymilację nowych struktur pojęciowych. Podobieństwo nazw pojęcia z profilu studenta i z ontologii nie jest jedynym czynnikiem przesądającym o potraktowaniu danego pojęcia jako bazowe. Decyzja podejmowana jest na podstawie analizy struktur pojęciowych, wyrażonych w postaci tabel głębokości.



**Rys. 62. Zredukowany konceptualny schemat dziedziny Systemów Kolejowych
(ang. *Queuing Systems*)
(źródło: (Różewski, 2004))**

W analizowanym przypadku, pojęcia bazowe zostały wyodrębnione na podstawie pozytywnej weryfikacji wiedzy studenta w dziedzinie statystyki i informatyki. Student posiada wiedzę na temat rozkładów statystycznych (pojęcia: *Deterministic Distribution*, *Erlang Distribution*, *General Distribution*) oraz podstawowych mechanizmów określających zachowanie się elementów w strukturach takich jak stos lub kolejka (pojęcia: *FCFS*, *LCLS*, *Random Servicing*, *Priority Discipline*). Wynik analizy pokazany jest na rysunku 62, szkicującym zakres wiedzy, jaki będzie przedmiotem procesu „uczenia się – nauczania”.

6.4.3 Uporządkowanie konceptualnego schematu dziedziny według poziomów hierarchii

Etap uporządkowania konceptualnego schematu dziedziny ma na celu zbudowanie hierarchicznej sieci pojęć. Hierarchiczna sieć pojęć jest grafem, w którym wyróżnić można poziomy (na każdym z poziomów znajdują się węzły). Pierwszy poziom zwany jest poziomem bazowym. Znajdują się na nim tylko pojęcia należące do zbioru S_S . Zakładamy, że węzły nie mogą być połączone relacją z innymi węzłami, które znajdują się na tym samym poziomie.

Hierarchiczna sieć pojęć odwzorowuje kognitywny proces, podczas którego student zapoznaje się z poszczególnymi pojęciami (reprezentowanymi przez węzły) dziedziny. Na poziomie pierwszym znajdują się pojęcia, które należą do wiedzy bazowej studenta S_S . Pozostałe poziomy reprezentują pojęcia, jakie student powinien przyswoić w ramach tworzonego kursu. Uszeregowanie hierarchiczne pozwala na określenie relacji następstwa zachodzącej pomiędzy pojęciami i opracowanie strategii wizytacji węzłów.

Wynikiem etapu uporządkowania konceptualnego schematu dziedziny według poziomów hierarchii jest hierarchiczna sieć pojęć:

$$\overline{\overline{G}} = (L, \overline{\overline{V}}, \overline{\overline{E}}),$$

gdzie:

$L = \{l\}$ – zbiór poziomów, gdzie $l = 1, \dots, l^*$;

$\overline{\overline{V}} = \{v_{lk}\}$ – zbiór wierzchołków, gdzie: l – indeks poziomu, k – bieżący numer wierzchołka na poziomie l , $l \cdot k = n$ (n – ilość wszystkich pojęć w $\Omega_{N(E)}$);

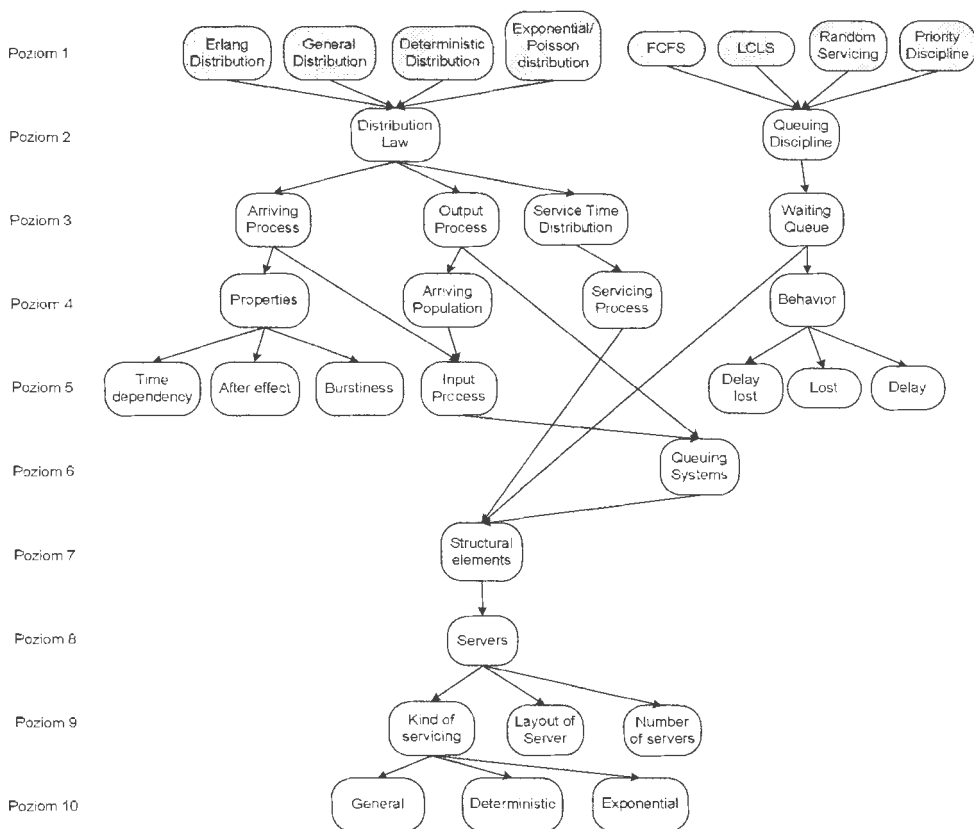
$\overline{\overline{E}} = \{e_i\}$ – zbiór krawędzi grafu $\overline{\overline{G}}_\Omega$, gdzie $i = 1, 2, \dots, m'$, ($\overline{\overline{E}} = \overline{\overline{E}}$).

Aby zachować spójność w notacji, macierz incydencji $\vec{A} = \|a_{ij}\|$ została nazwana $\overline{\overline{A}} = \|a_{ij}\|$.

Rysunek 63 pokazuje wyniki działania przekształcenia ontologii z postaci skierowanego grafu do postaci hierarchicznej sieci. Pierwszy poziom sieci zajmują pojęcia bazowe, niżej znajdują się pojęcia, których konfiguracja wynika z analizy grafu skierowanego. Postać sieci hierarchicznej uniemożliwia realizację połączeń pomiędzy pojęciami (węzłami) znajdującymi się na tym samym poziomie. Wszystkie pojęcia umieszczone poniżej poziomu pojęć bazowych mają jednakowe znaczenia i reprezentują cel nauczania – pojęcia jakie student ma przyswoić podczas procesu nauczania.

6.4.4 Przekształcanie hierarchicznie uporządkowanej sieci do postaci lasu

Celem całego algorytmu kompilacji materiałów dydaktycznych jest zbudowanie sekwencji edukacyjnej. W nauczaniu zdalnym, opartym na standardzie SCORM, ostateczna kolejność materiałów przesyłanych do studenta określana jest na podstawie analizy drzewa (ang. *Activity Tree*), które zawiera hierarchicznie rozmieszczone elementy składające się na treść dydaktyczną. Działanie dyskusowanego kroku algorytmu polega na przekształceniu hierarchicznej sieci pojęć $\overline{\overline{G}}_\Omega$ do postaci lasu \hat{G}_Ω , na który składa się zbiór kolejnych drzew \hat{G}_Ω . Stworzony las jest traktowany jako zbiór Activity Tree (= zbiór drzew \hat{G}_Ω), składający się na dany kurs. Poszczególne drzewa w lesie będą kolejno analizowane przez system LMS/LCMS i staną się częścią mechanizmu określania sekwencji.



Rys. 63. Hierarchiczna sieć reprezentująca zredukowany konceptualny schemat dziedziny (źródło: (Różewski, 2004))

Przed przystąpieniem do przekształcenia należy ustalić metodę nauczania, jaka będzie obowiązywała podczas procesu „uczenia się – nauczania”. Spośród różnych klasyfikacji (Sternberg, 2001), do dalszej analizy wybrany został podział na metody: indukcyjną i dedukcyjną. Przedstawione przykłady i algorytmy dostosowane są do metody dedukcyjnej.

W docelowym lesie znajdzie się tyle drzew, ile węzłów jest liśćmi – w przypadku nauczania opartego na metodzie indukcyjnej lub ile pojęć znajduje się na poziomie bazowym – w przypadku nauczania wykorzystującego metodę dedukcyjną. Liście to węzły, które nie są połączone relacją z węzłem (pojęciem) posiadającym większy indeks poziomu l . Na poziomie bazowym znajdują się pojęcia, które są zawarte w zbiorze wiedzy bazowej studenta S_5 . Określenie metody wpływa bezpośrednio na sposób określania struktury drzew.

Wynikiem algorytmu przekształcenia hierarchicznie uporządkowanej sieci do postaci lasu jest zbiór drzew \hat{G}_Ω składających się na las \hat{G}_Ω , z którego każde drzewo ma następującą definicję:

$$\hat{G}_\Omega = (L, \hat{V}, \hat{E}),$$

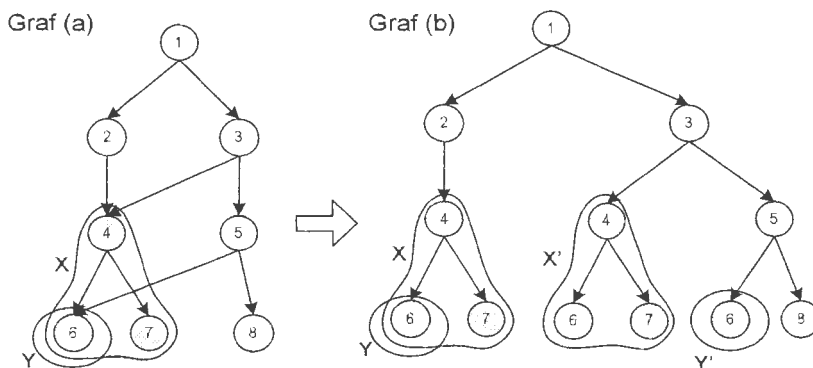
gdzie:

$L = \{l\}$ – zbiór poziomów, gdzie $l = 1, \dots, l^*$;

$\hat{V} = \{v_{lk}\}$ – zbiór wierzchołków gdzie: l – indeks poziomu, k – jest bieżącym numerem wierzchołka na poziomie l ;

$\bar{E} = \{e_i\}$ – zbiór krawędzi drzewa, gdzie $i=1,2,\dots,m'$.

Podczas przekształcania macierzy określającej hierarchiczną sieć pojęć \bar{A} do postaci macierzy określającej drzewo \hat{A} może pojawić się konieczność zastosowania operacji dublowania. Operacja dublowania polega na powtórzeniu danego fragmentu grafu, aby w tworzonym drzewie każde pojęcie występowało w swoim całym kontekście. W przykładzie z rysunku 64, dublowaniu poddawane są struktury X i Y , co spowodowało powstanie dodatkowych struktury X' , Y' .



Rys. 64. Działanie zasady dublowania
(źródło: (Różewski, 2004))

Zdublowane węzły mogą stanowić ograniczenie poznawcze, warunkowane przez naturę człowieka. Kolejne odwołanie się do tego samego materiału może wprowadzić odbiorcę w stan rozdrażnienia i wywołać uczucie, np. tracenia czasu. Zastosowanie dublowania gwarantuje jednak, że każda porcja wiedzy będzie przedstawiana w pełnym kontekście, co pozwala na jednoznaczną interpretację. Standard SCORM, w oparciu o identyfikację stanów poszczególnych Learning Activity, umożliwi opracowanie strategii interpretacji dublowanych porcji wiedzy. System może samodzielnie nie dopuszczać do przesyłania zdublowanych pojęć, gdy dana porcja wiedzy została już zaliczona (status *completed*).

6.4.5 Tworzenie przecinających się porcji

Idea Learning Object zakłada agregację podobnych pojęć do jednego wspólnego obiektu. Drzewo \hat{G}_Ω , uzyskane w poprzednim podpunkcie, posiada zbyt duży wskaźnik granulacji. Nieefektywnym rozwiązaniem jest bezpośrednia konwersja każdego pojęcia na odpowiedni Learning Object. Dlatego następnym krokiem algorytmu kompilacji materiałów dydaktycznych jest określenie pewnego zbioru pojęć, który w ramach danego drzewa może pełnić rolę Learning Object.

Zadanie polega na znalezieniu zależnych od siebie porcji w drzewie \hat{G}_Ω . Każda porcja \hat{G}_p określa podgraf grafu, który można interpretować jako Learning Object. Wszystkie porcje \hat{G}_p danego drzewa składają się na zbiór porcji drzewa $g_p = \{\hat{G}_p^i\}$, gdzie $i=1,\dots,p^*$.

Definicja porcji \hat{G}_p będącej podgrafem \hat{G}_Ω wygląda następująco:

$$\hat{G}_p = (L_p, \hat{V}_p, \hat{E}_p),$$

gdzie:

$L_p = \{l\}$ – zbiór poziomów dla porcji \hat{G}_p , $L_p \subset L$;

$\hat{V}_p = \{v_i^p\}$ – zbiór wierzchołków dla porcji \hat{G}_p , $\hat{V}_p \subset \hat{V}$;

$\hat{E}_p = \{e_i^p\}$ – zbiór krawędzi dla porcji \hat{G}_p .

Porcję \hat{G}_p można również przedstawić za pomocą macierzy incydencji $\hat{A}_p = \|a_{ij}\|$.

Reguły dotyczące budowania porcji są następujące:

- (1) każda porcja \hat{G}_p jest podgrafem grafu \hat{G}_Ω , $\hat{A}_p \subset \hat{A}$;
- (2) suma wszystkich podgrafów \hat{G}_p daje graf \hat{G}_Ω , w którym nie może istnieć porcja nienależąca do grafu \hat{G}_Ω ;
- (3) każda porcja \hat{G}_p posiada ograniczoną liczbę wierzchołków;
- (4) każda porcja powinna mieć co najmniej jeden wspólny wierzchołek z jakąkolwiek inną porcją, czyli: $\hat{G}_p^i \cap \hat{G}_p^j \neq \emptyset$, gdzie $\{\hat{G}_p^i, \hat{G}_p^j\} \in g_p$, $i \neq j$.

Przeanalizujemy metody wyznaczenia porcji, na podstawie analizy grafu \hat{G}_Ω . Metoda musi pozwalać na zbudowanie porcji spełniającej wymienione powyżej reguły. Kluczowym parametrem jest określenie zawartości zbioru \hat{V}_p określającego zbiór pojęć należących do danej porcji. Struktura podgrafu składającego się na porcję jest bezpośrednio wnioskowana ze struktury grafu \hat{G}_Ω .

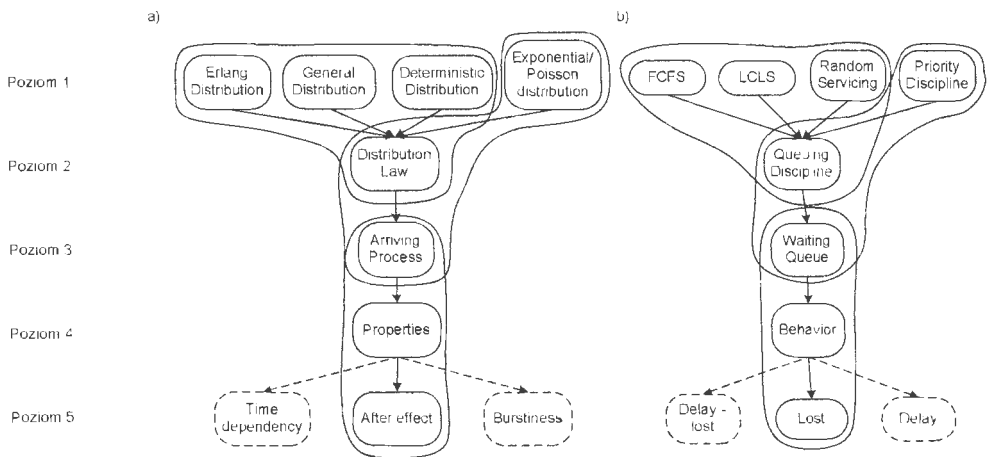
Istnieją pewne charakterystyki umysłu, które można wykorzystać podczas określania zawartości Learning Object. Możliwe wydaje się uzależnienie kluczowego parametru, a mianowicie wielkości Learning Object, od rozmiarów pamięci krótkoterminowej. Pamięć krótkoterminowa, nazwana pamięcią roboczą (np. przez (Nęcka, 2003)), określa wymiar wiedzy, jaka jest w danym momencie analizowana przez człowieka (Cowan, 2001), (Doumont, 2001), (Miller, 1856). Ponieważ miarą wielkości pamięci krótkoterminowej nie jest bit, ale fenomen zwany *chunk* (zinterpretowany przez Maruszewskiego jako *kęs*, (Maruszewski, 2002)), należy określić, czym jest *chunk/kęs*. Analiza dziedziny kognitywistyki pozwala założyć, że jednostką pamięci krótkoterminowej jest *pojęcie*. Tak ujmując, na Learning Object składał się będzie zbiór pojęć, których liczba uzależniona jest od wielkości pamięci roboczej danego studenta.

Ograniczenie ilościowe pamięci krótkoterminowej można potraktować jako ograniczenie liczby pojęć znajdujących się w Learning Object (Różewski, 2004). Docelowa liczba pojęć składających się na \hat{G}_p nie powinna przekroczyć wartości P_{\max} . Wartość P_{\max} jest ustalana na podstawie testów określających pojemność pamięci krótkoterminowej i mieści się w zakresie $P_{\max} = \{1, \dots, 7, \dots, m\}$, gdzie m efektywnie kończy się na 11. Pewne wskazówki co do wartości P_{\max} dają rezultaty badań przedstawione w pracach (Miller, 1956) oraz (Cowan, 2001). Najpopularniejsze oszacowanie, nazwane zasadą „magicznej” liczby Millera, określa wartość $P_{\max} = 7 \pm 2$. Dla potrzeb algorytmu, P_{\max} przyjmuje wartość uzyskaną z profilu studenta, gdzie w wyniku wcześniejszego doświadczenia lub dedykowanych badań ustalono ten parametr. Ze względu na niedeterministyczny charakter P_{\max} możliwe są pewne odchylenia od ustalonej wartości (np. ± 2).

Ograniczenie P_{\max} można interpretować jako próbę określenia zawartości Learning Object w taki sposób, aby zawartość pojedynczego Learning Object mogła być przeanalizowana w jednym cyklu działania krótkoterminowej pamięci studenta. Odpowiednio spreparowana zawartość pozwoli na jednoczesne objęcie horyzontem intelektualnym studenta całej wiedzy zawartej w pojedynczym Learning Object.

Wynikiem algorytmu tworzenia przecinających się porcji jest zbiór g_p zawierający podgrafy \hat{G}_p , zdefiniowane jak powyżej dla każdego drzewa w lesie \hat{G}_Ω . Każdy z podgrafów \hat{G}_p jest w systemie interpretowny jako Learning Object.

Ostatecznie, materiał dydaktyczny przygotowany pod kątem użycia w systemach nauczania zdalnego powinien być przystosowany do standardu SCORM. Oznacza to dopasowanie komputerowej reprezentacji materiału dydaktycznego do postaci Active Tree. Materiał dydaktyczny wysyłany jest do studenta w oparciu o przygotowaną strukturę Active Tree. Każdy z węzłów stworzonego drzewa interpretowany jest jako Learning Object.



Rys. 65. Graf odpowiadający zbiorowi A i B (źródło: (Różewski, 2004))

W omawianym przykładzie, dotyczącym systemów kolejkowych, można zgodnie z zaproponowaną metodą wyróżnić zbiór grafów (drzewa). Na każdy z grafów składa się zbiór pojęć. Przykładowe zbiory przedstawione są poniżej:

$A = \{Erlang\ Distribution, General\ Distribution, Deterministic\ Distribution, Exponential/Poisson\ distribution, Distribution\ Law, Arriving\ Process, Properties, After\ effect\}$,

$B = \{FCFS, LCLS, Random\ Servicing, Priority\ Discipline, Queueing\ Discipline, Waiting\ Queue, Behavior, Lost\}$,

$C = \{Erlang\ Distribution, General\ Distribution, Deterministic\ Distribution, Exponential/Poisson\ distribution, Distribution\ Law, Arriving\ Process, Arriving\ Population, Input\ Process, Output\ Process, Queueing\ Systems, Service\ Time\ Distribution, Servicing\ Process, FCFS, LCLS, Random\ Servicing, Priority\ Discipline, Queueing\ Discipline, Waiting\ Queue, Structural\ elements, Servers, Kind\ of\ servicing, Deterministic\}$.

Na rysunkach 65 i 66 pokazane są przykładowe grafy, powstałe w wyniku przekształcenia hierarchicznej sieci z rysunku 63 do postaci lasu składającego się ze zbioru drzew. Przykładowy graf, na który składają się pojęcia znajdujące się w zbiorze A widać na rysunku 65 a. Podobnie – graf na rysunku 65 b zbudowany jest z pojęć zbioru B, natomiast graf z rysunku 66 zawiera pojęcia ze zbioru C.

Można zauważyć, że graf stworzony dla pojęcia *Time dependency* różni się od grafu składającego się na graf powstały na podstawie zbioru A tylko ostatnim elementem. Podobna sytuacja zachodzi dla pojęcia *Burstiness*. Zaobserwowana prawidłowość jest właściwa również dla grafu B oraz C.

Wszystkie drzewa znajdujące się w lesie grafów są podstawą działania algorytmu scalania porcji. Działanie algorytmu polega na wykreśleniu przecinających się porcji, które następnie są przekształcane do postaci Learning Object. W analizowanym przykładzie ustalono parametr określający przybliżoną wielkość pamięci roboczej studenta: $P_{max} = 3 \div 4$. Parametr determinuje liczbę porcji składających się na Learning Object. Dla przykładu: na rysunku 65 a. określono trzy porcje (V_p – zbiór wierzchołków porcji): $V_{p1} = \{Deterministic Distribution, Erlang Distribution, General Distribution, Distribution Law\}$, $V_{p2} = \{Exponential/ Poisson distribution, Distribution Law, Arriving Process\}$, $V_{p3} = \{Arriving Process, Properties, After effect\}$. Na rysunku 66 określono 13 Learning Objects, w tym sześć jest takich samych.

6.4.6 Scalanie grafu

Ostatnim etapem procesu kompilacji materiałów dydaktycznych do nauczania zdalnego jest zadanie scalenia grafu. Zadanie to ma na celu przekształcenie każdej porcji \hat{G}_p każdego z drzew \hat{G}_Ω danego lasu \hat{G}_Ω do postaci scalonego wierzchołka W_s . Scalony wierzchołek charakteryzuje się nazwą, która identyfikuje dany Learning Object w systemie LMS/LCMS. Scalony graf S zbudowany jest ze scalonych wierzchołków. Scalony graf definiowany jest następująco:

$$S = (N_s, W_s, E_s),$$

gdzie:

$N = \{n\}$ – zbiór poziomów scalonego grafu S ;

$W_s = \{w_i\}$ – zbiór scalonych wierzchołków scalonego grafu S , $i=1, \dots, card(g_p)$;

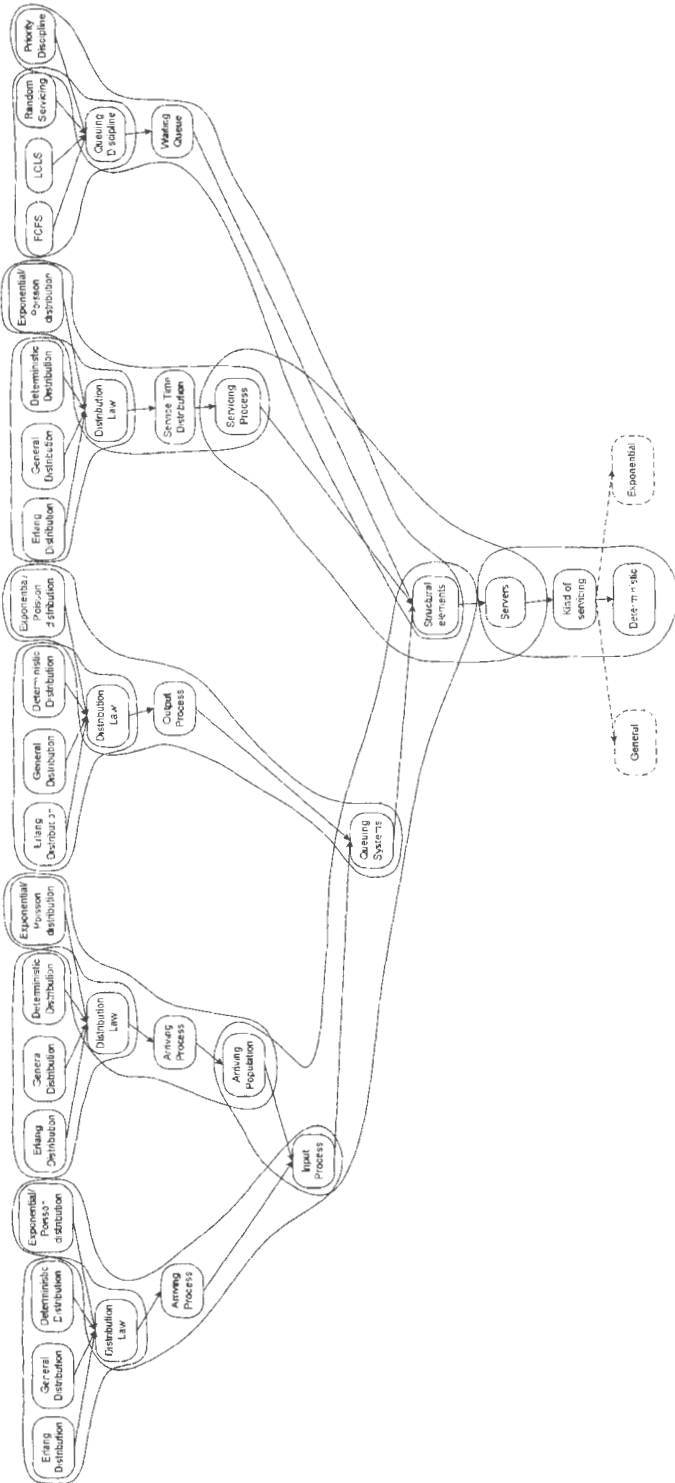
$E_s = \{e_i\}$ – zbiór krawędzi scalonego grafu S .

Scalony graf można przedstawić za pomocą macierzy $M_s = \|m_{jh}\|$. Niech $\hat{V}_f = \{v_i\}_f$ i $\hat{V}_h = \{v_j\}_h$ stanowią zbiory wierzchołków porcji \hat{G}_p^f i \hat{G}_p^h scalonego grafu, gdzie $\{\hat{G}_p^f, \hat{G}_p^h\} \in g_p$. Wierzchołki w_f, w_h (gdzie $\{w_f, w_h\} \in W_s$) scalonego grafu S będą połączone, jeżeli istnieje chociaż jedna relacja pomiędzy wierzchołkami v_i i v_j , które należą do porcji \hat{G}_p^f i \hat{G}_p^h . Tak więc element m_{jh} macierzy M_s można obliczyć za pomocą wzoru:

$$m_{jh} = \begin{cases} 1, & \text{gdy } \sum_{v_i \in \hat{V}_f} \sum_{v_j \in \hat{V}_h} a_{ij} \geq 1 \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$$

Scalony wierzchołek dostaje nazwę, która przypisana jest do pojęcia posiadającego największą głębokość (tablica T) w danej dziedzinie. Nazwa powinna być unikalna w danym lesie. Scalone wierzchołki mogą posiadać tę samą nazwę, gdy składa się na nie ten sam zbiór porcji, o tej samej strukturze.

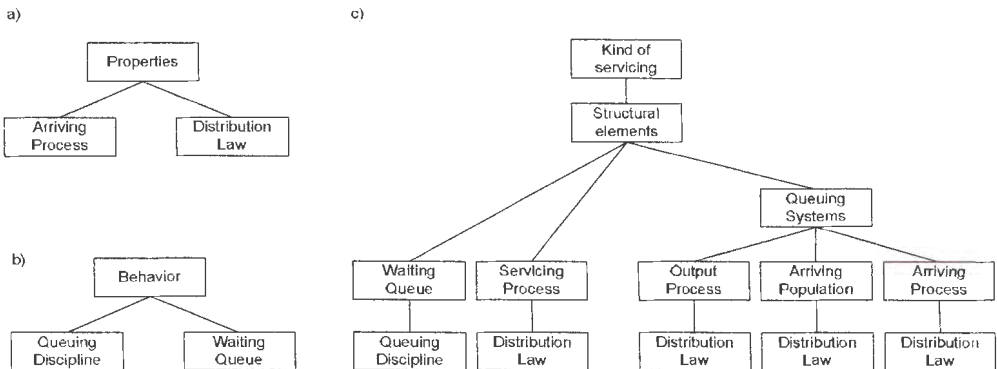
Wynikiem algorytmu scalania grafu jest scalony graf S , który można bezpośrednio przekształcić do struktury Activity Tree zgodnej ze standardem SCORM. Przekształcenie polega na dodaniu opisu scalonych porcji (za pomocą IEEE LOM) i praw sekwencji. Każdy scalony wierzchołek ze zbioru W_s jest w systemie nauczania zdalnego interpretowany jako Learning Activity.



Rys. 66. Graf odpowiadający zbiorowi C (źródło: (Różewski, 2004))

Zaproponowany algorytm może być wykonywany na różnych poziomach dokładności. Podmiotem warunkującym działanie może być zarówno pojedynczy student, jak również kontyngent studentów charakteryzowany przez wspólny profil i cel nauczania. Możliwa jest również sytuacja, że opracowane, scalone wierzchołki traktowane są jako niezależne Learning Objects i w takiej postaci umieszczane w repozytorium. Osoba odpowiedzialna za budowę danego kursu musi opracować własną strategię łączenia Learning Objects do formy materiału dydaktycznego.

Dla przykładu dotyczącego systemów kolejkowych, zbiór scalonych grafów dla pojęć z zbioru A , B i C przedstawiony jest na rysunku 67. Każdy scalony graf jest wyposażony w odpowiednie informacje niezbędne, aby można było go potraktować jako Activity Tree. Oznacza to dodanie reguł sekwencji do każdego z utworzonych węzłów oraz dodanie korespondujących parametrów kontrolnych. Ponadto, globalnie dla całego Activity Tree, należy ustawić flagę `<controlMode>=flow`, uniemożliwiając swobodne poruszanie się po drzewie.

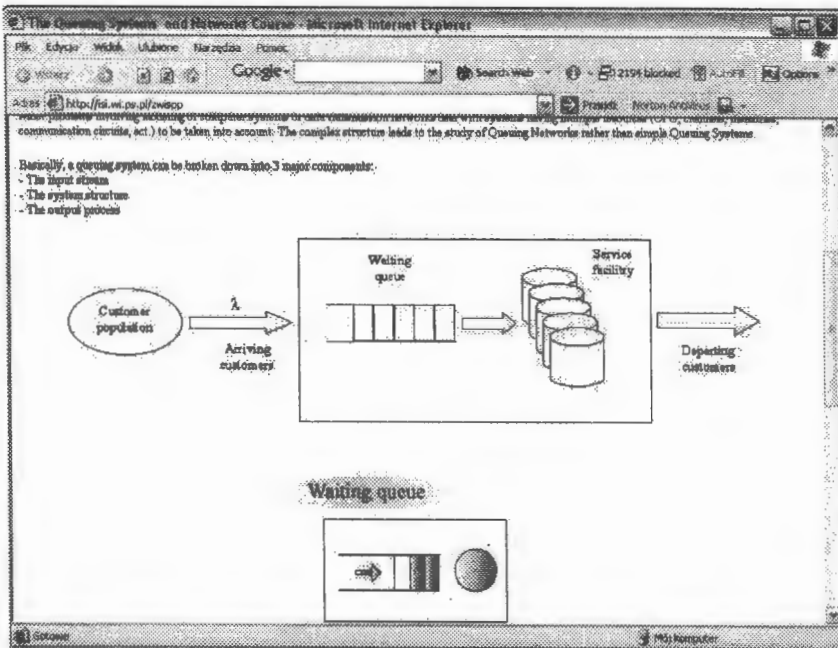


Rys. 67. Scalony graf dla przypadku A , B i C
(źródło: (Różewski, 2004))

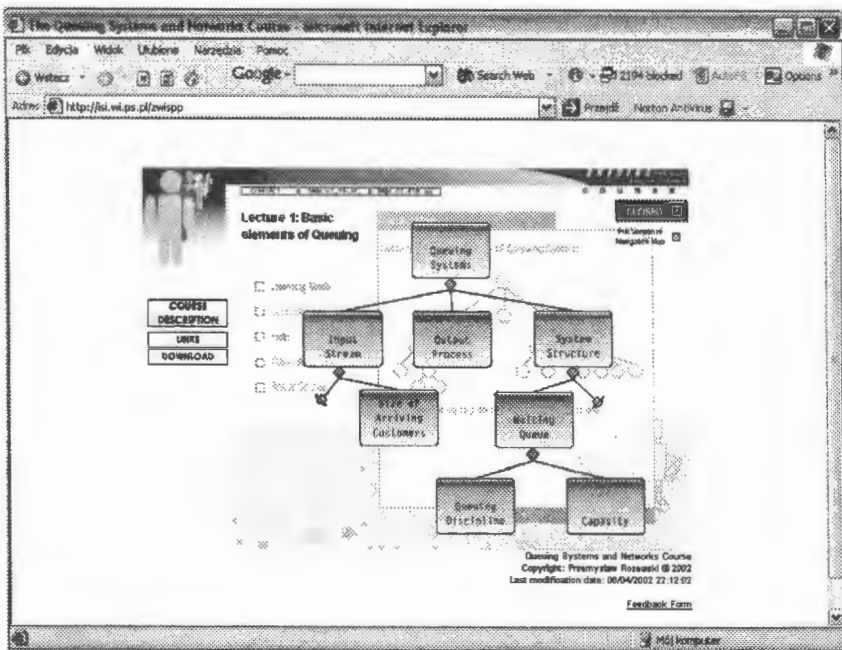
6.4.7 Rola materiałów źródłowych

Przedstawiona metoda stanowi ważny element składający się na jakość nauczania. Jednakże nie przesądza o powodzeniu danego kursu nauczania zdalnego. Nie można bowiem pominąć roli materiałów źródłowych, których głównym elementem są metafory komputerowe przypisane do każdego z pojęć. Ekspert komponuje treść dydaktyczną, która będzie głównym elementem nauki studenta, określając metaforę komputerową dla każdego z pojęć, jakie znajdują się w danym materiale dydaktycznym. Przedstawiony schemat konceptualny dziedziny jest jedynie próbą sformalizowania schematu poznawczego dziedziny. Proces „uczenia się – nauczania” zawsze ma na celu przekazanie konkretnej wiedzy, która zawarta jest w metaforach komputerowych skojarzonych z każdym z pojęć.

Na rysunku 68 przedstawiona jest metafora komputerowa, opracowana przez eksperta i tłumacząca zagadnienie podstawowych elementów systemów kolejkowych, co odpowiada pojęciu *Structural elements*. Po stworzeniu ostatecznej kompilacji materiałów dydaktycznych, według podanej w rozprawie metody, można – by zwiększyć funkcjonalność – dodać schemat poznawczy. Przykładowe podejście przedstawione jest na rysunku 69. Student nawiguje, poprzez zawartość Learning Object, stopniowo odwiedzając poszczególne pojęcia.



Rys. 68. Przykład metafory komputerowej (źródło: (Różewski, 2004))



Rys. 69. Przykład wizualizacji koncepcyjnego schematu dziedziny (źródło: (Różewski, 2004))

Analizując przedstawione podejście należy pamiętać, że formą wejściową jest wyrażony w formie ontologii konceptualny schemat dziedziny. Konceptualny schemat dziedziny jest stworzonym przez eksperta pełnym obrazem dziedziny. Z tego powodu możliwe jest wygenerowanie nieskończenie wielu kursów. Każdy z utworzonych kursów jest z jednej strony na jednakowo wysokim poziomie, a z drugiej – w sposób jak najlepszy dostosowany jest do potrzeb danego studenta. Osiągnięcie tego celu, w oparciu o tradycyjną metodologię, wymagałoby stworzenia każdorazowo nowego kursu dla każdego ze studentów. Natomiast raz opracowany konceptualny schemat dziedziny, umieszczony w repozytorium wiedzy, jest dostępny dla dowolnego zarejestrowanego studenta. Ponadto łatwo przeprowadzić można operację aktualizacji i poszerzenia wiedzy wyrażonej za pomocą ontologii.

Opracowany model konceptualny może być używany zarówno do tworzenia dedykowanych kursów przeznaczonych dla studentów informatyki, jak również dla studentów telekomunikacji. Uniwersalność modelu podyktowana jest wybraną dziedziną. Nie powinniśmy wychodzić z określonego paradygmatu, np. trudno jest znaleźć wiedzę bazową na temat systemów kolejkowych u studenta medycyny. Nauczanie przez rozumienie wymaga określenia wiedzy wspólnej dla studenta i dziedziny, która ma być nauczana. Gdy nie uda się znaleźć wspólnej wiedzy, wówczas nauczanie straci wyraźnie na efektywności.

6.5. Zestawienie proponowanej metody z innymi metodami tworzenia Learning Object

Zagadnienie modelowania wiedzy w kontekście Learning Object, na podstawie dedykowanego modelu wiedzy, było przedmiotem dociekań naukowych między innymi (Lin i in., 2003), (Wu, 2004) oraz (Valderrama i in. 2005). Wyniki porównania przedstawionych rozwiązań zawarte są w tabeli 25.

Wszystkie analizowane metody bazują na dedykowanym modelu wiedzy, jednakże każda z nich określa model wiedzy w inny sposób. Metoda zaproponowana przez Wu (Wu, 2004) oparta jest na formie tabelarycznej, która pozwala zawrzeć wszystkie pojęcia danej dziedziny w strukturze tabel. Podejście ułatwia stosowanie algorytmów badających prawidłową kolejność przekazywania wiedzy. Jednakże utrudniona jest analiza wiedzy zawartej w tablicy przez eksperta. Metoda koncentruje się na określeniu sekwencji edukacyjnej, składającej się ze strumienia wiedzy złożonego z pojęć. Nie została wyszczególniona struktura Learning Object ani kryteria określające zawartość Learning Object. Rozwiązanie opisane w artykule (Lin i in., 2003) bazuje na paradygmacie obiektowym, co pozwala na wydzielenie struktury Learning Object. W przeciwieństwie do metody zaproponowanej przez Wu, metoda Lina nie pozwala określić sekwencji Learning Objects składających się na dany kurs. Oparcie repozytorium wiedzy na modelu regułowym utrudnia kontrolę objętości pojęcia i lokalizację pojęć z danej dziedziny. W (Valderrama i in. 2005) zaproponowane zostało podejście do budowy samodzielnych modułów wiedzy, dostosowanych do pracy w środowisku wykorzystującym technologię Flash. Wykorzystując strukturę grafów koncepcyjnych i system agentowy, budowana jest sekwencja Learning Object dostarczana do studenta. Metoda nie definiuje sposobu określania wielkości Learning Object. Dodatkowo, zastosowanie przedstawionego modelu wiedzy może rodzić trudności z odwzorowaniem wiedzy proceduralnej i fundamentalnej.

Tab. 25. Zestawianie głównych właściwości metod modelowania materiałów dydaktycznych (źródło: (Różewski, 2004))

<i>Kategorie</i>	<i>Proponowane rozwiązanie</i>	<i>Valderrama i in. (2005)</i>	<i>Wu (2004)</i>	<i>Lin i in. (2003)</i>
<i>Zdefiniowanie atomowej jednostki</i>	Pojęcie określone przez macierz głębokości i opisane za pomocą metadanych	Reusable Learning Components Object Oriented (IRLCOO), obiekt wiedzy wyposażony w API	Element wiedzy (ang. <i>knowledge element</i>)	Klasa wiedzy (ang. <i>knowledge class</i>), tworzona na podstawie opracowanych reguł i kolekcji faktów
<i>Zdefiniowanie struktury Learning Object</i>	•	•	?	•
<i>Definicja zakresu dziedziny</i>	•	-	•	-
<i>Dedykowany model wiedzy</i>	<i>Konceptualny schemat dziedziny (KSD)</i> wyrażony w formie ontologii	<i>Concept Graph</i> wyrażony w postaci połączenia <i>Content Graph</i> (zasoby) i <i>Activity Graph</i> (działania)	<i>Knowledge Construction Model (KCM)</i> wyrażony w formie tabeli	<i>New Object-oriented Rule Model (NORM)</i> , wyrażony w formie faktów i reguł
<i>Zgodność ze standardem SCORM (wersja 1.2 / 1.3)</i>	•/•	•/•	•/-	•/•
<i>Możliwość ustalenia sekwencji</i>	•	•	•	?
<i>Główne uwarunkowania pedagogiczne rozwiązania</i>	Stworzenie dziedzinnego repozytorium wiedzy, które na bazie opracowanych mechanizmów, może być udostępnione do postaci sekwencji Learning Objects	Wykorzystanie paradygmatu obiektowego oraz technologii Flash do opracowania samodzielnych multimedialnych modułów dydaktycznych	Przygotowanie mechanizmów, które będą dostarczały wiedzę niedoświadczonemu studentowi w odpowiedniej kolejności	Zastosowanie paradygmatu obiektowego oraz oparcie struktury repozytorium na regułach i faktach pozwala sprostać wyzwaniom SCORM oraz pamięci ludzkiej
<i>Dostosowanie do systemów klasy LMS/LCMS</i>	•	•	-	•
<i>Możliwość implementacji w postaci modułu systemu informatycznego</i>	•	•	-	•
<i>Możliwość dostosowania do kognitywnych cech studenta/indywidualnej strategii nauczania</i>	•/•	-/•	•/-	•/•

• tak, nie, ? brak danych

Zaproponowana przez autorów metoda uzyskuje przewagę nad innymi przedstawionymi rozwiązaniami, ponieważ potrafi zarówno określić sekwencję Learning Objects, jak również ustalić zakres wiedzy składającej się na dany Learning Object. Wiedza

składająca się na poszczególne Learning Objects jest modelowana ze względu na wiedzę bazową studenta i charakteryzujące studenta cechy kognitywne. Model wiedzy umieszczony w strukturach repozytorium jest dostępny nie tylko z perspektywy zbioru Learning Objects, ale również może być analizowany na poziomie pojęć. Stworzone struktury są zgodne ze standardem SCORM 1.3 (również na poziomie stosowanego metajęzyka). Opisany w rozprawie system algorytmów pozwala na określenie scenariuszy i języka współpracy pomiędzy ekspertem, inżynierem wiedzy i nauczycielem. Ograniczenie wiedzy fundamentalnej – bez ograniczenia analizowanej dziedziny – pozwala na generację całej klasy kursów w danej dziedzinie.

6.6. Analiza przedstawionej metody pod kątem standardu SCORM

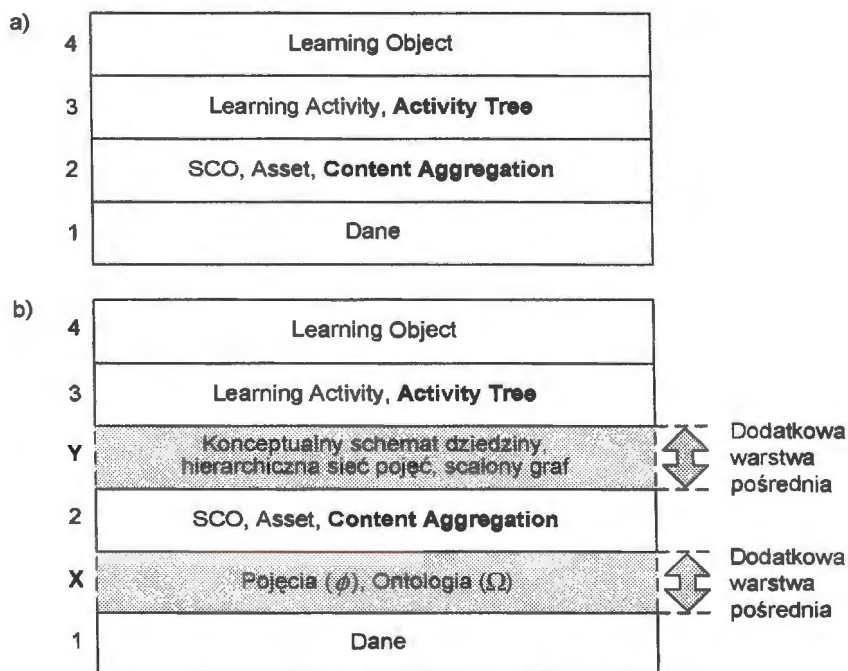
Komentarza wymaga kwestia dostosowania proponowanego w rozprawie rozwiązania do standardu SCORM 1.3, który reprezentuje główne uwarunkowania, typowe dla informatycznych systemów nauczania zdalnego. Użycie zaproponowanego w rozprawie systemu algorytmów w rzeczywistych systemach LMS/LCMS wymaga dostosowania ich do interfejsu standardu SCORM. Standard SCORM opisuje strukturę jednostki Learning Object, tworząc hierarchię kolejno zależnych od siebie obiektów. Umieszczenie opisanych w pracy rozwiązań, w stworzonej dla standardu SCORM nomenklaturze, stanowi gwarancję pomyślnej implementacji w rzeczywistych systemach.

Pierwszym krokiem weryfikacji zaproponowanej metody jest wykonanie analizy pod kątem cech, jakie powinien posiadać produkt edukacyjny według standardu SCORM. Cechy standardu SCORM takie jak: *dostępność*, *zdolności przystosowawcze*, *przenaszalność* i *trwałość* są uzależnione od zastosowanych w produkcji metafor komputerowych technologii informatycznych. Oparcie się na standardach oraz kierowanie się wytycznymi organizacji takich jak W3C i IEEE pozwoli spełnić wymagania wymienionych kryteriów. Jednak najważniejszym celem jest sprośanie najtrudniejszemu z wyzwań określonych przez standard SCORM jakim jest *zapewnienie ponownej używalności* materiałów dydaktycznych. Ponowną używalność zapewnia zastosowanie Learning Object podczas produkcji kursów z danej dziedziny. Zaproponowana metoda pozwala na modelowanie wiedzy w sposób umożliwiający spełnienie postulatu ekonomii Learning Objects.

Dostosowanie do standardu SCORM oznacza również zrównanie stosowanej nomenklatury z nomenklaturą występującą w standardzie. Standard SCORM posługuje się zdefiniowanymi w poszczególnych księgach standardu pojęciami. Każde z pojęć stanowi koncept pewnej idei, która nie powinna być zmieniona, ponieważ jest w swym bazowym rozumieniu stosowana w przekroju całego standardu. Zmiana któregoś z aspektów danego konceptu standardu SCORM może wpłynąć na zanik pewnych cech, które były wymagane w danym ujęciu zagadnienia. Dlatego przedstawiana metoda koncentruje się jedynie na rozszerzeniu podstawowych elementów SCORM.

W bazowej postaci standardu SCORM można wyróżnić cztery warstwy, z których każda reprezentuje pewien poziom konceptualizacji. Omawiany model przedstawiony jest na rysunku 70 a. Na najniższym poziomie (a 1) znajduje się warstwa *danych*, która reprezentuje wszystkie pliki składające się na metafory komputerowe. Ponadto na poziomie danych znajdują się wszelkiego rodzaju pliki metadanych, które są używane w wyższych warstwach modelu SCORM, np. jako składniki deklaracji LOM obiektu SCO (element standardu SCORM). W następnej warstwie (a 2) umiejscowione są struktury pozwalające na integrację danych. Standard SCORM wyróżnia następujące struktury: *Sharable Content Object (SCO)*, *Asset*, *Content Aggregation*, z których każda ma swoje funkcje opisane w standardzie. Najważniejszą strukturą jest Content Aggregation, ponieważ pozwala na agregację SCO i Asseta do formy organizacyjnej, zbliżonej do Learning Object. Następną warstwą (a 3) jest warstwą ustalania sekwencji, na poziomie której dokonywana jest transformacja Content

Aggregation do Activity Tree. Zawartość Activity Tree stanowią struktury uzyskane z transformacji Asset, SCO do Learning Activity. Mechanizmy systemu LMS/LCMS, zgodnego ze SCORM, poprzez zastosowanie odpowiedniej strategii penetracji, tworzą sekwencję Learning Objects na podstawie analizy Activity Tree (warstwa a 4).



Rys. 70. Rozszerzenie bazowego modelu SCORM
(źródło: (Różewski, 2004))

Zaproponowany algorytm wpisuje się w istniejący standard SCORM poprzez dodanie niezależnych, dodatkowych warstw (X, Y) do bazowego modelu standardu SCORM. Nowa, warstwowa struktura przedstawiona jest na rysunku 70 b. Pomiędzy warstwami (b 1) i (b 2) umieszczona jest warstwa algorytmu opisu dziedziny przedmiotowej (b X). Algorytm działa na strukturze ontologii, która składa się z pojęć i relacji zdefiniowanych w sposób opisany w rozprawie. Pojęcia mogą być interpretowane jako obiekty SCO standardu SCORM. Na każde pojęcie składa się tablica określająca głębokość pojęcia w danej dziedzinie wraz z dodatkowym opisem metadanych. Ontologia wyrażona jest w postaci struktury Content Aggregation. Standard SCORM umożliwia oparcie struktury Content Organization na modelu grafu.

Warstwa algorytmu kompilacji materiałów dydaktycznych (b Y) znajduje się pomiędzy warstwami (b 2) i (b 3). Zadaniem warstwy jest dostosowanie konceptualnego schematu dziedziny do wymagań modelu określenia sekwencji standardu SCORM. Model ustalenia sekwencji bazy na strukturze Activity Tree, zatem działania podejmowane na poziomie warstwy (b Y) sprowadzają się do transformacji sieciowej struktury ontologii do postaci lasu drzew. Każde z utworzonych Activity Tree ma strukturę drzewa, gdzie wierzchołkami są Learning Activity. Stworzenie Learning Activity polega na transformacji SCO do Learning Activity, podczas której dodawane są informacje kontrolne, potrzebne w procesie określania sekwencji. Informacje kontrolne podzielić można na zbiór flag określających między innymi sposób nawigacji po drzewie oraz zbiór warunków sekwencji. Warunek sekwencji pozwala na

ustalenie zachowania systemu w przypadku, gdy dane Learning Activity znajdzie się w określonym stanie, np. `IF węzeł_4.state=completed THEN go.previous.`

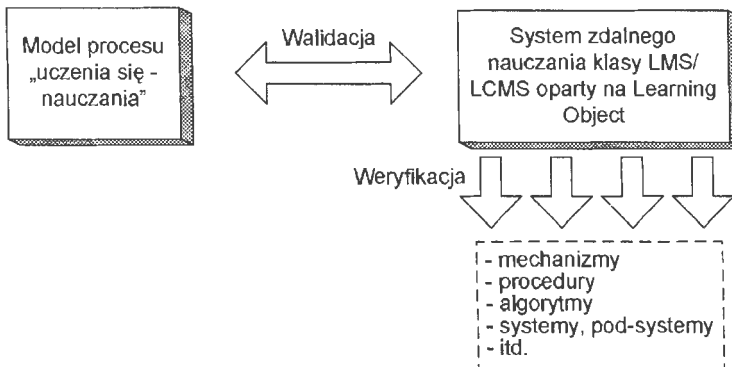
Przedstawiona metoda wydaje się skutecznie wpisywać w standard SCORM, równocześnie nie ingerując w jego wewnętrzną logikę. Dodane dwie warstwy są w pewien sposób przezroczyste dla standardu SCORM i pozwalają na podniesienie jakości modelowania Learning Objects. Ponadto, metoda pozwala na określanie zawartości Learning Object w oparciu o indywidualne cechy każdego z uczestników procesu.

6.7. Zagadnienie walidacji i weryfikacji

Współczesne systemy informatyczne są produktami bardzo skomplikowanymi. Opierają się na zastosowaniu szerokiego spektrum różnych rozwiązań i idei, które należy połączyć w ramach jednego, spójnego systemu, mając na uwadze wymagania funkcjonalne postawione przed systemem w trakcie procesu projektowania. Określenie zgodności systemu z założeniami oraz ustalenie poprawności działania jest jednym z kluczowych elementów tworzenia systemów informatycznych. Równie istotnym zagadnieniem jest zbudowanie wiarygodnych mechanizmów obliczeniowych i zapewnienie wysokiego poziomu niezawodności. Problemom tym dedykowane są procesy walidacji i weryfikacji.

6.7.1 Weryfikacja – walidacja

Analizując zagadnienie weryfikacji i walidacji systemów informatycznych, można oprzeć się na referencyjnej definicji tego procesu. Według definicji pojęcie walidacji interpretowane jest jako proces budowania odpowiedniego systemu. Walidacja określa poziom, na jakim dany system jest odwzorowaniem zadanej rzeczywistości. Im poziom dopasowania jest wyższy, tym proces walidacji gwarantuje lepsze wyniki. Natomiast proces weryfikacji oznacza zbudowanie systemu we właściwy sposób. Prawidłowe zbudowanie systemu determinowane jest przez spełnienie wymogów istniejących standardów i opracowanej dokumentacji projektu. Szczegółowe rozwiązania oparte są na przygotowanych algorytmach i schematach, których prawidłowa implementacja, jak i skuteczność są weryfikowane. Opracowane rozwiązania powinny gwarantować poprawne rezultaty w obszarze danych określonych w specyfikacji na każdym etapie i w każdym submodelu.



Rys. 71. Koncepcja procesu walidacji i weryfikacji w systemie nauczania zdalnego (źródło: (Różewski, 2004))

Jak pokazuje (Lockwood i Chen, 1995), walidacja może być interpretowana w kontekście testowania opartego na koncepcji czarnej skrzynki (ang. *black box*) pokazującego, czy system spełnia wymagania postawione przez użytkownika/konsultanta. Proces weryfikacji

identyfikujemy jako testowanie oparte na koncepcji białej skrzynki (ang. *white box*), która sprawdza, czy system dokładnie wypełnia przygotowane przez użytkownika lub narzucone z zewnątrz specyfikacje na każdym kroku działania i generuje poprawne wyniki.

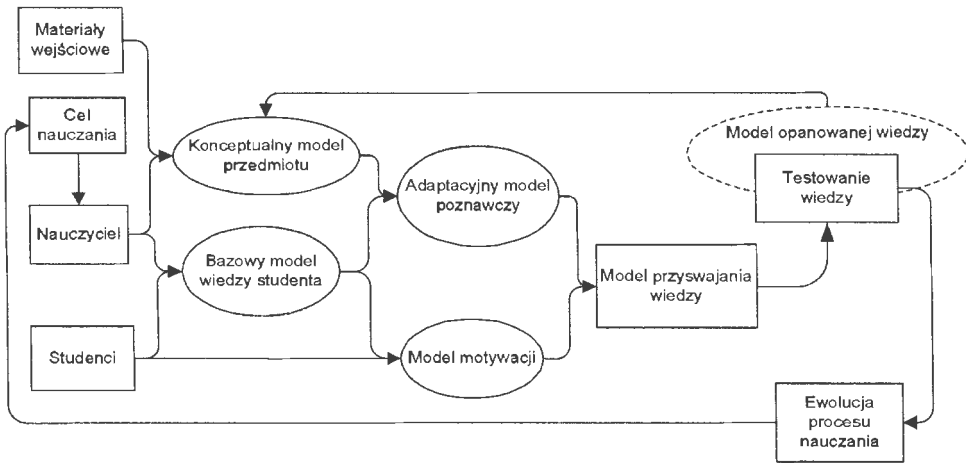
Przedyskutujmy zadania, jakie są treścią procesów walidacji i weryfikacji w odniesieniu do systemów nauczania zdalnego, opartych na Learning Object. Na rysunku 71 pokazana jest koncepcja przeprowadzenia procesów walidacji i weryfikacji w analizowanym systemie nauczania zdalnego. Walidacja pozwala stwierdzić, na ile zaimplementowany model procesu „uczenia się – nauczania” jest zgodny z rzeczywistym procesem. Analiza nie powinna polegać na szukaniu bezpośrednich podobieństw, ale na systemowej analizie przeprowadzonej na poziomie funkcjonalnym i operacyjnym. Identyfikacja aktorów, typowych scenariuszy działania i dialogów pozwala na zbudowanie systemu funkcjonalnie podobnego i wypełniającego te same zadania, co proces rzeczywisty. Proces walidacji pozwala określić, czy zadania, jakie wypełnia model procesu „uczenia się – nauczania” pokazany na rysunku 72, są realizowane w ramach systemu opartego na zaproponowanej metodzie. Proces weryfikacji koncentruje się na szczegółowej analizie konkretnych algorytmów i obiektów, która ma na celu ustalenie poprawności implementacji. Zadaniem fazy implementacji jest realizacja powierzonego w procesie konceptualizacji i projektowania zadania.

Proces walidacji nie jest procesem rozpatrywanym w izolacji od środowiska. Jak pokazuje (Burgess, 1995), inne podejście jest właściwe dla systemów opartych na standardzie *Just in Time*, jeszcze inne dla systemów handlu elektronicznego. Walidacja nie powinna być rozpatrywana jako jednostkowy proces. Właściwa interpretacja zakłada umieszczenie procesu walidacji w cyklu życia danego systemu, zawierającym między innymi planowanie, programowanie, testowanie, modyfikowanie. W dyskutowanym podejściu cykl życia systemu jest wyznaczany przez model procesu „uczenia się – nauczania”.

6.7.2 Walidacja systemu opartego na Learning Object

Systemy nauczania zdalnego, realizowane w ramach systemów klasy LMS/LCMS, bazują na formalizacji procesu nauczania do postaci systemu informatycznego. Proces nauczania zdalnego jest pochodną procesu nauczania przeprowadzanego w sposób „tradycyjny”. Różnice spowodowane są przez rozdzielnie osoby studenta i nauczyciela nie tylko ze względu na odległość, ale również czas. Referencyjny model procesu „uczenia się – nauczania” przedstawiony na rysunku 72, jest próbą konceptualizacji procesu „uczenia się – nauczania”. Model oddaje pewną rzeczywistość działania procesu nauczania. Na przyjętym poziomie konceptualizacji nie istnieje rozróżnienie, czy proces nauczania jest zdalny czy też takim nie jest. Model przedstawia, w postaci osobnych bloków, etapy nauczania i pokazuje zależności funkcyjne oraz pozwala przeanalizować przepływ zasobów (w tym wiedzy i informacji) jaki ma miejsce w procesie nauczania. Stworzenie efektywnego procesu nauczania wymaga zaimplementowania każdego z wydzielonych pod-modeli, zarówno w nauczaniu „tradycyjnym”, jak i zdalnym. Proces walidacji polega na sprawdzeniu, czy zaproponowane rozwiązanie realizuje funkcję i powiela zachowania modelu referencyjnego.

Walidacja konkretnego rozwiązania przeprowadzana jest poprzez porównanie opracowanego modelu systemu z bazowym modelem procesu nauczania. Ponieważ model tworzony jest przez eksperta, błąd procesu walidacji jest uzależniony od jakości stworzonego konceptualnego modelu. Nieścisłości mogą wynikać również z trudności w procesie interpretacji modelu. Rzutowanie, będące procesem analizy porównawczej, wymaga wykonania czynności dostosowujących, które mogą spowodować zanik charakterystycznych cech i przez to zniekształcić wynik walidacji.



Rys. 72. Model procesu „uczenia się - nauczania”
(źródło: (Kusztina i in., 2001))

Przedstawiona metoda tworzenia dostosowanej dla konkretnego studenta sekwencji Learning Objects pozwala na zbudowanie odpowiedniego modułu systemu LMS/LCMS. Walidacja polegająca na zestawieniu modelu referencyjnego procesu nauczania (rys. 72) z zaproponowanym podejściem umożliwia wyprowadzenie następujących wniosków:

- (1) Wszystkie wejścia występujące w modelu referencyjnym procesu nauczania mają swoje odpowiedniki w zaproponowanym rozwiązaniu. Materiał wejściowy jest wynikiem procesu wydobywania wiedzy od eksperta. Cele nauczania i nauczyciel reprezentowani są przez odpowiednie modele.
- (2) Adaptacja konceptualnego modelu wiedzy do wymagań danego studenta odbywa się w trakcie działania algorytmu kompilacji materiałów dydaktycznych. Podobnie jak w nauczaniu tradycyjnym, pod uwagę są brane nie tylko dane statystyczne pochodzące z rekordu studenta, ale również obraz wiedzy studenta wyrażony w profilu studenta.
- (3) Sprzężenia zwrotne występujące w modelu referencyjnym występują również w przedstawionym rozwiązaniu. Złe rezultaty testów studenta pełnią rolę sygnałów informujących dla osoby odpowiedzialnej za zarządzanie kursem. Sygnały pochodzące z otoczenia zewnętrznego mogą być przyczyną zmiany celu nauczania.
- (4) Model motywacji studentów jest zagadnieniem kompleksowym, w którym trudno jednoznacznie wydzielić cechy odpowiedzialne za motywację. Mając na uwadze założenie mówiące, że korzystanie z nauczania zdalnego samo w sobie wymaga dużej motywacji, można wykorzystać dodatkowe mechanizmy zapewnione przez system nauczania zdalnego. Najbardziej trywialnym jest wykorzystanie poczty do powiadamiania studenta. Zaawansowane mechanizmy wykorzystują z jednej strony możliwość dokładnego określania warunków kursu, co pozwala na budowanie wiarygodnych hipotez rozwoju studenta, z drugiej – możliwe jest wykorzystanie różnorodnych technik motywujących, takich jak, np. praca w grupie, czasowy dostęp do materiałów, prowadzenie rankingu.

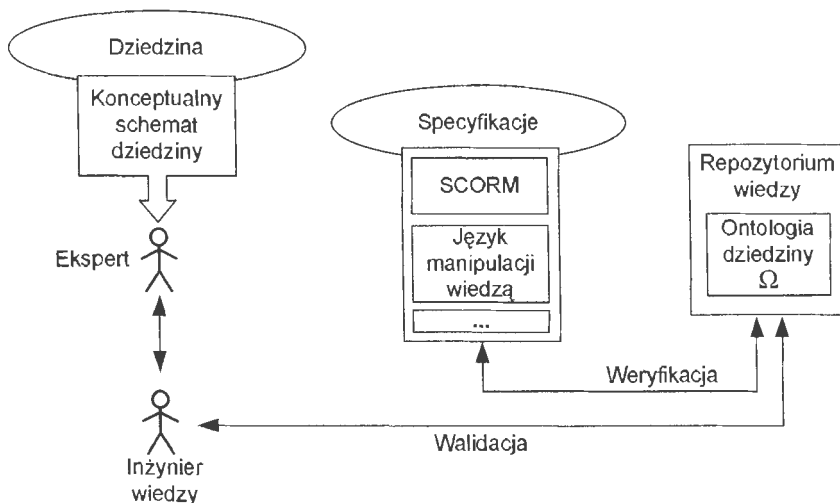
Walidacja przeprowadzona na poziomie modelu referencyjnego pokazuje, że opracowane algorytmy i metodologia wpisują się w obraz procesu „uczenia się – nauczania”, który zawarty jest w modelu referencyjnym. Zaproponowany model pokrywa się z rzeczywistością, udostępniając równoważną funkcjonalność, wzbogaconą o możliwości środowiska komputerowego, np. możliwość wielokrotnego odtwarzania.

6.7.3 Walidacja modelu wiedzy

Jednym z istotniejszych elementów systemu nauczania zdalnego, opartego na Learning Object, jest repozytorium. Repozytorium jest bazą wiedzy przechowującą wiedzę uzyskaną od eksperta i formalizowaną do postaci konceptualnego schematu dziedziny, wyrażonego pod postacią ontologii. Walidacja bazy wiedzy polega na stwierdzeniu, czy ontologia wyrażona w bazie wiedzy pokrywa się z wiedzą, jaką posiada ekspert z danej dziedziny. Równocześnie należy sprawdzić poprawność struktur. Przedmiotem walidacji są niekompletność i nieprecyzyjność bazy wiedzy. Nieprecyzyjność bazy wiedzy ujawnia się wówczas, gdy podczas procesu wydobywania wiedzy nie uda się oddać w pełni intencji eksperta.

W systemach opartych na zarządzaniu wiedzą, jakimi niewątpliwie jest koncepcja Learning Object, kluczowy aspekt systemu nie jest bezpośrednio dostępny. Wiedza ukryta jest w umysłach ludzi należących do danej organizacji lub charakteryzujących ekspertów z danej dziedziny. Jednakże, istnieją pewne metody formalizacji wiedzy, co pozwala na uzyskanie wiedzy w postaci odwzorowującej struktury umieszczone w umyśle. Każde podejście do formalizacji wiedzy zakłada pewne ograniczenia i definiowane jest przez konkretne spojrzenie na rzeczywistość. Trudność polega na tym, że model wiedzy wyrażony formalnie należy porównać z wiedzą przechowywaną w umyśle przez eksperta w sposób całkowicie nieformalny.

Dyskusja o zagadnieniu walidacji modelu wiedzy, przedstawiona w pracy (Lockwood i Chen, 1995), oparta jest na tezie twierdzącej, że proces walidacji modelu wiedzy jest procesem zależnym od procesu wydobywania wiedzy od eksperta. Wniosek ten należy jednak uzupełnić, mając na uwadze główne zadanie stojące przed strukturą repozytorium – czyli odwzorowanie pewnego obszaru wiedzy eksperta, o stwierdzenie, że istotnym czynnikiem podlegającym walidacji jest również sposób formalizowania wiedzy. Na rysunku 73 przedstawiony jest proces walidacji bazy wiedzy. Walidacja obejmuje swoim zasięgiem nie tylko proces wydobywania wiedzy do eksperta, ale również jej formalizację (Knauf i in., 1998).



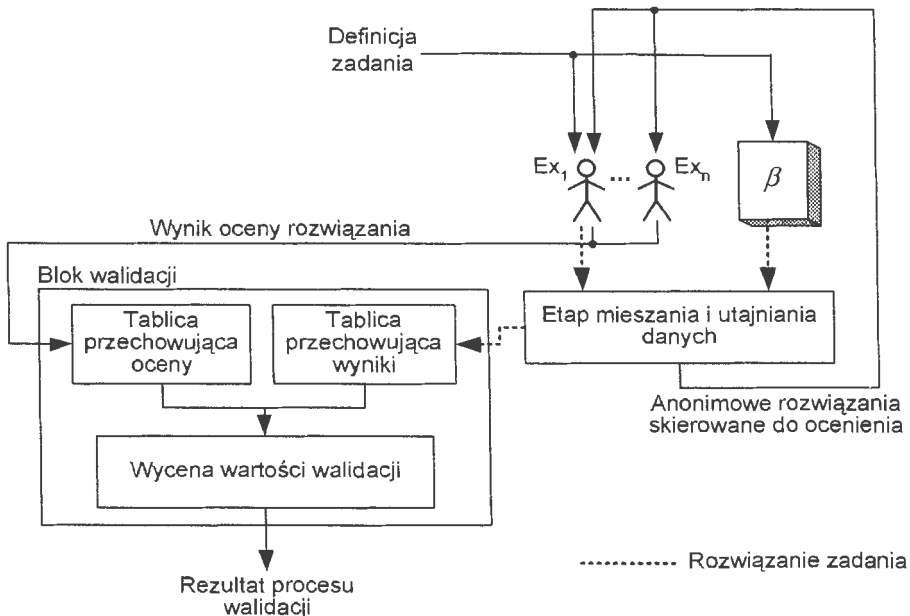
Rys. 73. Walidacja modelu wiedzy (źródło: (Różewski, 2004))

Walidacja bazy wiedzy przedstawionego systemu polega na sprawdzeniu, czy wiedza zawarta w bazie pozwala na dedukowanie tych samych wniosków i efektywne przeprowadzenie tych samych działań, co równoważna wiedza ekspercka. Pomóc w wykonaniu walidacji może metodologia oparta na teście Turinga.

6.7.4 Test Turinga rozpatrywany jako podstawowa metodologia walidacji

Zastosowanie systemów opartych na wiedzy wymusza oparcie procesu walidacji na analizie sprawdzającej, czy proponowane wyniki działania danego inteligentnego systemu są ekwiwalentem działań eksperta-człowieka, przeprowadzonych na tak samo zdefiniowanych danych wejściowych (Gonzalez i Barr, 2000). W systemach inteligentnych ma miejsce odwzorowanie zaproponowanego przez człowieka rozumienia danej dziedziny. W walidacji poszczególnych komponentów, jak i całego systemu nauczania zdalnego opartego na Learning Objects, może pomóc test Turinga, dokładnie przeanalizowany w książce (Hodges, 2002). Test Turinga zakłada, że jeżeli kilku ekspertów-ludzi stwierdzi, że system działa jak kolejny ekspert-człowiek, proces walidacji generuje pozytywną odpowiedź.

Jedną z metodologii przeprowadzenia walidacji w oparciu o test Turinga opisana jest przez (Knauf i in., 1998) i przedstawiona na rysunku 74. Mechanizm działania zakłada podawanie tych samych zadań ekspertom-ludziom i badanemu modułowi β . Zadanie może polegać na zbudowaniu personalizowanego materiału dydaktycznego dla zdefiniowanej grupy studentów w ramach wiedzy z określonej dziedziny. Po wykonaniu zadania rezultaty zarówno ekspertów, jak i badanego systemu β podlegają utajnieniu, aby w następnym kroku poddać je ocenie ekspertów-ludzi (Ex). Większa liczba ekspertów czyni wyniki walidacji bardziej wiarygodnymi. Ekspertcy oceniają poszczególne wyniki nie wiedząc, czy ich źródłem jest inny ekspert czy system inteligentny. Uzyskane wyniki mogą określać zarówno poprawność/niepoprawność rozwiązania zadania, jak również oszacowywać jakość rozwiązania w oparciu o raport, charakteryzując kolejne cechy analizowanych systemów. W bloku walidacji następuje porównanie rozwiązań z ocenami opracowanymi przez ekspertów-ludzi. Gdy badany system β charakteryzuje się zgodnością działania (generacji wyników) na poziomie równoważnego mu eksperta-człowieka, wtedy współczynnik określający jakość walidacji jest wysoki.



Rys. 74. Metodologia przeprowadzenia procesu walidacji w oparciu o test Turinga (źródło: (Różewski, 2004))

W zaproponowanej metodzie walidacji (rys. 74) modułem β , poddanym procesowi walidacji są poszczególne elementy procesu nauczania danego. System nauczania zdalnego, traktowany jako całość, poddaje się walidacji najtrudniej. Dlatego stosuje się podejście holistyczne zakładające odbiór otaczającej rzeczywistości jako zbiór współzależnych systemów. Kluczowym czynnikiem mającym wpływ na jakość procesu walidacji jest ekspert, który zazwyczaj ograniczony jest do pewnej wąskiej dziedziny i nie powinien przyjmować odpowiedzialności za cały system nauczania. Walidacji poddać można działanie algorytmu opisu dziedziny przedmiotowej, jak również algorytmu kompilacji materiałów dydaktycznych. Ponadto walidacji można poddać różnego rodzaju mechanizmy znajdujące się w systemie, np. mechanizm oceny testu.

6.7.5 Weryfikacja w systemach nauczania zdalnego

Weryfikacja w systemach nauczania zdalnego jest utrudniona, ponieważ pewnych elementów systemu nie można kontrolować ani poddać standaryzacji w konwencjonalny analityczny sposób (Burgess, 1995). Szczególnie w systemach opartych na modelowaniu wiedzy, stopień formalizacji jest ograniczony do wymiaru języka manipulacji wiedzą. Weryfikacja, w kontekście systemów inteligentnych, definiowana jest (Gonzalez i Barr, 2000) jako proces mający zapewnić, że system inteligentny spełnia wymagania przygotowanych specyfikacji oraz posiada bazę wiedzy, która jest kompletna i spójna. Działanie systemów opartych na wiedzy polega na ciągłej interakcji pomiędzy człowiekiem i komputerem. Dynamicznie zmieniające się uwarunkowania systemu oraz aspekt ludzki, który jest integralną częścią podejścia, stanowią duże wyzwanie dla procesu specyfikacji, bez którego niemożliwe jest wykonanie procesu weryfikacji systemu.

Przedstawione rozważania pokazują, że proces weryfikacji jest uzależniony od umiejętności zbudowania specyfikacji danego systemu. W odniesieniu do systemów opartych na wiedzy, działanie takie jest często bardzo trudne do przedsięwzięcia lub wręcz niemożliwe. Pokazany na rysunku 73 proces weryfikacji modelu wiedzy może być wykonany w oparciu o specyfikację standardu SCORM. Standard SCORM określa jednak tylko niektóre aspekty procesu nauczania zdalnego, opartego na Learning Object. Weryfikacja może być wykonana w odniesieniu do poszczególnych elementów systemu nauczania, jednak weryfikacja całego procesu jest uzależniona od prac certyfikujących, przeprowadzanych na tym polu nauki.

6.8. Podsumowanie

Przedstawiona w rozdziale metoda tworzenia personalizowanego strumienia Learning Objects bazuje na formalizacji konceptualnego schematu dziedziny do postaci ontologii. Stworzony, według przygotowanej metody, model wiedzy jest głównym elementem zautomatyzowanego procesu tworzenia Learning Objects, dostosowanego do wymagań standardu SCORM. Przesłanki pozwalające na automatyzację procesu z jednej strony pochodzą z kognitywistyki, a z drugiej strony z aparatu teorii grafów. Oparcie rozwiązania na formalnym modelu ontologii, który można poddać procesowi wizualizacji do postaci map konceptualnych, pozwala stworzyć osadzone w systemie LMS/LCMS efektywne interfejsy manipulowania wiedzą.

Główne charakterystyki omawianej metody:

- W zaproponowanym podejściu Learning Object jest rozważany jako złożona struktura składająca się z semantycznych jednostek (pojęć). Każde pojęcie jest traktowane jako abstrakcja opisana za pomocą tabel głębokości, na podstawie operacji uogólnienia i agregacji.
- Przedstawiona metoda pozwala na automatyzację mechanizmu opracowywania zawartości Learning Object. Zaproponowany system algorytmów umożliwia modelowanie wiedzy,

- poczynając od poziomu atomowego (pojęcia), poprzez poziom dziedziny (ontologia) i kończąc na wymiarze podejścia naukowego (paradygmat).
- Wykorzystanie metod sztucznej inteligencji i zasad kognitywistyki pozwoliło na opracowanie metod pozwalających na dostosowanie tworzonych materiałów dydaktycznych do konkretnego kontekstu edukacyjnego, zgodnie z uwarunkowaniami działania informatycznych systemów zarządzania wiedzą klasy LMS/LCMS. Kontekst jest modelowany na podstawie informacji o wiedzy studenta, celu nauczania, metodologii nauczania.
 - Zaproponowana metoda zawiera mechanizmy znajdowania porcji i ustalenia ich kolejności w określonej dziedzinie przedmiotowej w zależności od przyjętej metodologii nauczania (nauczanie indukcyjne/dedukcyjne). Rezultaty są odwzorowywane w repozytorium w oparciu o opracowane struktury i modele.
 - W metodzie zaproponowane zostało rozszerzenie standardu SCORM 1.3 o nowe warstwy umożliwiające pracę na poziomie ontologicznym.
 - W rozdziałach 5 i 6 została wykonana konceptualizacja procesu nauczania zdalnego, odbywającego się w trybie asynchronicznym. Przeprowadzono identyfikację aktorów, wejść i wyjść procesu, opracowano platformy komunikacyjne wraz ze zdefiniowaniem ram komunikacji i przygotowaniem niezbędnego języka komunikacji.

6.9. Bibliografia

- Burgess C. (1995), A broader view of validation; the balance of compliance and science, *Laboratory Automation & Information Management*, 31(1), 35-42.
- Cowan N. (2001), The Magical Number 4 in Short-term Memory: A Reconsideration of Mental Storage Capacity, *Behavioral and Brain Sciences*, 24(1), 87-185.
- Doumont J.L. (2001), Magical Numbers: The Seven-Plus-or-Minus-Two Myth, *IEEE Transactions of Professional Communication*, 45(2), 123-127.
- Gonzalez A.J., Barr V. (2000), Validation and Verification of Intelligent Systems – What are They and how They are Different??. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 12(4), 407-420.
- Graves M. (2002), Projektowanie baz danych XML: Vademecum profesjonalisty, Wydawnictwo Helion, Gliwice.
- Hodges A. (2002), Enigma. Życie i śmierć Alana Turinga, Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa.
- Knauf R., Abel T., Jantke K.P., Gonzalez A.J. (1998), Framework for validation of Knowledge Based Systems, In: Grieser G., Beick H.R., Jantke K.P. (Eds.), *Aspects of Intelligent Systems Validation*, Meme Media Laboratory Technical Report, Series of Meme Media Management, Japan, 1-21.
- Konieczny J. (1983), Inżynieria Systemów Działania, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Kusztina E., Zaikin O., Różewski P. (2006), On the knowledge repository design and management in E-Learning. In: E Lu, Jie; Ruan, Da; Zhang, Guangquan (Eds.), *Service Intelligence: Methodologies, Technologies and applications*, Series: Studies in Computational Intelligence, Wydawnictwo Springer-Verlag Book, tom 37, 497-517.
- Kusztina E., Różewski P. (2003), Opracowanie Podejścia do Tworzenia Formalnego Opisu Dziedziny Wiedzy Teoretycznej, W: Tom wydawniczy Instytutu Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk, *Badania Systemowe*, 33, 29-40.
- Kushtina E., Zaikin O., Różewski P. (2001), Knowledge base approach to courseware design in distance learning, In: *Proceedings of the IX-th International Conference KDS-2001*, St.-Petersburg, 281-287.
- Lin Y.T., Tseng S.S., Tsai C.F. (2003), Design and implementation of new object-oriented rule base management system, *Expert Systems with Applications*, 25(3), 369-385.
- Lockwood S., Chen Z. (1995), Knowledge validation of engineering expert systems, *Advances in Engineering Software*, 23(2), 97-104.
- Maruszewski T. (2002), Psychologia poznania. Sposoby rozumienia siebie i świata, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk.
- Miller G. A. (1956), The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information, *Psychological Review*, 63.
- Nęcka E. (2003), Inteligencja. Geneza – Struktura – Funkcje, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk.
- Radośniński E. (2001), Systemy informatyczne w dynamicznej analizie decyzyjnej, Wyd. PWN, Warszawa - Wrocław
- Roberts D.D. (1973), *The Existential Graphs of Charles S. Peirce*, Wydawnictwo Mouton and Co.

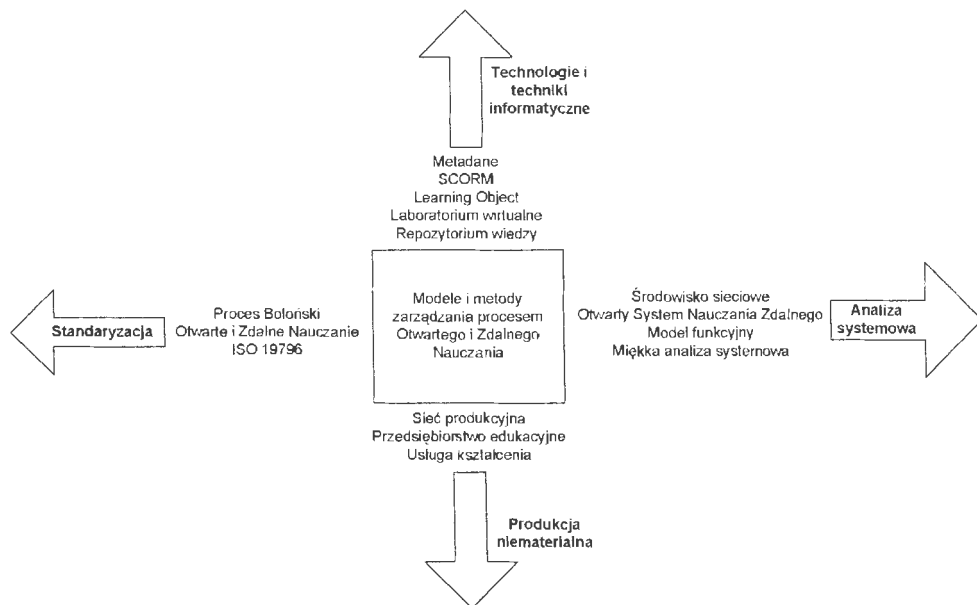
- Różewski P. (2004), Metoda projektowania systemu informatycznego reprezentacji i przekazywania wiedzy dla nauczania zdalnego, Rozprawa doktorska, Wydział Informatyki Politechniki Szczecińskiej.
- Stenberg R.J. (2001), Psychologia poznawcza, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne S.A., Warszawa
- Valderrama R.P., Ocaña L.B., Sheremetov L.B. (2005), Development of intelligent reusable learning objects for web-based education systems, *Expert Systems with Applications*, 26(3), 273-283.
- Wu C.-H. (2004), Building knowledge structures for online instructional/learning systems via knowledge elements interrelations, *Expert Systems with Applications*, 26(3), 311-319.
- Zaikin O., Kushtina E., Różewski P. (2006), Model and algorithm of the conceptual scheme formation for knowledge domain in distance learning, *European Journal of Operational Research*, 175(3), 1379-1399.
- Zaikin O. (2002), Queuing Modelling Of Supply Chain In Intelligent Production, Wydawnictwo Informa, Polska, Szczecin.

9. Zakończenie

Edukacja jako instytucja społeczna istniała od zawsze i przez długi czas opierała się na prawie niezmiennych zasadach. Tempo rozwoju związanego z globalizacją spowodowało jednak, że te zasady się zmieniły (np. uczenie się przez całe życie, personalizacja). Sformułowany został nowy paradygmat działania systemu edukacyjnego oraz zmieniona (rozszerzona) została docelowa grupa jego odbiorców. Można również zauważyć nowe miejsce systemu nauczania w rozwoju gospodarki światowej, pokazane m.in. w korelacji państw bogatych z wysokim poziomem wykształcenia ich obywateli. Wszystkie te czynniki powodują, że w dyskusji na temat systemów edukacyjnych należy zmierzyć się ze zmianą paradygmatu, co oznacza, że ciągle istnieje konieczność zachowania pierwotnej misji przy zamianie metod i technik nauczania.

Systemy edukacyjne na poszczególnych kontynentach, ze względu na wolny, globalny przepływ pracowników, ulegają standaryzacji. Autorzy pokazali co najmniej dwa poziomy standaryzacji systemów edukacyjnych. Pierwszy poziom jest reprezentowany przez koncepcję Otwartego i Zdalnego Nauczania (ang. Open and Distance Learning). W ramach tej koncepcji powstaje standaryzowane środowisko nabywania kompetencji na poziomie podstawowym, które zapewnia także możliwość ich późniejszego rozwoju. Drugi poziom to Proces Boloński integrujący we wspólny system edukacyjny, organizacyjnie i treściowo, kraje Europy. Przedstawione kierunki standaryzacji są nieuniknione. Jako przykład tego działania można podać obecnie stosowany system punktowy ECTS.

W książce świadomie poruszony został szeroki zakres materiału, ponieważ zmiana paradygmatu działania systemu edukacyjnego nie może obejść się bez badań naukowych. Przedstawiony zakres badań naukowych tworzy nową dziedzinę, której wymiar przedstawiony został na rysunku 99.



Rys. 99. Kierunki dalszej analizy zagadnień przedstawionych w książce (źródło: opracowanie własne)

Kierunki dalszych badań, bazujące na rysunku 99, mogą być następujące:

- Standaryzacja
Opracowanie standardów które opisują nie tylko aspekt informatyczny systemów nauczania zdalnego ale również informacyjny.
- technologie i techniki informatyczne
Opracowanie systemów pozwalających na personalizację oraz zarządzanie na poziomie semantycznym.
- Analiza systemowa
Wykorzystanie modeli kompetencji i metod teorii gier oraz modelowania ontologicznego i metod reprezentacji wiedzy do analizy systemowej słabo formalizowanych procesów opartych na przetwarzaniu wiedzy.
- Produkcja niematerialna
Opracowanie algorytmów i standardów sieci informacyjnej, pracującej na poziomie wiedzy i kompetencji.

Głównym celem autorów było pokazanie metodologii budowy systemu informacyjnego nauczania zdalnego posiadającego następujące właściwości:

- otwartość: dostosowanie systemu informacyjnego do wymagań rynkowych;
- inteligencja: wielopoziomowe zarządzanie wiedzą;
- adaptacyjność: personalizowany cykl życia studenta;
- wydajność: optymalizacja sieci produkcyjnej.

Przedstawiony w książce materiał składa się na nowy kierunek badań naukowych, który w swej naturze jest wielodyscyplinarny. Autorzy zakładają, że już niedługo zostanie on ujęty w ogólnie przyjętej taksonomii naukowych kierunków.

Książka poświęcona jest następującym zagadnieniom: koncepcja europejskiego systemu edukacyjnego, koncepcja otwartego i zdalnego nauczania, jakość w systemie edukacyjnym, sieciowe środowisko nauczania zdalnego, uwarunkowania kognitywne nauczania zdalnego, organizacja i struktura systemów informacyjnych w nauczaniu zdalnym, standardy i organizacje zajmujące się zagadnieniem nauczania zdalnego, modele zarządzania otwartym systemem nauczania zdalnego, modele systemu informatycznego klasy LMS/LCMS, modelowanie wiedzy w nauczaniu zdalnym, laboratorium wirtualne jako przykład inteligentnego systemu informacyjnego, modele sieci informacyjnej w przedsiębiorstwie edukacyjnym.

ISSN 0208-8029

ISBN 9788389475169

Instytut Badań Systemowych PAN
tel. (4822) 3810241 / 3810273 e-mail: biblioteka@ibspan.waw.pl