



**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 Kusztnina
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.

7. Koncepcja laboratorium wirtualnego jako przestrzeni wymiany kompetencji

7.1. Wstęp

Problem zarządzania wiedzą staje się coraz ważniejszym problemem współczesnej nauki. Z punktu widzenia technologii komputerowej główne problemy badawcze to zapis i udostępnianie wiedzy, metody rozszerzania i pogłębiania wiedzy oraz adaptacja istniejącej wiedzy do określonych oczekiwań (personalizacja). Zbiór nauk związanych z kognitywistyką koncentruje się na zagadnieniach identyfikacji struktur wiedzy przechowywanych w umyśle i rozwijaniu metod inżynierii wiedzy. Osobnym problemem jest digitalizacja wiedzy pozwalająca na komputerowe przetwarzanie zasobów wiedzy, np. Semantic Web.

W ostatnich latach zagadnienie badawcze zarządzania wiedzą zostało rozszerzone o aspekt kompetencji. Kompetencje reprezentują wiedzę zdobytą przez studenta podczas procesu nauczania. Ujęcie wiedzy w postaci kompetencji pozwala na stworzenie systemu opisu danej dziedziny, gdzie punkt ciężkości przesunięty jest w stronę rzeczywistych kwalifikacji danej osoby. Kompetencje pozwalają również na opis danej dziedziny w postaci następujących po sobie poziomów, które reprezentują zwiększający się stopień zaawansowania (nowicjusz - ekspert). Ponadto, wykorzystując kompetencje możliwe jest stworzenie dokładnego opisu danej dziedziny poprzez wyszczególnienie związanych z nią działań i umiejętności w postaci zrozumiałych opisów tekstowych.

Z pragmatycznego punktu widzenia przeznaczeniem każdej organizacji edukacyjnej jest przygotowanie kompetentnej i wykwalifikowanej kadry dla różnych sektorów gospodarki i życia społecznego. Podstawą kompetencji i kwalifikacji jest wiedza i własne doświadczenie. Zajęcia laboratoryjne są istotnym elementem całego procesu nauczania teorii i nabywania praktyki. Włączenie zajęć laboratoryjnych w cykl nauczania potrzebuje wstępnego przygotowania z jednej strony studenta, a z drugiej strony środowiska laboratorium. Przygotowanie studenta polega na przekazaniu i późniejszym sprawdzeniu wiedzy koniecznej dla wykonania zadania laboratoryjnego. W nauczaniu tradycyjnym kontrolowanie, a nawet uzupełnienie wiedzy studenta na bieżąco wykonuje prowadzący zajęcia laboratoryjne. W laboratorium wirtualnym rola prowadzącego zajęcia jest zastąpiona odpowiednim elementem oprogramowania (inne możliwości to model wiedzy w postaci repozytorium, system ekspertowy lub model ontologiczny dziedziny). Zagadnienie tworzenia tego typu oprogramowania jest dyskutowane między innymi przez (Kushtina i in., 2006a).

7.2. Laboratorium wirtualne

Laboratorium wirtualne jest coraz istotniejszym składnikiem przestrzeni wymiany wiedzy tworzonej we współczesnym uniwersytecie i politechnice. Składa się na to kilka czynników. Po pierwsze szkolenie inżynierów za pomocą systemów on-line, jak pokazuje (Bourne i in., 2005), jest efektywniejsze ze względu na koszt i ułatwiony dostęp do zasobów. Stały rozwój sprzętu komputerowego i infrastruktury sieciowej zwiększa zakres i możliwości działania laboratorium wirtualnego np. o wirtualny dostęp do realnego oprzyrządowania i maszyn (González-Castaño i in., 2001) lub zdalne eksperymenty wykonywane w realnych warunkach pracy urządzeń (Scanlon i in., 2004). Poszczególne dziedziny nauki w coraz większym stopniu wykorzystują różne technologie informatyczne i dedykowane oprogramowanie, co pozwala zmniejszyć dystans do przestrzeni wirtualnej. Dziedziny takie jak np. chemia (García-Luque i in., 2004) lub geografia (Ramasundaram i in., 2005) stopniowo zostają nasycone zaawansowanymi systemami informatycznymi, co ułatwia zbudowanie korespondujących systemów laboratorium wirtualnego. Ostatni aspekt dotyczy

czynnika ludzkiego. Trwające już od przeszło dekady badania dotyczące interakcji człowiek-komputer, omówione przez (Danna i Griffin, 1999), pozwoliły dostosować stanowisko pracy operatora np. studenta do jego wymagań kognitywnych i psychomotorycznych. Wynikiem tego jest stworzenie szeregu predefiniowanych środowisk pracy, przygotowanych zarówno pod względem ergonomii (Shackel, 2000) jak i rozwiązań technicznych (Duffy i in., 2003).

Koncepcja laboratorium wirtualnego jest szeroko dyskutowana w literaturze. (Dobrowolski, 2004) definiuje laboratorium wirtualne jako heterogeniczne, rozproszone środowisko, które umożliwia grupie agentów (np. studentów lub naukowców) wspólną pracę nad wspólną grupą projektów. W (Kusztina, 2006) pojęcie laboratorium wirtualnego zostało rozszerzone poprzez określenie trzech wzajemnie uzupełniających się typów laboratorium. Ewolucja koncepcji laboratorium wirtualnego rozpoczęła się od prostych systemów symulujących działanie pewnego artefaktu w ograniczonym środowisku manipulacji np. obsługa działania wtryskarki. Następnym etapem są systemy oparte na wykorzystaniu skomplikowanych modeli matematycznych, których celem jest reprezentacja w jak najbardziej rzeczywisty sposób pracy z danym obiektem np. symulatory samolotu. Ostatnią generacją laboratoriów wirtualnych, która jest przedmiotem analizy w niniejszym rozdziale, są systemy zajmujące się przekazywaniem wiedzy dziedzinowej, które uwzględniają uwarunkowania kognitywne odbiorcy oraz jego stan wiedzy. Dokładniej zagadnienie typizacji laboratoriów wirtualnych poruszone jest w rozdziale 7.2.5.

Celem laboratorium działającym na poziomie wiedzy dziedzinowej jest rozwinięcie w studencie umiejętności (kompetencji) sformułowania problemu i znalezienie narzędzi jego rozwiązania w konceptualnych ograniczeniach danej dziedziny. Laboratorium poziomu trzeciego pozwala wykształcić umiejętność analizy w oparciu o wiedzę teoretyczną. Przyrost wiedzy studenta następuje podczas rozwiązywania zadań z danej dziedziny, które odnoszą się do różnych obiektów oraz różnych procesów wybranych z dziedziny. Charakterystyczne jest również zastosowanie metod sztucznej inteligencji wywodzących się z kognitywistyki np. struktura pojęcia (konceptu) oraz strategia rozwiązywania problemów. Otwartą przestrzeń pracy laboratorium wyznacza scenariusz, który ma za zadanie stworzyć najlepsze warunki przyswajania wiedzy np. poprzez wykorzystanie już przyswojonej przez studenta wiedzy do budowy metafor komputerowych.

Przykład dyskutowanego laboratorium opisany jest w (Kusztina i in., 2004). Zaproponowana przestrzeń pracy skierowana jest do studentów informatyki oraz zarządzania i inżynierii produkcji. W ramach laboratorium studenci uczestniczą w modelowaniu systemów kolejkowych przy wykorzystaniu pakietu Arena i języka SIMAN. Za inny przykład laboratorium wirtualnego może posłużyć środowisko CyberMath opisane w (Knudsen i Naeve, 2002). W tym przypadku opracowana została sieciowa przestrzeń pracy oparta na wykorzystaniu standardu OpenGL, gdzie studenci wspólnie z nauczycielem są reprezentowani przez awatary i poprzez wspólną manipulację i interakcję poznają zaawansowane zagadnienia matematyki.

7.2.1 Cele i zasady metodyczne prowadzenia zajęć laboratoryjnych

Temat i cel zajęć laboratoryjnych powinien mieć odzwierciedlenie w określeniu proporcji wiedzy teoretycznej i proceduralnej przekazywanej studentowi w trakcie zajęć laboratoryjnych. Znalezienie reguł określania proporcji poszczególnych typów wiedzy jest przedmiotem badań specjalistów od pedagogiki i metodyki nauczania (Conole i in., 2004). W tabeli 26 przedstawione zostały podstawowe metodyki, które mogą być wykorzystane przez specjalistów od informatyki w celu znalezienia odpowiedniej metafory komputerowej. Implementacja wymienionych metodyk w laboratorium wirtualnym możliwa jest tylko w ramach pewnej metafory komputerowej, która różni się od modelowania tym, że nie potrzebuje określenia funkcyjnej zależności pomiędzy celem, tematem i innymi warunkami

przebiegu procesu nauczania, lecz pozwala je interpretować w terminach odpowiedniego systemu informacyjnego.

Tab. 26. Zastosowanie podstawowych metodyk pedagogicznych w tworzeniu laboratorium wirtualnego
(źródło: (Kushtina, 2006))

Ujęcie pedagogiczne	Zastosowanie w środowisku nauczania zdalnego	Implementacja w ramach wirtualnego laboratorium
Bchawioryzm	Koncentracja na możliwych do obserwacji charakterystykach działania studenta. Uczenie typu <i>trial&error</i> .	Scenariusz edukacyjny (ang. <i>learning event</i>) z predefiniowanymi punktami kontrolnymi.
Kognitywizm	Proces uczenia studenta polega na dostarczaniu określonych, kognitywnych struktur (obiektów) do umysłu. Określenie sekwencji wysyłanej do studenta wiedzy.	Metodyka budowania modeli wiedzy (Zaikin i in., 2006). Algorytmy tworzenia i ustalania sekwencji porcji wiedzy (Kushtina i Różewski, 2003).
Konstruktywizm	Koncentracja na procesie interakcji studenta z otoczeniem. Zapewnienie dostępu studenta do zasobów, które charakteryzują się aktywnym interfejsem.	Dedykowane, edukacyjne portale korporacyjne, np. Moodle. Zapewnienie dedykowanych narzędzi edukacyjnych, np. programy symulacyjne, programy statystyczne.

7.2.2 Kompetencja a kwalifikacja

Wiedza teoretyczna, połączona z odpowiednią wiedzą proceduralną, tworzy podstawy kompetencji. Konieczność połączenia tych rodzajów wiedzy powstaje w trakcie wykonywania zadań praktycznych, laboratoryjnych lub projektów. Metodyka prowadzenia zajęć w ramach laboratorium wirtualnego, oprócz innych zasad pedagogicznych, powinna uwzględniać ustalenie sposobów rozróżnienia wiedzy teoretycznej i proceduralnej w danym temacie, dziedzinie.

W kontekście prowadzonych rozważań nie istotne jest to, czy wiedza teoretyczna ma postać a priori lub a posteriori. W prowadzonych rozważaniach zostanie wykorzystana definicja kompetencji podana w (Drelichowski, 2003) z której wynika, że kompetencja łączy w sobie trzy rodzaje wiedzy, a mianowicie: know what (co?), know how (jak?), know whay (dlaczego?). Na podstawie tej definicji, dla celów nauczania, można sformułować następującą definicję kompetencji. *Kompetencja jest umiejętnością wykorzystania wiedzy proceduralnej, opartej na odpowiedniej wiedzy teoretycznej w celu rozwiązania zadania praktycznego oraz umiejętnością interpretacji wyników rozwiązania w terminach wykorzystanej teorii.*

Ważnym wynikiem tej definicji, wpływającym na organizację zajęć laboratoryjnych jest to, że świadome nabycie kompetencji możliwe jest tylko przy zachowaniu połączenia wiedzy proceduralnej z odpowiednią wiedzą teoretyczną na każdym kroku wykonania zadania.

Jako umiejętność, kompetencja powstaje w trakcie treningu (tab. 27). Środowiskiem takiego treningu w warunkach nauczania zdalnego jest laboratorium wirtualne. Ilościowy i czasowy pomiar wyników treningu studenta w laboratorium wirtualnym takich jak np. szybkość i złożoność rozwiązanych zadań z określonej dziedziny, pozwala ocenić stopień opanowania (ale nie zapamiętania) odpowiedniej wiedzy teoretycznej oraz umiejętność posługiwania się odpowiednią wiedzą proceduralną, co może świadczyć o stopniu zdobytych

kompetencji. Uzupełnienie przez studenta postawionych przed nim zadań nowymi zadaniami, które mogą być rozwiązane z wykorzystaniem tej samej wiedzy teoretycznej, jest pierwszym krokiem do rozwoju jego kreatywności.

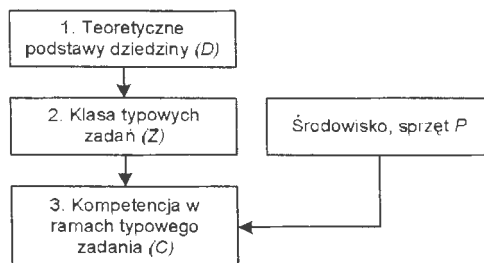
Tab. 27. Ewolucja pojęcia kompetencji (źródło: opracowanie własne)

Kompetencje bazujące na umiejętnościach	Kompetencje bazujące na wiedzy
<ul style="list-style-type: none"> - Mało bodźców zewnętrznych (zamknięty kontekst) - Masowy charakter szkolenia (problemy z indywidualnym dopasowaniem) - Bazuje na słabo formalizowanej wiedzy ukrytej (ang. <i>tacit knowledge</i>) - Trudności w rozszerzeniu/adaptacji posiadanych kompetencji na inne dziedziny 	<ul style="list-style-type: none"> - Uniwersalność wynikająca z posiadania wiedzy fundamentalnej (wielodziedzinowość) - Możliwość formalizacji w oparciu o np. inżynierię ontologii - Możliwość jednoznacznego wyrażenia w postaci języka naturalnego, tekstu, grafiki - Konieczność ciągłego uzupełniania (świadomość istnienia braków)

Dla opracowania laboratorium wirtualnego jako środowiska i instrumentu nauczania należy rozróżnić pojęcie kompetencji i kwalifikacji. Kwalifikację możemy przedstawić jako połączenie opisu stanowiska pracy (konkretny sprzęt, obowiązki, sposób zachowania, itp.) oraz postawy specjalisty z odpowiednimi kompetencjami. Podstawą do kwalifikacji wysokiego poziomu jest kompetencja. Nabywanie kompetencji potrzebuje ćwiczeń w rozwiązywaniu typowych problemów opartych na modelach badanych procesów/systemów. Natomiast nabywanie kwalifikacji potrzebuje kształcenia w wykonaniu praktycznych zadań, operacji w środowisku maksymalnie zbliżonym do warunków rzeczywistych. Możliwość tworzenia wirtualnej rzeczywistości pozwala na wykorzystanie laboratorium wirtualnego zarówno dla nabywania kompetencji jak i dla nabywania kwalifikacji.

7.2.3 Struktura i zakres tematyczny kompetencji

Na określonej wiedzy teoretycznej mogą opierać się zbiory różnych kompetencji. W sytuacji edukacyjnej zakres wiedzy teoretycznej pozwala sformułować klasę typowych zadań, co umożliwia stworzenie hierarchicznej struktury opisującej zakres tematyczny kompetencji.



Rys. 75. Struktura opisu zakresu tematycznego kompetencji typowego zadania (źródło: (Kusztina, 2006))

Pierwszy poziom w przedstawionej na rysunku 75 hierarchii jest opisem wiedzy teoretycznej w ramach rozpatrywanej dziedziny za pomocą sieci semantycznej podstawowych pojęć, zdefiniowanej jako $N = \{S, R\}$, gdzie $S = \{s_i\}$ - zbiór pojęć, $R = \{r_i\}$ - zbiór relacji

między pojęciami (Kushtina, 2006). Cała sieć może być opisana jako macierz $G = \|g_{i_1, i_2}\|, i_1, i_2 = 1, \dots, j^*$, gdzie element macierzy g_{i_1, i_2} jest opisem treści relacji pomiędzy pojęciami (i_1, i_2) .

Na następnym poziomie rozpatrywanej struktury określone jest jedno lub więcej typowych zadań $Z = \{z_j\}, j = 1, \dots, j^*$, z których każde zadanie związane jest z badaniem pewnego rodzaju procesu/systemu. Z punktu widzenia metodyki, nieobecność nauczyciela w laboratorium wirtualnym potrzebuje uzupełnienia tekstu każdego zadania (mimo opisu problemu w języku naturalnym) modelem referencyjnym oraz modelem matematycznym.

Z punktu widzenia zakresu wiedzy teoretycznej każde typowe zadanie z_j może być reprezentowane poprzez podzbiór pojęć wykorzystanych w modelu matematycznym, $S_j \subset S$. Podzbiory mogą się przecinać $S_{j_1} \cap S_{j_2} \neq \emptyset$, a ich złączenie tworzy cały zbiór $\bigcup_i S_i = S$.

Trzeci poziom opisuje zakres kompetencji potrzebnych do rozwiązania typowego zadania (zadań), co oznacza, że opisuje zakres wiedzy teoretycznej oraz zakres wiedzy proceduralnej, które są wymagane do realizacji modeli opisanych na poprzednim poziomie.

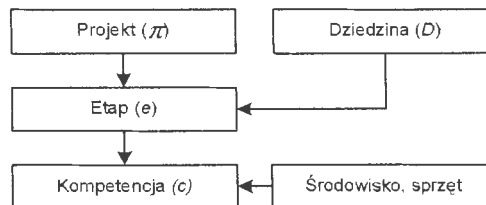
Zakres wiedzy proceduralnej reprezentuje technologię realizacji modelu matematycznego, która zależy od metodyki i środowiska programowo-sprzętowego. Przy opisie wiedzy proceduralnej muszą być wykorzystane pojęcia z podzbioru $S_k \subset S$, interpretowane zgodnie z terminologią środowiska programowo-sprzętowego P oraz operacje O^p , niezbędne do wykonania zadania z_k w rozpatrywanym środowisku.

Wprowadzone oznaczenia pozwalają opisać strukturę kompetencji c_k w sposób następujący:

$$\Pi(c_k) = \{S_k, S_k^p, O^p\},$$

gdzie: S_k - zbiór pojęć wykorzystywanych w zadaniu z_k (wiedza teoretyczna), S_k^p - pojęcia ze zbioru S_k wymagające interpretacji w środowisku sprzętowo-programowym (wiedza proceduralna połączona z wiedzą teoretyczną), O^p - operacje potrzebne do wykonania w zadaniu z_k w środowisku P .

Przedstawione na rysunku 75 ujęcie kompetencji jest niewystarczające dla zadania złożonego lub projektu, których rozwiązanie wymaga wiedzy z różnych dziedzin. W tym przypadku, dla opisu wymaganych kompetencji, potrzebna jest struktura przedstawiona na rysunku 76.



Rys. 76. Struktura, opisująca zakres tematyczny kompetencji w przypadku projektu (źródło: (Kushtina, 2006))

Organizacja wykonania projektu w celach edukacyjnych w warunkach laboratorium wirtualnego potrzebuje planowania tego procesu nie tylko od strony zasobów programowo-

sprzętowych, ale co jest ważniejsze, od strony porcjowania zasobów wiedzy teoretycznej i proceduralnej podczas wykonania zadania.

Problem, który powinien być rozwiązany w projekcie π , może być opisany za pomocą zbioru pojęć $S_\pi = \{s_i\}$. W przypadku ogólnym pojęcia te należą do różnych dziedzin i jest ich znacznie więcej niż liczba pojęć należących do jednej z tych dziedzin $S_D = \{s_i\}$, $S_\pi \supset S_D$, $|s_i^*| > |s_i|$.

Niech $E_\pi = (e_1 \succ e_2 \succ \dots \succ e_n)$ reprezentuje kolejność etapów projektu π . Każdy etap zawiera kilka typowych zadań $\{z_j\}$, $j=1, \dots, j^*$ ze zbioru $Z_\pi: \{z(e_i)\} \subset Z_\pi$. Zadania jednego etapu e_i mogą być związane z wiedzą z różnych dziedzin D_1, D_2, \dots, D_n , dla opisu których potrzebny zbiór kompetencji $\{c(e_i)\} \subset C_\pi$, gdzie $c(e_i) \in C_\pi$ - reprezentuje kompetencje wymagane przy wykonaniu etapu e_i oraz $C_\pi = \{c_k\}$, $k=1, \dots, k^*$ - reprezentuje wszystkie kompetencje wymagane przy wykonaniu projektu π .

Oznacza to, że przy wykonaniu każdego etapu e_i rozpatrywanego projektu należy określić w taki sam sposób, jak to było opisane w przypadku zadania typowego z wybranej dziedziny, następujące porcje wiedzy w postaci odpowiednich zbiorów (S_k):

1. Wiedza teoretyczna $W(e_i) = \bigcup_{z_j \in Z} w(z_j)$, gdzie

$W(e_i)$ - wiedza teoretyczna potrzebna do wykonania e_i -go etapu projektu;

$w(z_j)$ - wiedza teoretyczna potrzebna do wykonania jednego zadania z_j .

2. Wiedza proceduralna $P(e_i) = \bigcup_{z_j \in Z} p(z_j)$, gdzie

$P(e_i)$ - wiedza proceduralna potrzebna przy wykonaniu etapu e_i ;

$p(z_j)$ - wiedza proceduralna potrzebna przy wykonaniu jednego zadania z_j .

Za pomocą każdej pary $w(z_j), p(z_j)$ można określić kompetencję odpowiedniej struktury i treści. W obrębie jednej pary prawidłowe są wszystkie rozważania poczynione wcześniej odnośnie sytuacji przedstawionej na rysunku 75.

Nabywanie kompetencji w ramach struktur przedstawionych na rysunku 75 i rysunku 76 nie jest modelem rzeczywistego procesu, a tylko jego komputerową metaforą. Zastosowanie takiej metafory daje szansę śledzenia wyników końcowego, realnego procesu poznawczego oraz jego polepszenia poprzez porcjowanie i rozróżnienie wiedzy teoretycznej i proceduralnej.

7.2.4 Podstawowe komponenty laboratorium wirtualnego

Laboratorium wirtualne jako zasób procesu nauczania powinno zawierać trzy komponenty:

- sieciowe środowisko informatyczne*, do którego zaliczamy sprzęt i oprogramowanie gwarantujące zdalny dostęp do zasobów laboratorium;
- specjalizowane oprogramowanie*, które zapewnia instrumenty wykonania czynności: manipulowania wirtualnymi obiektami, modelowania, symulacji, itp;
- repozytorium materiałów dydaktycznych*, wspomagające proces samodzielnego nauczania studentów.

Każdy z tych komponentów ma różną naturę w związku z czym planowanie procesu ich wykorzystania będzie opierało się o różne modele zarządzania, które przedstawione są w (Kusztina, 2006). Komponenty „b” i „c” tworzą zawartość laboratorium wirtualnego, którą możemy opisać krotką:

$$K_{lw} = \{D, OP, R\},$$

gdzie:

D – dziedzina, która może być opisana w różnym stopniu szczegółowości (dziedzina, przedmiot, temat, aspekt);

OP – pakiet, w środowisku którego będzie mógł być zasymulowany badany proces/system;

R – materiały dydaktyczne zawierające cele nauczania, zbiór typowych zadań, testy, modele ontologiczne lub referencyjne, itp.

W nauczaniu tradycyjnym, przy wykonaniu zadań laboratoryjnych, student, korzystając z pomocy nauczyciela/tutora, posługuje się odpowiednim materiałem dydaktycznym (instrukcje, konspekty, zadania) oraz odpowiednim sprzętem. Powstaje pytanie, w jaki sposób powinny zmienić się materiały dydaktyczne oraz czym zastąpić sprzęt rzeczywisty w środowisku wirtualnym. Odpowiedź na to pytanie, w znacznym stopniu, zależy od tematu i celów prowadzenia zajęć laboratoryjnych oraz od możliwości programowo-sprzętowych, które pozwolą na stworzenie przestrzeni wirtualnej. W związku z tym, przygotowanie środowiska laboratoryjnego polega na stworzeniu odpowiedniego systemu informatycznego. Laboratorium wirtualne rozumiemy jako system informatyczny, na który składają się następujące komponenty:

- a) środowisko informatyczne zastępujące sprzęt (przestrzeń multimedialna);
- b) model porcjowanej wiedzy dziedzinowej zgodny z tematem zajęć;
- c) repozytorium zadań i ich rozwiązań;
- d) scenariusz prowadzenia zajęć laboratoryjnych;
- e) mechanizm pomiaru skuteczności wykonania zadania;
- f) mechanizm interaktywnego, zdalnego dostępu do wszystkich wyżej wymienionych składowych.

W laboratorium wirtualnym nieobecność nauczyciela/tutora prowadzącego zajęcia laboratoryjne powinna być skompensowana odpowiednimi elementami (a-f) oraz podniesieniem aktywności studenta. Dostęp studenta do elementów „b” i „c” pozwoli uzupełnić brakującą do wykonania zadania wiedzę na bieżąco. W warunkach działania systemu informatycznego reprezentującego laboratorium wirtualne dodatkowym zadaniem informatyki jest znalezienie mechanizmu elastycznego dopasowania materiałów dydaktycznych do wymaganych proporcji wiedzy teoretycznej i proceduralnej w zależności od celów i programów nauczania.

7.2.5 Typizacja laboratorium wirtualnego

Specyfika konstrukcji poszczególnych składowych elementów laboratorium wirtualnego zależy od celów i programów nauczania (Kushtina, 2006). Z punktu widzenia pedagogiki istnieje szeroki zakres celów prowadzenia zajęć laboratoryjnych, które zamykają się w skrajnych przypadkach: od nabycia wprawy przy wykorzystaniu pewnych maszyn lub mechanizmów do nabycia umiejętności sformułowania problemów, prowadzenia analizy i wnioskowania. Przygotowanie wirtualnego laboratorium wymaga rozwiązania szeregu problemów – najistotniejsze z nich to połączenie aspektów informatycznych z kogniwnymi. Analiza przedstawionego problemu pozwala na rozróżnienie trzech następujących sytuacji (Kushtina, 2006):

- A) Cel nauczania – nabycie umiejętności posługiwania się prostymi maszynami. Program nauczania zorientowany jest na kształtowanie kwalifikacji potrzebnych do wykonania powtarzalnych operacji na ściśle określonych stanowiskach pracy. Cały zestaw laboratorium wirtualnego, w tej sytuacji, jest bardzo zbliżony do gry komputerowej typu Tetris. Do oprogramowania laboratorium wirtualnego zostaną włączone proste animacyjne modele, które pozwalają na wielokrotne nimi manipulowanie według przyjętego scenariusza. W taki sposób możliwe jest nauczanie np. prostych operacji montażowych.

- B) Cel nauczania – nabycie umiejętności sterowania sprzętem, maszynami, zasadami działania, które opisane są za pomocą dość skomplikowanych modeli matematycznych z elementami wizualizacji. Program nauczania zorientowany jest na kształtowanie kwalifikacji potrzebnych do sterowania złożonymi maszynami w warunkach niepewności. Cały zestaw laboratorium wirtualnego w tej sytuacji jest symulatorem współdziałania maszyny i człowieka w różnych warunkach. Oprogramowanie tego typu laboratorium jest systemem inteligentnym, obejmującym zbiór parametryzowanych modeli matematycznych, symulacyjnych, animacyjnych, przeznaczonych dla stworzenia wirtualnej rzeczywistości, w której student wykonuje rolę zgodnie z określonymi kwalifikacjami na przykład pilota, kierowcy. Dobrym przykładem tego rodzaju oprogramowania jest propozycja wirtualnych przyrządów pomiarowych (Rak, 2003) lub system ASIMIL (Popov i in., 2003).
- C) Cel nauczania – nabycie umiejętności w prowadzeniu analizy zjawiska/sytuacji/procesu, sformułowanie problemu lub wnioskowanie na podstawie wiedzy teoretycznej, znalezienie sposobu reprezentacji nowej idei. Program nauczania zorientowany jest na kształtowanie kreatywności, myślenia systemowego oraz abstrakcyjnego. Takich kwalifikacji wymagają nie tylko stanowiska kadry zarządzającej, ale również kadra naukowo-badawcza. Oprogramowanie tej klasy powinno zapewnić interaktywną wymianę wiedzy teoretycznej pomiędzy wszystkimi uczestnikami procesu nauczania w trakcie wykonywania zajęć laboratoryjnych lub projektowych oraz połączenie wiedzy teoretycznej z wiedzą proceduralną przy wykonywaniu takich zadań jak prowadzenie eksperymentów, interpretacja danych i informacji. Kompleksowy zestaw laboratorium wirtualnego, w tej sytuacji, składa się z różnego typu modeli, które pozwalają przedstawić badane zjawisko na różnych poziomach abstrakcji (model referencyjny, matematyczny, pojęciowy, itp.). Konieczne jest zatem połączenie istniejących standardów nauczania zdalnego (np. SCORM), systemów zarządzania nauczaniem (np. Moodle) z odpowiednią metodyką nauczania. Student, w środowisku laboratorium typu trzeciego, pełni rolę badacza wykonującego eksperyment w otoczeniu inteligentnego środowiska wirtualnego.

W ramach każdej z wymienionych sytuacji możliwe jest wykonanie bardziej szczegółowej klasyfikacji – na przykład według wykorzystanego oprogramowania lub gotowych modeli symulacyjnych.

7.3. Budowa środowiska przekazywania kompetencji na podstawie laboratorium wirtualnego

Ogólnym celem zajęć laboratoryjnych jest ustanowienie kompetencji osobowych oraz kształtowanie określonej kwalifikacji. Wiadomo, że podstawą kompetencji jest wiedza teoretyczna, a podstawą kwalifikacji jest połączenie wiedzy teoretycznej z odpowiednią wiedzą proceduralną. Temat i cel zajęć laboratoryjnych powinien mieć odzwierciedlenie w procentowym określeniu proporcji wiedzy teoretycznej i proceduralnej przekazywanej studentowi w trakcie zajęć laboratoryjnych. Znalezienie reguł określania proporcji poszczególnych typów wiedzy jest przedmiotem badań specjalistów od pedagogiki i metodyki nauczania. Zajęcia laboratoryjne są ważnym elementem całego procesu nabywania wiedzy i umiejętności.

Tab. 28. Poszczególne generacje laboratoriów wirtualnych
(źródło: opracowanie własne)

Generacja	Główne charakterystyki	Cel dydaktyczny	Problemy naukowe
1	- Przekazuje umiejętność posługiwania się artefaktami - Symulowanie prostych operacji	Przyswojenie odpowiednich nawyków	Komunikacja człowiek- komputer, zagadnienie projektowania interfejsów
2	- Przekazuje umiejętność kontroli i sterowania obiektem - Obiekt wyrażony za pomocą modelu matematycznego - Praca w trybie czasu rzeczywistego - Tworzenie środowiska wirtualnej rzeczywistości	Wyuczenie się procedur i poznanie zasad działania obiektu	Efekt obecności i zanurzenia, modelowanie złożonych obiektów, systemy czasu rzeczywistego
3	- Przekazuje umiejętność prowadzenia rozważań i analizy według określonej metodyki - Obiekt przedstawiony za pomocą modelu abstrakcyjnego - Przekazanie umiejętności opracowania i wykorzystania ontologii	Nabycie umiejętności sformułowania problemu i znalezienie aparatu i metodyki jego rozwiązania	Modelowanie reprezentacji i wykorzystania wiedzy, inteligentne środowisko wymiany wiedzy

7.3.1 Eksperyment symulacyjny jako poligon nabywania kompetencji w środowisku laboratorium wirtualnego

Eksperyment symulacyjny może być dobrym poligonem dla treningu koniecznych umiejętności w bardzo szerokim zakresie: od formułowania zadania, przez analizę problemu, modelowanie matematyczne, modelowanie symulacyjne, aż po przeprowadzanie samego eksperymentu i interpretację jego wyników. Modelowanie symulacyjne jest procesem wieloetapowym i interakcyjnym. Podział tego procesu na etapy wynika z natury symulacji jako metody badawczej. Na każdym etapie wymagane jest określenie rodzaju i zawartości wiedzy. Fakt ten staje się podstawą dla opracowania sekwencji zadań dla studentów, co oznacza, że możliwe jest precyzyjne śledzenie procesu nabywania kompetencji w takim samym stopniu jak przy bezpośrednim kontakcie z nauczycielem. Wykorzystując przedstawione zasady możliwe jest zorganizowanie wirtualnego laboratorium symulacyjnego. Laboratorium oparte jest na wykorzystaniu repozytorium typowych modeli sklasyfikowanych według notacji Kendalla. Fakt ten był już analizowany w kontekście opisu procedury nabycia kompetencji osobowych. Zawartość i kolejność zadań dla studentów wynika z powszechnie przyjętych i praktykowanych etapów opracowywania eksperymentu symulacyjnego (Banks, 2001), (Chung, 2004), (Robinson, 2004). Przeanalizujemy poszczególne etapy opracowania eksperymentu symulacyjnego pod kątem zadań stawianych przed studentem.

Formułowanie problemu wynika z analizy badanego procesu. Na tym etapie trzeba określić granicę dziedziny, ograniczenia egzogenne (czasowe, finansowe, ekologiczne, ergonomiczne i inne), którym będzie podlegało badane zjawisko/system/obiekt oraz wyjaśnić należy, czy zasadniczo możliwe jest zastosowanie symulacji jako metody badania. Środkiem prowadzącym do prawidłowego sformułowania problemu jest model referencyjny analizowanego zjawiska. Tworzenie takiego modelu uważane jest za kluczowe w całym procesie modelowania symulacyjnego i bezpośrednio wpływa na wszystkie jego etapy, w szczególności na wymagania odnośnie danych wejściowych, czasu opracowywania modelu symulacyjnego, jego poprawności i typu przeprowadzanych na nim eksperymentów. Materiał

dydaktyczny na tym etapie powinien zawierać kilka modeli referencyjnych, z których tylko część może być badana za pomocą eksperymentu symulacyjnego w dalszej części zajęć. Najprostszym zadaniem postawionym przed studentem jest rozpoznanie, który problem może być rozwiązany za pomocą danego aparatu matematycznego.

Założenie zadania, które stanowi *mapę drogową* dla osób zaangażowanych w tworzenie modelu symulacyjnego i zapobiega rozminięciu się z zakładanym celem badania. Na tym etapie należy na podstawie sformułowanego problemu określić:

- a) cele badania,
- b) wejścia i wyjścia badanego systemu,
- c) strukturę badanego systemu,
- d) założenia odnośnie nieznanymi i niepewnymi składnikami systemu,
- e) uproszczenia modelu, które muszą zostać wykonane względem systemu rzeczywistego.

Jedną z najważniejszych cech prawidłowo opracowanego założenia do zadania jest jego wysoki poziom abstrakcji. Oznacza to, iż powinien on być niezależny od jakiegokolwiek pakietu symulacyjnego i techniki symulacji. W kontekście wirtualnego laboratorium symulacji procesów produkcyjnych można zidentyfikować typowe problemy oraz ich klasyfikację. Dzięki temu łatwiejsza jest dalsza analiza i implementacja, a nawet pewna automatyzacja prac w oparciu o wykorzystanie typowych modeli referencyjnych. Materiał dydaktyczny na tym etapie powinien zawierać tak zwane *węzły problemu*, które można przedstawić jako parę: *sformułowany problem – wieloliczny zbiór założeń zadań*. Przykładowo dla problemu: *tworzenie sieci korporacyjnej dla rozproszonego systemu produkcji niematerialnej* mogą być sformułowane następujące zadania: a) określić strukturę i konfigurację sieci korporacyjnej, b) optymalizować wydajności stanowisk pracy, c) określić przepustowość kanałów komunikacyjnych. Z tych zadań tylko zadania *b* i *c* potrzebują założenia eksperymentu symulacyjnego, natomiast zadanie *a* wykonuje się na podstawie modelu matematycznego bez używania symulacji. Zadaniem studenta jest prawidłowo rozpoznać zadania wymagające założenia eksperymentu symulacyjnego.

Konstruowanie modelu matematycznego badanego procesu jest zazwyczaj bardzo abstrakcyjne. Główną zaletą, w porównaniu z modelem symulacyjnym, jest szybkość obliczeń i mniejsze koszty wytwarzania. Zazwyczaj główną wadą modelu matematycznego jest mniejsza dokładność obliczeń niż na podstawie modelu symulacyjnego. Wykorzystanie modelu symulacyjnego pozwala wykonać weryfikację modelu matematycznego. Najprostszym sposobem weryfikacji jest porównanie wyników modelu matematycznego i modelu symulacyjnego lub zastosowanie metod statystycznych. Na tym etapie najlepiej wykorzystywać modele matematyczne oparte na klasycznych teoriach, które posiadają dobrze opracowane schematy klasyfikacyjne na przykład teoria obsługi masowej (notacja Kendall). Notacja Kendalla jest instrumentem uniwersalnym i w wirtualnym laboratorium symulacyjnym wykorzystuje się ją nie tylko do klasyfikacji modeli matematycznych, ale także do klasyfikacji i identyfikacji modeli symulacyjnych. Zadaniem dla studentów jest odczyt modelu matematycznego i interpretacja jego parametrów w kontekście systemu rzeczywistego.

Określenie danych wejściowych. Istnieje bardzo duża zależność pomiędzy strukturą modelu a wymaganiami stawianymi danym wejściowym służącym do eksperymentu. Wraz ze zmianą złożoności modelu, zmianie ulega także zapotrzebowanie na dane wejściowe, zebrane i przetworzone w odpowiedni sposób. Na przykład, jeżeli model referencyjny zostanie określony jako proces jednofazowy, wtedy zadany parametr – *czas trwania operacji* – jest interpretowany jako jedna liczba, a jeśli proces określamy jako wielofazowy potrzebne jest

określenie wektora czasu wykonania operacji na każdej fazie procesu. Zadaniem studenta jest śledzenie, jak zmiany w modelu referencyjnym odbijają się na określenie danych wejściowych. W zadaniach bardziej skomplikowanych trzeba również śledzić, jak zmiana natury i zakresu parametrów wejściowych wpływa na strukturę model matematycznego – co będzie miało wpływ na wybór sposobu weryfikacji.

Algorytmizacja i oprogramowanie modelu symulacyjnego. Po prawidłowym sformułowaniu problemu badawczego i opracowaniu modelu referencyjnego, na podstawie którego zbudowane zostały założenia zadania, można przystąpić do etapu implementacji modelu symulacyjnego. Jak już wspomniano, prawidłowo określone założenia zadania są niezależne od jakiegokolwiek środowiska symulacyjnego. Stwarza to dowolność wyboru pakietu, w którym rozpoczną się prace związane z budową modelu symulacyjnego i przeprowadzanie eksperymentów symulacyjnych. Można tu dokonywać wyboru pomiędzy takimi rozwiązaniami jak: GPSS/H, Arena, AutoMod, CSIM, Extend, Micro Saint, ProModel, Deneb/QUEST czy WITNESS.

Na potrzeby wirtualnego laboratorium symulacyjnego, w rozpatrywanych przykładach został wykorzystywany pakiet Arena firmy Rockwell Software Inc., który jest graficzną nakładką na język symulacyjny SIMAN. Głównym argumentem przemawiającym za wykorzystaniem pakietu Arena jest to, że SIMAN stwarza duże możliwości przechowywania i powtórnego wykorzystywania modeli symulacyjnych w specjalnie opracowanym na te potrzeby repozytorium. Typowe modele mogą być przechowywane w repozytorium w postaci sparametryzowanej, przez co ich użycie sprowadza się wyłącznie do pobrania odpowiedniego modelu z repozytorium i określenia wartości parametrów. W takim przypadku proces przeprowadzania eksperymentu symulacyjnego skraca się o etap budowania modelu symulacyjnego. Zadaniem studenta na tym etapie jest umiętnie korzystanie z repozytorium SIMAN.

Weryfikacja i walidacja modelu. Jednym z najważniejszych i najtrudniejszych zadań stojących przed projektantem modelu jest jego weryfikacja i walidacja. Walidacja nie powinna być postrzegana jedynie jako oddzielny zestaw procedur, które następują bezpośrednio po każdym kroku projektowania, a raczej powinna być integralną jego częścią. Walidacja wykonywana na bieżąco w trakcie projektowania modelu jest bardziej efektywna niż wykonana po jego zakończeniu i pozwala na łatwiejszą identyfikację usterek. Końcowym wynikiem walidacji jest odpowiedź binarna określająca, czy model jest dokładną reprezentacją obiektu badanego. Wynik walidacji jest zwykle osiągany poprzez iteracyjny proces porównawczy modelu symulacyjnego do aktualnego zachowania systemu rzeczywistego. Proces ten jest powtarzany dotąd, aż dokładność modelu można uznać za akceptowalną.

Weryfikacja ma na celu sprawdzenie na ile prawidłowo został zbudowany model. Zadaniem studenta jest poszukiwanie odpowiedzi na następujące pytania: czy wszystkie założenia zostały prawidłowo zrealizowane i zaimplementowane?, czy wszystkie parametry wejściowe i struktura logiczna modelu jest prawidłowo odzwierciedlona?, czy model symulacyjny może być używany do weryfikacji modelu matematycznego?.

Optymalizacja parametrów modelu matematycznego jest zagadnieniem bardzo złożonym i może być ona przeprowadzona z wykorzystaniem różnych metod optymalizacji (Law i Kelton, 2000). Kluczowe, w tym przypadku, jest określenie najwłaściwszej metody optymalizacyjnej dla analizowanego problemu. Optymalizacja parametrów może być wspomagana przez specjalizowane oprogramowanie, które posiada zaimplementowane, różnorodne algorytmy optymalizacyjne oraz metody ich doboru. Są to m.in.: Autostat (pakiet

AutoMod), OptQuest, SimRunner (pakiet ProModel), Output Analyzer (pakiet Arena) (Banks 2001). Zadaniem studenta jest sformułowanie kryterium optymalizacji dla rozpatrywanego przykładu. Problem wykorzystania pakietów optymalizacyjnych nie wchodzi w zakres zadania dla rozpatrywanego tematu.

Interpretacja wyników polega na analizie danych wygenerowanych w czasie eksperymentu lub serii eksperymentów symulacyjnych. W związku z tym, iż w większości przypadków dane wyjściowe mają charakter stochastyczny, ich analiza wymaga zastosowania metod statystycznych. Etap interpretacji wyników symulacji kończy się udzieleniem odpowiedzi na pytanie badawcze postawione w fazie formułowania problemu. Forma, w jakiej wykonuje się interpretację wyników, może być różna i zależy od charakteru badanego systemu oraz od odbiorcy, dla którego wyniki są opracowywane. Ważne jest wykorzystanie odpowiedniego modelu pojęć. Jeżeli przedmiotem badania jest system obsługi masowej, dane powinny być przedstawione z wykorzystaniem pojęć z zakresu systemów kolejkowych i notacji Kendalla. Zadaniem studenta, w tym przypadku, jest przedstawienie wyników w terminach modelu referencyjnego.

Jak widać z powyższego opisu, eksperyment symulacyjny może być wykorzystany jako poligon nauczania samodzielnego, jak również jako platforma kolektywnej współpracy nad projektem. Warunkiem wykorzystania eksperymentu symulacyjnego jako poligonu jest badanie spójności pojęć używanych na różnych etapach opracowania modelu symulacyjnego.

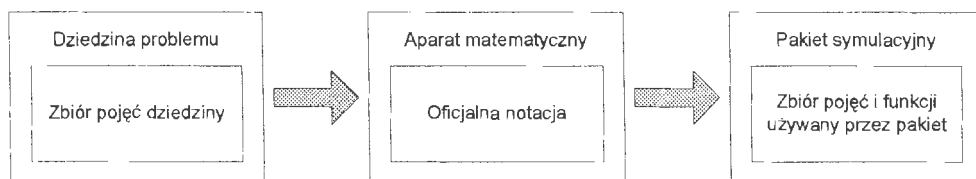
7.3.2 Metodyka tworzenia modelu symulacyjnego

Stworzenie modelu symulacyjnego wymaga wstępnej specyfikacji i opisu problemu w terminach wybranej dziedziny. Opis problemu ma często niespójną strukturę, niejednokrotnie jest to prosty opis werbalny.

Różnorodność pojęć oraz niska precyzyjność opisu założeń zadania stwarza duże problemy na etapie modelowania. Najtrudniejsze jest prawidłowe przełożenie pojęć analizowanej dziedziny na pojęcia i funkcje stosowane w wybranym pakiecie symulacyjnym, czyli na zbiór pojęć pewnej wiedzy proceduralnej (Kushtina i in., 2005).

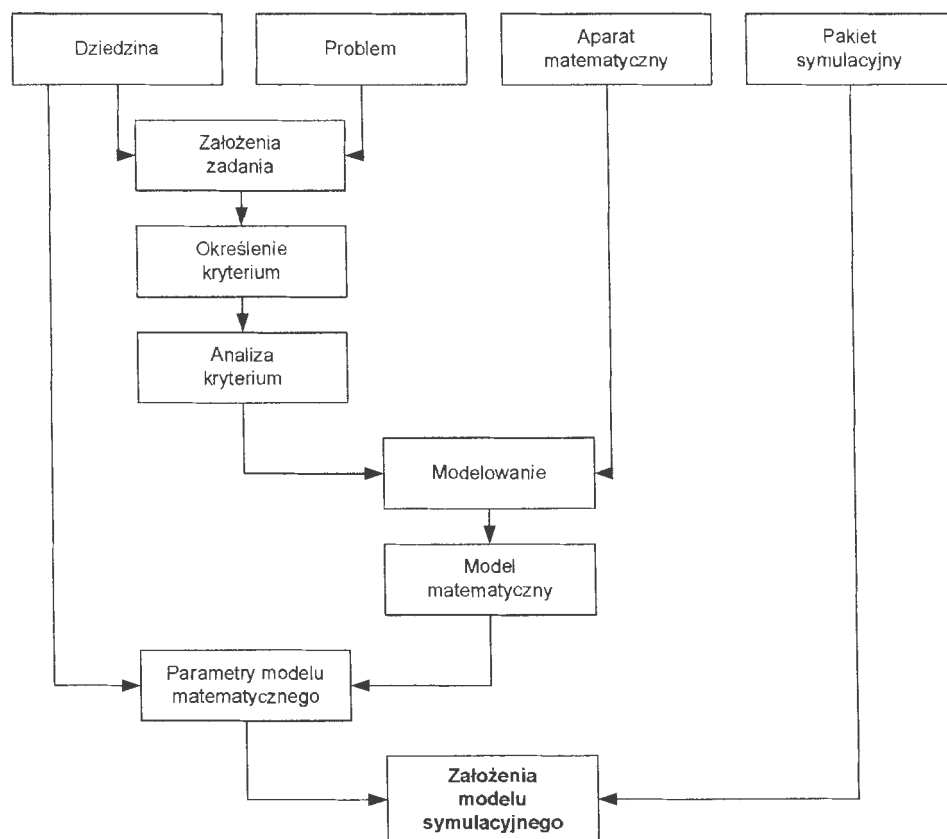
Programy do symulacji komputerowej często posiadają biblioteki szablonów modeli z różnych dziedzin, jednakże są one bardzo uproszczone, mało elastyczne, a ich liczba jest ograniczona do najczęściej pojawiających się problemów. Natomiast bardzo dobrze wspierane są całe klasy problemów mieszczących się w ramach danego działu matematyki, czyli pewnej wiedzy fundamentalnej (teoretycznej), która posiada określoną strukturę i taksonomię. W tym przypadku istnieje oficjalny model pojęciowy, aparat matematyczny oraz notacja służąca do precyzyjnego opisu zagadnienia. Przykładem może być notacja Kendalla dla systemów kolejkowych.

Zatem, założenia zadania przygotowane z wykorzystaniem pojęć ogólnie znanego aparatu matematycznego i jego notacji są o wiele prostsze do przełożenia na zbiór pojęć wykorzystywanych przez dany pakiet symulacyjny niż w przypadku bezpośredniego przejścia od mało precyzyjnych pojęć dowolnej dziedziny. Dlatego opisane wcześniej etapy założenia eksperymentu symulacyjnego w warunkach laboratorium wirtualnego powinny być uzupełnione wielokrokowym mapowaniem pojęć w trakcie przejścia z werbalnego opisu problemu do modelu symulacyjnego (Kushtina, Różewski, 2003). Znaczną rolę w tym procesie odgrywają dokumenty typu *2000 Mathematics Subject Classification* (MSC2000), gdzie zaproponowana jest taksonomia matematyki, która ułatwia odnalezienie odpowiedniego aparatu matematycznego.



Rys. 77. Kroki mapowania aparatu pojęciowego w trakcie opracowywania założeń eksperymentu symulacyjnego (źródło: (Kushtina, 2006))

Jak pokazano na rysunku 77, założenia modelu symulacyjnego wyraża się za pomocą pojęć charakterystycznych dla danego pakietu symulacyjnego. Pojęcia te stanowią język opisu i formułowania wymagań do przeprowadzenia eksperymentu symulacyjnego. Jednakże przygotowanie ich byłoby niemożliwe bez wcześniejszego opracowania założeń zadania z użyciem pojęć dziedziny, do której należy analizowany problem. Założenia przygotowane w ten sposób są trudne do bezpośredniego przetłumaczenia na język (zbiór pojęć) wykorzystywanego pakietu symulacyjnego. Dlatego też dodatkowo stosuje się modelowanie przy użyciu adekwatnego dla danego problemu aparatu matematycznego. Opracowany model matematyczny można już w prosty sposób zasymulować używając wybranego narzędzia.



Rys. 78. Kroki opracowania struktury modelu symulacyjnego (źródło: (Kushtina, 2006))

Bardzo ważne w procesie formułowania wstępnych założeń zadania jest określenie kryterium, według którego przeprowadzane będą badania na modelu. Gdy kryterium zostanie już określone, należy je przeanalizować, aby zbadać jego charakter (ciągły lub dyskretny) lub znaleźć istotne parametry. Zadanie z prawidłowo przeanalizowanym kryterium można zamodelować przy użyciu odpowiedniego aparatu matematycznego i wyrazić w postaci funkcji celu. Opracowany w ten sposób model matematyczny przekształca się w model symulacyjny z wykorzystaniem zasad mapowania pojęć wiedzy fundamentalnej na pojęcia wiedzy proceduralnej. Mapowanie realizuje się poprzez znajdowanie bezpośrednich odpowiedników pojęć należących do różnych modeli pojęciowych (Kusztina i in., 2005).

7.3.3 Algorytm opracowania założeń eksperymentu symulacyjnego

Algorytm opracowania założeń eksperymentu symulacyjnego zostanie omówiony w oparciu o zadanie umieszczone w dziedzinie teorii systemów kolejkowych. Na podstawie definicji problemu oraz aparatu matematycznego analizy systemów kolejkowych należy określić najważniejszą jednostkę w modelu, czyli *elementarne zdarzenie* pojawiające się na wejściu systemu. Dodatkowo należy określić wszystkie parametry strumienia tych zdarzeń, średnie natężenie (ilość zdarzeń w jednostkę czasu oraz jego charakter: stochastyczny czy deterministyczny). Jeżeli strumień zdarzeń jest stochastyczny, należy określić funkcję rozkładu prawdopodobieństwa długości interwałów pomiędzy zdarzeniami. W systemie kolejkowym mogą pojawiać się zdarzenia różnego typu, tak więc proces jego definiowania oraz określania parametrów strumienia należy przeprowadzić dla każdego wyróżnionego typu zdarzeń.

Proces definiowania elementarnych zdarzeń jest kluczowy dla modelu systemu kolejkowego. Dlatego też proces ten należy kilkakrotnie powtórzyć, by dokładnie przeanalizować problem. Niejednokrotnie może zdarzyć się sytuacja: zagadnienie, które pozornie nadaje się do rozwiązania za pomocą aparatu matematycznego systemów kolejkowych, po dokładnej analizie okazuje się niemożliwe do zamodelowania w ten sposób. Za dobry przykład może służyć porównanie przebiegu prac *sekretarki w biurze* oraz *kasjerki w banku*. Praca sekretarki w biurze polega na załatwianiu różnego rodzaju spraw pojawiających się w losowych odstępach czasu i mających także losowy czas trwania. Początkowo wydaje się możliwe zamodelowanie jej pracy jako systemu kolejkowego. Po dokładnym przyjrzeniu się jej obowiązkowi okazuje się, że bardzo trudno jest zdefiniować elementarne zdarzenie będące zadaniami do wykonania, a zatem napływającym do niej strumieniem zdarzeń. Część zdarzeń napływa z zewnątrz, reszta wynika z inicjatywy i kreatywności sekretarki. Praca sekretarki ma bardzo niejednostajny charakter. Może ona wykonywać szereg różnego rodzaju prac, np.: pomaga swojemu zwierzchnikowi w przygotowywaniu dokumentów, odbiera połączenia telefoniczne, umawia spotkania, przyjmuje interesantów, przygotowuje dokumenty do księgowości, a nawet może zajmować się przygotowywaniem drobnych posiłków dla pracowników biura. Część z tych prac może mieć wyższy priorytet od innych, przez co niektóre zadania mogą być odkładane do wykonania na później. Ogólnie mówiąc, praca sekretarki nie może być potraktowana jako określony zbiór powtarzalnych operacji na określonym interwale czasu. Uwzględniając to wszystko, najlepszym narzędziem do zamodelowania jej pracy wydaje się wykres Gantta. Natomiast przykładem, który z kolei bardzo dobrze nadaje się do zamodelowania aparatem matematycznym systemów kolejkowych, jest praca kasjerki w banku. Wykonuje ona tylko dwa rodzaje czynności: wpłaty i wypłaty gotówki. Można więc w prosty sposób wyróżnić dwa strumienie zdarzeń: strumień klientów banku, którzy chcą wypłacić pieniądze oraz strumień klientów, którzy chcą wpłacić pieniądze.

Zadaniem dla studentów jest poszukiwanie analogicznych przykładów z własnego doświadczenia, kiedy na pierwszy rzut oka proces może być interpretowany jako system kolejkowy i tylko po dokładniejszej analizie okazuje się, że trzeba szukać innego aparatu matematycznego.

Na powyższym przykładzie uzasadniona została konieczność wielokrotnego i dokładnego weryfikowania definicji elementarnego zdarzenia w modelu matematycznym, który opiera się na teorii systemów kolejkowych.

Kiedy po dokładniejszej analizie definicja elementarnego zdarzenia zostanie uznana za poprawną, wówczas można przystąpić do określania założeń eksperymentu symulacyjnego. Założenia te formułowane są za pomocą pojęć pakietu symulacyjnego ARENA. Przekształcenie od modelu matematycznego do symulacyjnego odbywa się według zasad mapowania pojęć (Kushtina i in., 2005).

Podsumowując, algorytm opracowania założeń eksperymentu symulacyjnego z wykorzystaniem pakietu ARENA przebiega w następujących krokach:

- 1) określenie założeń zadania z wybranej dziedziny;
- 2) definicja elementarnego zdarzenia oraz określenie parametrów strumienia tych zdarzeń;
- 3) cykliczna redefinicja zdarzenia elementarnego (realizowana przez powtarzanie pkt. 2) – proces jest przerywany, gdy jesteśmy pewni, że problem może zostać rozwiązany z wykorzystaniem teorii systemów kolejkowych;
- 4) określenie struktury systemu kolejkowego;
- 5) określenie wstępnej specyfikacji eksperymentu kolejkowego;
- 6) stworzenie modelu symulacyjnego w środowisku ARENA.

Algorytm opracowania założeń eksperymentu symulacyjnego pokazuje rysunek 79.

7.3.4 Proces dopasowania metodyki eksperymentu symulacyjnego do celów dydaktycznych

Przeanalizowane wcześniej etapy oraz struktura prowadzenia eksperymentu symulacyjnego są powszechnie stosowanymi praktykami wykorzystywanymi przez ekspertów i programistów zajmujących się modelowaniem symulacyjnym. Nauka tych praktyk w przestrzeni Internetu wymaga stworzenia systemu nauczania symulacji komputerowej i dokładnego opisu wiedzy z tej dziedziny. Najważniejszymi elementami takiego systemu są repozytoria, które zawierają wiedzę powiązaną z poszczególnymi etapami prowadzenia eksperymentu symulacyjnego. Repozytoria umożliwiają wielokrotny i zautomatyzowany przekaz wiedzy studentom odbywającym kurs symulacji komputerowej (repozytorium udostępnione na każdym kroku wykonania eksperymentu jest częścią wspólnego repozytorium wiedzy systemu nauczania).

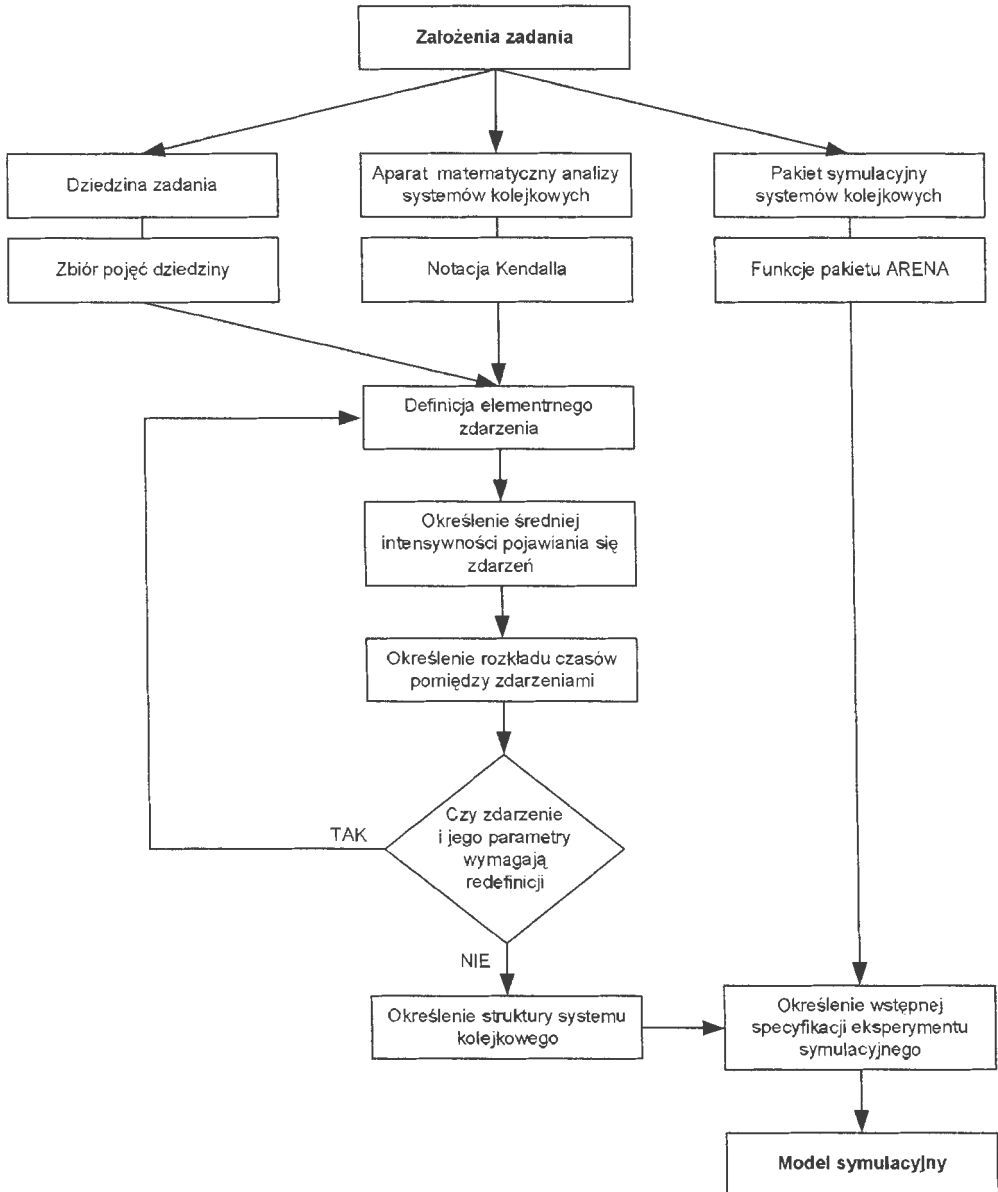
Przedstawiony na rysunku 80 schemat procesu opracowywania eksperymentu symulacyjnego odzwierciedla procedurę, jaką przechodzi student przeprowadzając eksperyment w środowisku wirtualnego laboratorium.

W dydaktyczny proces prowadzenia eksperymentu symulacyjnego zaangażowane są następujące repozytoria:

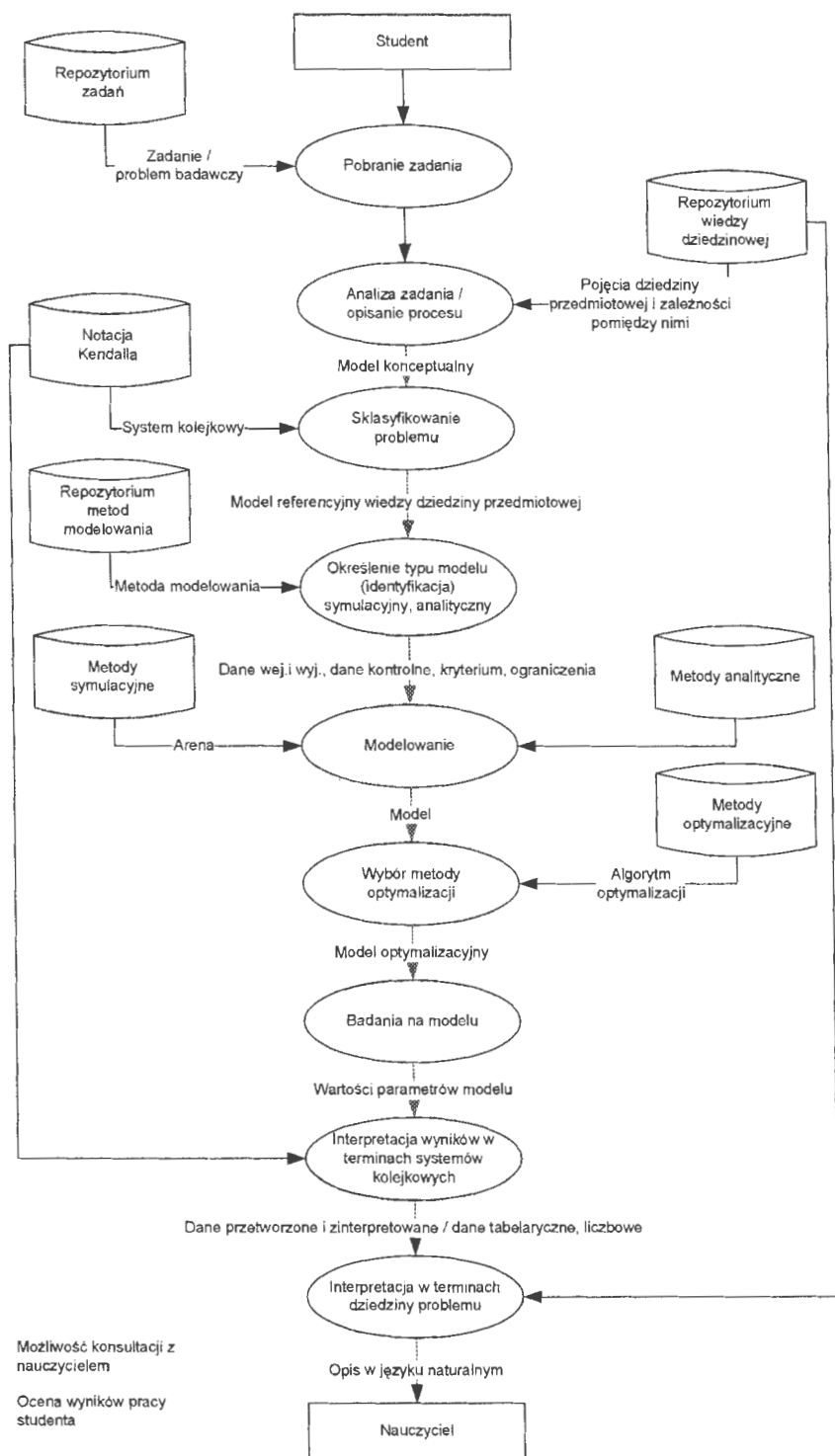
- *Repozytorium zadań* – zawiera szereg różnorodnych zadań i problemów badawczych pobieranych przez studenta celem rozwiązania.
- *Repozytorium wiedzy dziedzinowej* – skonstruowane jest w formie słowników bądź leksykonów, które zawierają wszystkie terminy niezbędne do prawidłowego zrozumienia zadania postawionego studentowi. Formalizacja wiedzy dziedzinowej odbywa się na podstawie rozszerzonego modelu ontologicznego.
- *Repozytorium typowych systemów kolejkowych* – zawiera wszystkie oznaczenia systemów kolejkowych, sklasyfikowanych przez notację Kendalla. Dodatkowo, zawiera schematy mapowania pojęć.
- *Repozytorium metod modelowania* – zawiera dostępne dla studenta metody modelowania matematycznego.
- *Repozytorium metod symulacyjnych* – w przypadku wirtualnego laboratorium modelowania symulacyjnego repozytorium to ściśle powiązane jest z pakietem Arena

i zawiera udostępniane przez pakiet metody symulacji (moduły z ustalonymi parametrami).

- *Repozytorium metod analitycznych* – zawiera metody analityczne, udostępniane przez teorię systemów obsługi masowej i wykorzystywane do analizy systemów kolejkowych.
- *Repozytorium metod optymalizacyjnych* – zawarte w nim są udostępniane przez środowisko laboratorium wirtualnego metody optymalizacji.



Rys. 79. Algorytm opracowania założeń eksperymentu symulacyjnego
(źródło: (Kusztina, 2006))



Rys. 80. Proces opracowywania eksperymentu symulacyjnego do celów dydaktycznych (źródło: (Kushtina, 2006))

W trakcie przeprowadzania eksperymentu symulacyjnego student przechodzi przez następujące etapy:

- *Pobranie zadania* – student pobiera zadanie do rozwiązania lub zostaje mu one przydzielone automatycznie przez system bądź nauczyciela.
- *Analiza zadania* – student dokonuje analizy problemu, określa wejścia i wyjścia systemu, strukturę systemu oraz identyfikuje najistotniejsze parametry. Na tym etapie przydatne jest repozytorium wiedzy dziedzinowej, które udostępnia definicje pojęć wykorzystywanych do formułowania zadania. Wynikiem tego etapu jest model referencyjny analizowanego systemu.
- *Sklasyfikowanie problemu* – jeżeli jest to możliwe, student klasyfikuje analizowany system z wykorzystaniem notacji Kendalla.
- *Określenie typu modelu* (identyfikacja) – wykorzystując repozytorium metod modelowania oraz opracowany przez siebie model referencyjny badanego systemu, student dobiera metodę modelowania.
- *Modelowanie* – w zależności od wybranej metody modelowania budowa modelu może przebiegać z wykorzystaniem technik symulacyjnych, analitycznych lub technik łączonych. Odpowiednie metody symulacyjne i analityczne można pobrać z repozytorium.
- *Wybór metody optymalizacji* w zależności od typu opracowanego modelu i jego charakterystyki student dokonuje wyboru odpowiedniej metody optymalizacyjnej dostarczanej mu przez repozytorium metod optymalizacyjnych.
- *Badania na modelu* – student wykonuje eksperyment lub szereg eksperymentów na modelu, aby uzyskać wyniki potrzebne do udzielenia odpowiedzi na postawione pytanie badawcze.
- *Interpretacja wyników w terminach systemów kolejkowych* – uzyskane w wyniku eksperymentów dane wyjściowe poddawane są interpretacji. W pierwszej kolejności interpretacja powinna być dokonana w terminach systemów kolejkowych, a dane powinny być poddane analizie statystycznej.
- *Interpretacja wyników z wykorzystaniem pojęć dziedziny problemu* – jest to udzielenie odpowiedzi do zadania w języku naturalnym, z wykorzystaniem tych samych pojęć, które zostały wykorzystane do jego sformułowania.

Powyższe kroki procedury odbywają się w sposób zdalny w środowisku wirtualnego laboratorium symulacyjnego, jednakże po zakończeniu każdego z nich istnieje możliwość konsultacji z nauczycielem, który sprawuje nadzór nad procesem nauczania.

7.4. Metoda testowania kompetencji w środowisku laboratorium wirtualnego

Zalety zarządzania wiedzą w oparciu o kompetencje zostały wykorzystane przez Unię Europejską do stworzenia spójnego systemu opisu wiedzy przekazywanej studentom w ramach kolejnych cykli nauczania uniwersyteckiego. W Europejskiej Przestrzeni Nauczania Wyższego (ang. *European Higher Education Area*) każdy student może dowolnie kształtować swoją ścieżkę edukacyjną m.in. bazując na opisie kompetencji, jakie zapewniają kursy poszczególnych uniwersytetów (Kusztina i in., 2006b). Format opisu zdobytych kompetencji pozwala na rozpoznanie aktualnego stanu wiedzy studenta przez inny uniwersytet lub pracodawcę. Obecnie trwają prace nad tym zagadnieniem w ramach Bologna Working Group on Qualifications Frameworks. Koncepcja Procesu Bolońskiego zakłada stworzenie ogólnoeuropejskiego systemu kompetencji/kwalifikacji do 2007 roku (Kusztina i in., 2006b). Planuje się utworzenie dwóch komplementarnych systemów kompetencji/kwalifikacji. Ogólny, nazwany deskryptorami dublińskimi (patrz prace projektu (Joint Quality Initiative)), koncentruje się na takich kompetencjach jak np. umiejętności komunikacyjne, zrozumienie, budowanie

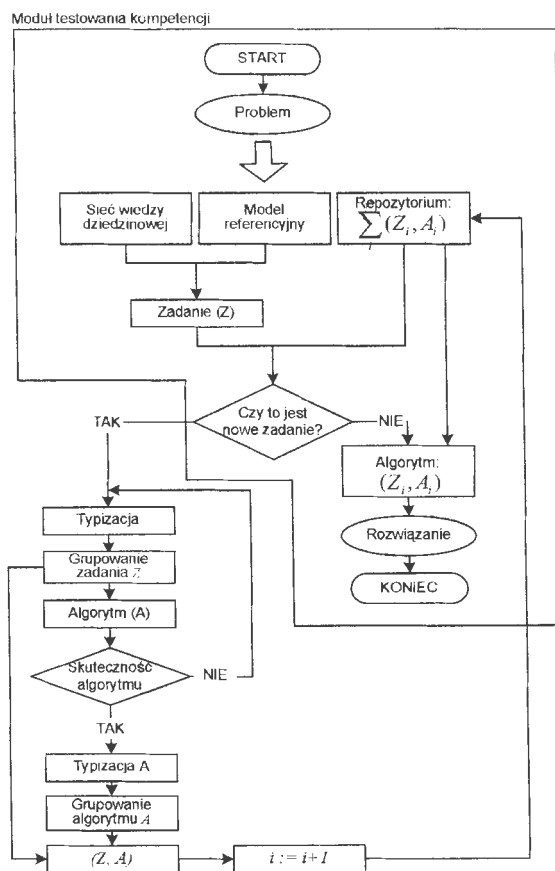
osądów. Szczegółowy (patrz prace projektu (Tuning Education Structures in Europe)), przygotowany jest dla każdej dziedziny np. matematyka, chemia.

Niestety obecny stan wiedzy nie pozwala na zastosowanie efektywnych metod oceny kompetencji danego człowieka. Akceptowane narzędzia oceny wiedzy odnoszą się głównie do procesu „uczenia się – nauczania”. Przykładem takiego narzędzia jest wykładnicza krzywa nauczania lub inne modele nauczania przedstawione w (Hwang i in., 2004). Pojawia się potrzeba nowych mechanizmów oceny kompetencji, które działają w komputerowym środowisku wymiany wiedzy. Przykładem takiego środowiska jest laboratorium wirtualne lub kurs nauczania zdalnego oparty na metodologii modułów wiedzy (przykłady opisane w (Różewski, 2004)).

7.4.1 Procedura nabycia kompetencji

Procedura nabycia kompetencji, przedstawiona na rysunku 81, zaproponowana została w książce (Kushtina, 2006). Celem wykonania procedury jest:

- trening nabycia kompetencji przez studentów przy określonym: poziomie wiedzy teoretycznej, rodzaju wymaganych kompetencji, czasie trwania jednej sesji treningu;
- zbieranie danych statystycznych, pozwalających na sprecyzowanie modeli zarządzania procesem personalizacji nauczania w systemie nauczania.



Rys. 81. Procedura nabycia kompetencji w trakcie zorganizowanego treningu (źródło: (Kushtina, 2006))

Do studenta zostaje dostarczony, poprzez mechanizmy repozytorium laboratorium wirtualnego, zbiór trójek: *fragment opisu dziedziny – typowe zadanie – typowe rozwiązanie* oraz korespondujące zadanie testowe. Do opisu wiedzy wykorzystany jest rozszerzony model ontologiczny opisany w (Kusztina i in., 2006c). Zadanie testowe powinno być zinterpretowane w terminach umieszczonych w zaproponowanej trójce. Przedstawione podejście zwiększa zdolność studenta do strukturyzacji posiadanej wiedzy teoretycznej i połączenia jej z wynikami własnego doświadczenia.

Omówmy diskutowaną procedurę bazując na (Kusztina, 2006). *Dane wejściowe procedury:*

1. dziedzina: przedmiot/temat nauczania;
2. model wiedzy teoretycznej dziedziny (zbudowany w oparciu o metodologie zaproponowaną w (Zaikin i in., 2006));
3. model referencyjny, pozwalający na wykorzystanie/założenie taksonomii badanych w trakcie treningu problemów;
4. repozytorium rozwiązanych zadań: repozytorium może być oparte na rozwiązaniach zaproponowanych w (Kusztina i in., 2006a).

Procedura nabycia kompetencji (Kusztina, 2006) wykonywana jest według poniższych kroków:

1) *Analiza problemu badawczego.*

Ustalenie, czy zagadnienie należy do określonej w zadaniu dziedziny. Pozwala to na interpretację problemu i przedstawienie go w terminach określonego modelu wiedzy z uwzględnieniem istniejącej taksonomii – czyli formułowanie zadania wejściowego.

2) *Analiza i usystematyzowanie doświadczenia.*

Porównanie treści zadania wejściowego z zadaniami umieszczonymi w repozytorium. Wynikiem jest ustalenie drogi, którą należy przejść, aby rozwiązać problem: wybieramy drogę opracowania odpowiedniego algorytmu albo drogę wykorzystania algorytmu istniejącego w repozytorium.

3) *Typizacja zadania wejściowego.*

Przygotowanie paszportu zadania wejściowego w języku repozytorium (np. w formie dokumentu XML).

4) *Gromadzenie paszportu zadania wejściowego w roboczej pamięci bieżącej sesji treningowej.*

5) *Opracowanie własnego algorytmu rozwiązania zadania.*

Algorytm może być opisany za pomocą pseudokodu w języku standardowym (np. za pomocą zaproponowanych przez (Tyugu Enn, 1989) modeli obliczeniowych) lub przedstawiony jako zadanie symulacyjne.

6) *Wykonanie algorytmu.*

Wejściowe dane należy wybrać bezpośrednio z tekstu analizowanego problemu lub wydedukować w trakcie jego interpretacji.

7) *Ocena skuteczności algorytmu.*

Na tym etapie dokonuje się interpretacji wyników wyjściowych algorytmu w kontekście (w terminach) rozwiązywanego zadania.

8) *Typizacja opracowanego algorytmu.*

Przygotowanie paszportu algorytmu rozwiązania w języku repozytorium (meta informacja w postaci dokumentu XML).

9) *Gromadzenie paszportu algorytmu w roboczej pamięci bieżącej sesji treningowej.*

10) *Przygotowanie modułu wiedzy w postaci zapisu repozytorium.*

Na tym etapie trzeba wypełnić formularz repozytorium zawierający: zbiór kluczowych słów z modeli wiedzy dziedzinowej odpowiadających treści postawionego problemu, paszport zadania i paszport algorytmu.

11) Uzupełnienie istniejącego repozytorium.

Wymagany poziom uzupełnienia zależy od przedmiotu, celu oraz etapu nauczania i musi być zadany przez nauczyciela każdemu studentowi.

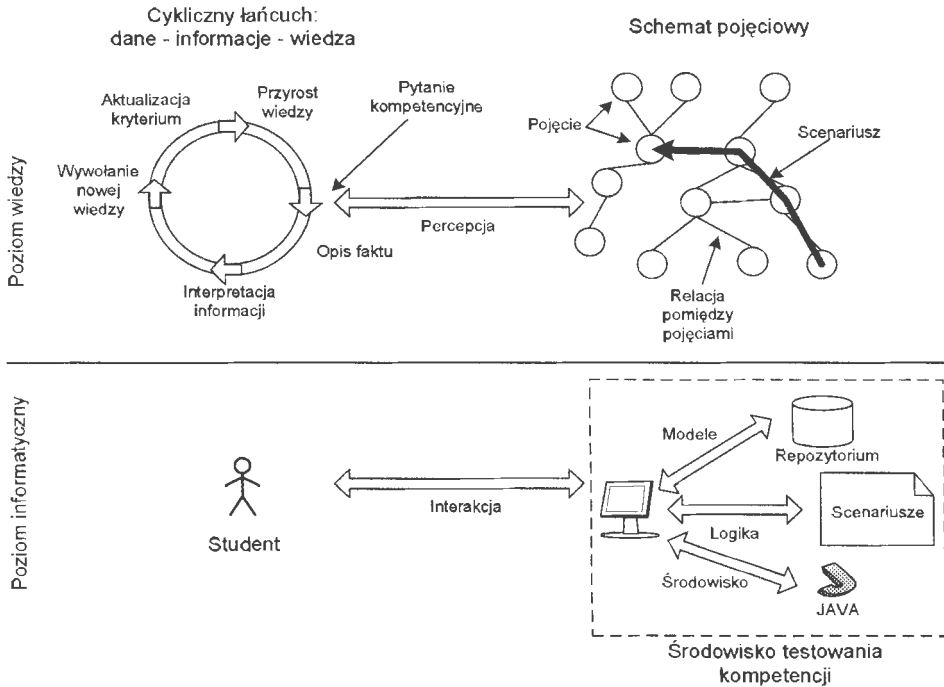
7.4.2 Metoda testowania kompetencji w środowisku laboratorium wirtualnego

Analiza rysunku 81 pozwala na wyodrębnienie dwóch alternatywnych scenariuszy działania. W przypadku, gdy student potrafi dobrać odpowiednią parę *zadanie – algorytm* do zadanego problemu w oparciu o środowisko laboratorium wirtualnego, problem jest rozwiązywany. Gdy student nie potrafi od razu rozwiązać problemu, czyli dobrać odpowiedniej pary *zadanie – algorytm*, należy zapewnić mu narzędzia ułatwiające rozwiązanie postawionego zadania. W dalszych rozważaniach dotyczących testowania kompetencji analizowana będzie pierwsza sytuacja, ponieważ celem jak jest konieczny do osiągnięcia jest rozpoznanie wiedzy związanej z daną dziedziną, jaką już posiada i potrafi zastosować student.

Testowanie kompetencji w środowisku laboratorium wirtualnego odbywa się w oparciu o stworzenie interakcyjnego środowiska manipulacji wiedzą teoretyczną. Zadanie stworzenia takiego środowiska jest trudne, ponieważ wymaga zbudowania przestrzeni manipulacji abstrakcyjnymi strukturami i wizualizacji teoretycznych praw i zasad. Pierwszym działaniem w drodze do opracowania odpowiedniego środowiska jest analiza sposobu zapisu wiedzy teoretycznej w tradycyjnych materiałach dydaktycznych. Analiza pokazuje, że do przekazywania wiedzy teoretycznej używany jest szablon, który wiąże omawianie zagadnienia teoretyczne ze sposobem jego zastosowania, ukazanym zazwyczaj w postaci przykładów lub studiów przypadku. Student powinien powiązać przyswojoną teorię z umiejętnością rozwiązania zadania lub zastosowania odpowiedniej procedury lub algorytmu. Szczególnie w naukach technicznych wiedza teoretyczna jest bazą do zastosowań praktycznych. Ponieważ celem jest analiza już posiadanych przez studenta kompetencji, bazując na przedstawionych powyżej rozważaniach, w dalszej części rozdziału zostanie zaproponowana metoda, która analizuje kompetencje poprzez rozpoznanie zdolności studenta do rozwiązywania zadań, co wiąże się z umiejętnością połączenia wiedzy teoretycznej z wymaganiami danego problemu.

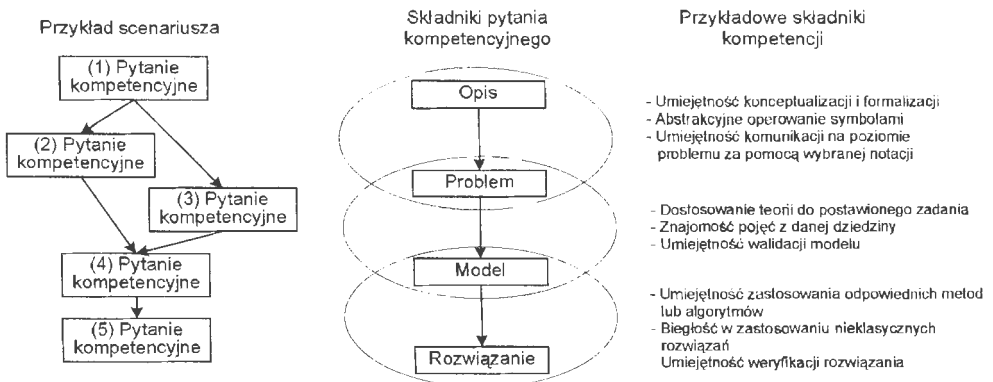
Proponowana metoda dyskutowana będzie na dwóch poziomach (rys. 82). Poziom wiedzy ograniczony jest przez zakres wiedzy na temat procesu poznawczego człowieka, przedstawiony m.in. w pracach (Maruszewski, 2002) lub (Nęcka i Orzechowski, 2006). Z punktu widzenia kognitywistyki, działania związane z testowaniem kompetencji sprowadzają się do rozpoznania schematów pamięciowych studenta oraz jego biegłości w efektywnym ich użyciu. Poprzez cykliczny łańcuch *dane – informacje – wiedza* kompetencje wydobywane są z umysłu studenta podczas odpowiadania na pytania kompetencyjne. Idea *pytań kompetencyjnych* zgodna jest z podejściem przyjętym w inżynierii ontologii i opisanym w pracy (Gruninger i Fox, 1995), gdzie obiekt posiadający wiedzę z określonej dziedziny powinien być w stanie udzielić poprawnej odpowiedzi na postawione pytania. Zbiór pytań kompetencyjnych powiązany jest w formie scenariusza. Poprzez scenariusz rozumiemy oparty na sieciowej reprezentacji wiedzy sposób działania, który celowo odkrywa istniejące pomiędzy pojęciami relacje.

Na poziomie informatycznym student, bazując na przygotowanym interfejsie, manipuluje obiektami pobranymi z repozytorium wiedzy. Repozytorium wiedzy jest tematyczną bazą, która jest w stanie przechowywać semantyczną strukturę pojęcia oraz udostępnić porcję wiedzy w formie modelu. Środowisko tworzone jest w oparciu o typowe, popularne języki programowania. Ze względu na wsparcie dla wielu platform zalecany jest język Java.



Rys. 82. Schemat działania metody testowania kompetencji
(źródło (Różewski i Różewski, 2006))

Istotnym aspektem metody testowania kompetencji jest zagadnienie budowy scenariusza w formie powiązanego zestawu pytań kompetencyjnych. Mając na względzie wcześniejsze uwagi dotyczące struktury materiałów dydaktycznych oraz przedstawioną procedurę nabycia kompetencji, scenariusz zostaje oparty na zbiorze pytań kompetencyjnych (rys. 83). Struktura pytania kompetencyjnego stanowi rozszerzenie struktury repozytorium wiedzy (*zadanie – algorytm*) zawartego w procedurze nabycia kompetencji. Przedstawiona dwójka zostaje rozszerzona do czwórki: *opis – problem – model – rozwiązanie*, gdzie *opis* i *problem* stanowią uszczegółowienie zdania, a *model* i *rozwiązanie* są detalizacją *algorytmu*.



Rys. 83. Zależność pomiędzy składnikami scenariusza
(źródło: (Różewski i Różewski, 2006))

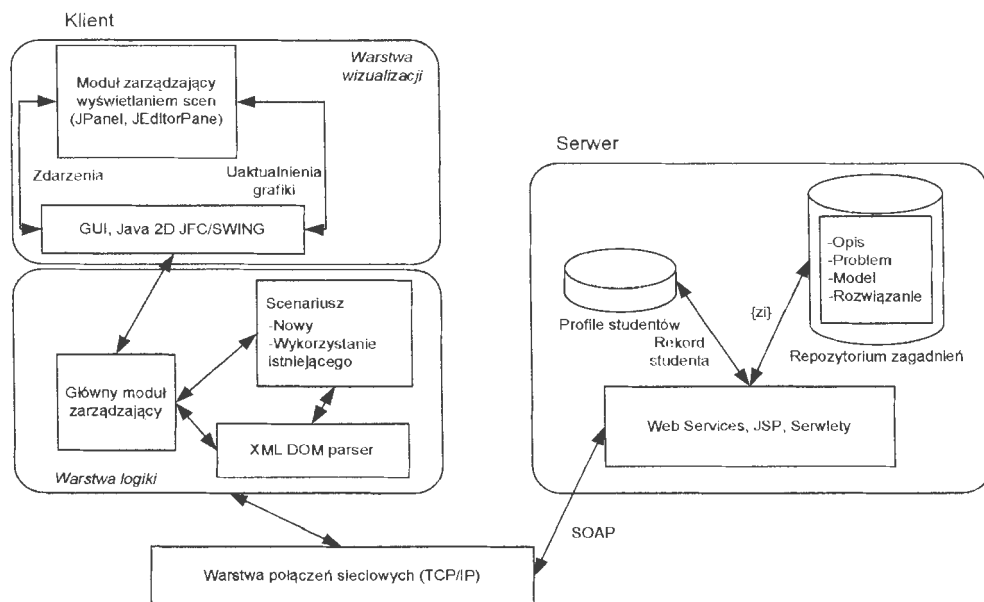
7.4.3 Implementacja metody testowania kompetencji

W ramach przedstawionej koncepcji został opracowany program realizujący przedstawioną metodę badania kompetencji (Różewski i Różewski, 2006). Podczas opracowania projektu przyjęto następujące założenia:

- możliwość personalizacji środowiska wiedzy;
- możliwość łatwej rozbudowy zdalnej bazy wiedzy;
- użytkownicy mają przypdzielane role i zależnie od nich różne domeny uprawnień i dostępu do zasobów;
- GUI aplikacji jest atrakcyjne graficznie i ergonomicznie zaprojektowane;
- system jest w stanie obsługiwać wielu studentów jednocześnie;
- adaptacyjne scenariusze dostarczania wiedzy.

Zaimplementowane rozwiązanie oparte jest na architekturze klient-serwer (rys. 84). Aplikacja klienta (niestacjonarna) działa na zasadzie terminalu i może być uruchomiona na dowolnym komputerze. Po udanym logowaniu i autoryzacji studenta, w razie potrzeb dokonane będzie pobranie brakujących danych z serwera. Do implementacji projektu przyjęte zostały następujące rozwiązania:

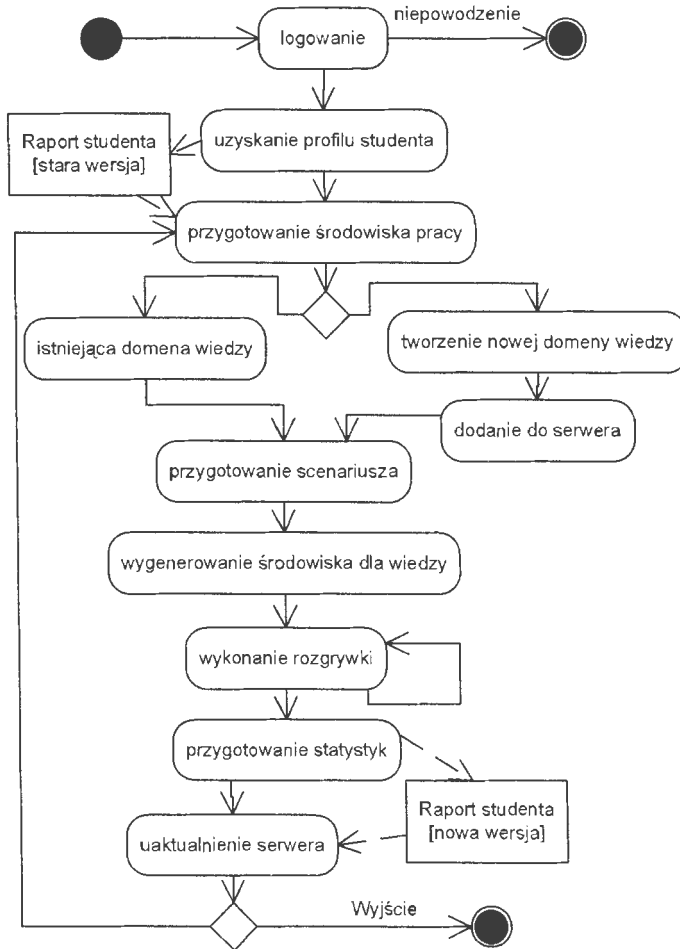
- dla zapewnienia aplikacji niezależności systemowej został użyty język Java, J2SE 1.5;
- globalny dostęp do repozytoriów został zapewniony dzięki serwerowi korzystającemu z webowych protokołów: SOAP, HTTP oraz technologii: HTML, JSP, Serwlety i XML;
- poszczególne zagadnienia składowane są w formie XML i dzięki XSLT transformowane do wybranej optymalnej formy prezentacji.



Rys. 84. Schemat modułów aplikacji
(źródło: (Różewski i Różewski, 2006))

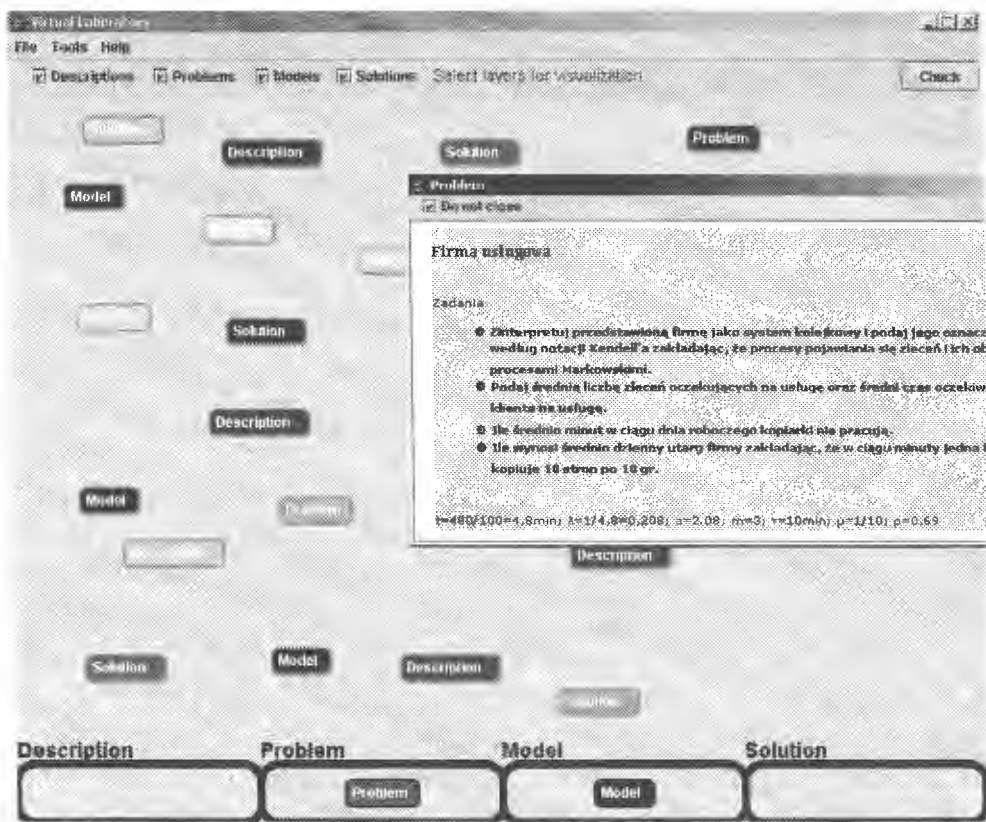
Strona stacjonarna, czyli serwer, zawiera bazę danych przechowującą informacje o studentach, ich postępach i wynikach oraz repozytorium przechowujące opracowane zagadnienia, czyli zbiory składające się z uporządkowanych czwórek (opisy, problemy, modele i rozwiązania). W razie potrzeby repozytorium zagadnień może być dynamicznie poszerzane o nowe jednostki.

Oprogramowanie klienta ma za zadanie nawiązanie połączenia z serwerem i pobranie profilu studenta wraz z odpowiednimi zagadnieniami do nauki. Każdy scenariusz (nazwany również rozgrywką) dostarcza nowych danych o postępach i nabytej już wiedzy. W ramach potrzeb autoryzowany klient może dodawać nowe zagadnienia lub modyfikować już istniejące. Każde zakończenie rozgrywki powoduje aktualizację repozytorium zawierającego profil studenta. Logika działania programu przedstawiona jest na rysunku 85.



Rys 85. Diagram UML czynności, pokazujący logikę działania programu (źródło: (Różewski i Różewski, 2006))

Rysunek 86 przedstawia przygotowaną aplikację. Studenci za pomocą myszki starają się zbudować (uzupełnić) czwórkę, która jest charakteryzowana przez wybrane losowo z jednej dziedziny komponenty. Każdy z elementów umieszczonych na polu roboczym może być przez studenta dokładnie przeanalizowany – w takim przypadku otwierane jest pomocnicze okno gdzie zawarte są powiązane z obiektem informacje. Przedstawione na rysunku 86 rozwiązanie pokazuje lokalny interfejs użytkownika.



Rys. 86. Aplikacja testowania kompetencji
(źródło: (Różewski i Różewski, 2006))

7.5. Podsumowanie

Jednym z kryteriów oceny jakości procesu otwartego nauczania zdalnego jest poziom kompetencji nabytych przez studenta w określonym czasie. Cały proces dostosowania programów i procesu nauczania do zmian zachodzących w otoczeniu organizacji edukacyjnej może być interpretowany jako zarządzanie zorientowane na podtrzymanie łańcucha informacja – wiedza – kompetencja. Do modelowania współdziałania specjalistów zaangażowanych w przygotowanie profili i programów nauczania mogą być wykorzystane metody teorii gier kooperacyjnych.

Przeniesienie procesu nauczania w środowisko sieciowe, zastąpienie kontaktu bezpośredniego z nauczycielem odpowiednimi materiałami dydaktycznymi wymaga precyzyjnego rozróżnienia rodzajów wiedzy przekazywanej studentowi. Pod kątem kompetencji zostały wyróżnione: wiedza teoretyczna, jako podstawy naukowe przedmiotu nauczania, wiedza proceduralna, jako podstawy technologiczne wykonania zadań praktycznych, wiedza projektowa, jako podstawy wykorzystania wiedzy teoretycznej dla realizacji określonego zadania/projektu w określonym środowisku technologicznym. Przykładem omówionego podziału wiedzy jest rozpatrywany przykład laboratorium wirtualnego procesów symulacyjnych.

Podstawowym elementem laboratorium wirtualnego jest repozytorium, które zawiera wiedzę teoretyczną powiązaną z poszczególnymi etapami eksperymentu symulacyjnego

(wiedza proceduralna). Repozytorium umożliwia wielokrotne i zautomatyzowane przekazywanie wiedzy fundamentalnej studentom odbywającym kurs symulacji komputerowej. W stworzonym laboratorium wirtualnym zaprezentowana została metodyka opracowania modeli symulacyjnych w środowisku ARENA, która w szczególności skupia się na modelowaniu systemów kolejkowych. Przygotowanie i wykonanie w opisany sposób zajęć laboratoryjnych wymaga ewolucji ról wszystkich uczestników procesu, która wymaga czasu i wysiłków, ale warto spróbować, ponieważ rozszerza to cykl studenta do *poznać – być zdolnym – zrealizować*.

7.6. Bibliografia

- Banks J., Carson J.S., Nelson B.L., Nivol D.M. (2001), *Discrete-Event System Simulation*, Wydawnictwo Prentice Hall, New York.
- Bologna Working Group on Qualifications Frameworks (2005), *A Framework for Qualifications of the European Higher Education Area*, raport, <http://www.bologna-bergen2005.no/>.
- Bourne J., Harris D., Mayadas F. (2005), *Online Engineering Education: Learning Anywhere, Anytime*, *Journal of Engineering Education*, 94(1), 131-146.
- Chung Ch.A. (2004), *Simulation Modeling Handbook - A Practical Approach*, CRC Press.
- Conole G., Dyke M., Oliver M., Seale J. (2004), *Mapping pedagogy and tools for effective learning design*, *Computers & Education*, 43(1-2), 17-33.
- Danna K., Griffin R.W. (1999), *Health and Well-Being in the Workplace: A Review and Synthesis of the Literature*, *Journal of Management*, 25(3), 357-384.
- Dobrowolski D. (2004), *Laboratorium wirtualne: nowy wymiar zdalnej edukacji*, W: Straszak A., Owsiniński J. (Red.), *Badania operacyjne i systemowe 2004: Na drodze do społeczeństwa wiedzy*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa, 247-255.
- Drelichowski L. (2003), *Podstawy inżynierii zarządzania wiedzą*, Studia i materiały PSZW, Bydgoszcz.
- Duffy V. G., Flora F. Wu, Parry P. W. Ng (2003), *Development of an internet virtual layout system for improving workplace safety*, *Computers in Industry*, 50(2), 207-230.
- García-Luque E., Ortega T., Forja J. M. Gómez-Parra A. (2004), *Using a laboratory simulator in the teaching and study of chemical processes in estuarine systems*, *Computers and Education*, 43(1-2), 81-90.
- González-Castaño F. J., Anido-Rifón L., Valez-Alonso J., Fernández-Iglesias M. J., Llamas Nistal M., Rodríguez-Hernández P., Pousada-Carballo J. M. (2001), *Internet access to real equipment at computer architecture laboratories using the Java/CORBA paradigm*, *Computers and Education*, 36(2), 151-170.
- Hwang W.Y., Chang C.B., Chen G.J. (2004), *The relationship of learning traits, motivation and performance-learning response dynamics*, *Computers and Education*, 42(3), 267-287.
- Joint Quality Initiative (2004), *Shared "Dublin" descriptors for Short Cycle, First Cycle, Second Cycle and Third Cycle Awards*, working draft, <http://www.jointquality.org/>.
- Knudsen C., Naeve A. (2002) *Presence Production in a Distributed Shared Virtual Environment for Exploring Mathematics*. In: Soldek J., Pejaś J. (Eds.), *8th International Conference Advanced Computer Systems Acs'2001*. Wydawnictwo Kluwer Academic, 149-161.
- Kusztina E. (2006), *Koncepcja otwartego systemu informacyjnego nauczania zdalnego*. Wydawnictwo Politechniki Szczecińskiej, Szczecin.
- Kusztina E., Zaikin O., Różewski P. (2006a), *On the knowledge repository design and management in E-Learning*, In: *E-Service Intelligence: Methodologies, Technologies and applications*, Lu, Jie; Ruan, Da; Zhang, Guangquan (Eds.), Series: *Studies in Computational Intelligence*, Wydawnictwo Springer-Verlag Book, tom 37, 497-517.
- Kusztina E., Zaikin O., Różewski P., Tadeusiewicz R. (2006b), *Competency framework in Open and Distance Learning*. In: *Proceedings of the 12th Conference of European University Information Systems EUNIS'06*, Tartu, Estonia, 28-30 June, 186-193.
- Kusztina E., Różewski P., Zaikin O., (2006c), *Extended ontological model for distance learning purpose, Practical Aspects of Knowledge Management, PAKM2006, Lecture Notes in Artificial Intelligence No. 4333*, 155-165.
- Kusztina E., Dolgui A., Małachowski B. (2005), *Organization of the modeling and simulation of the discrete processes*. In: *Information Processing and Security Systems*, Saeed K., Pejaś J. (Eds.), Wydawnictwo Springer, 443-452.
- Kusztina E., Zaikin O., Różewski P., Małachowski B., Tadeusiewicz R., Kusiak J. (2004), *Polish experience in the didactical materials creation: the student involved in the learning/teaching process*, In: *proceedings of the 10th Conference of European University Information Systems EUNIS'04*, Bled, Slovenia, 428-433.

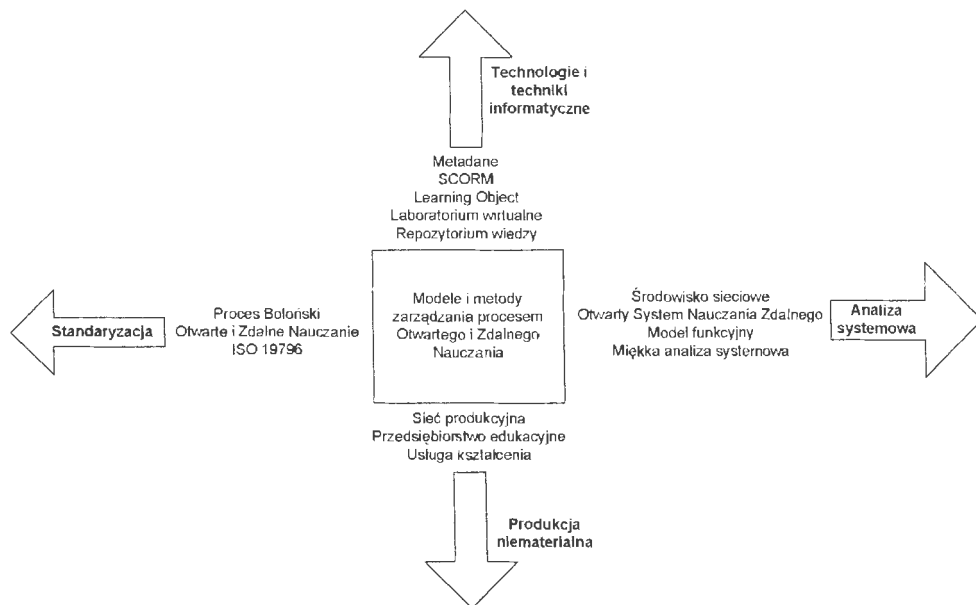
- Kushtina E., Różewski P. (2003), Opracowanie Podejścia do Tworzenia Formalnego Opisu Dziedzinowej Wiedzy Teoretycznej. W: Tom wydawniczy Instytutu Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk. Badania Systemowe, 33, pp. 29-40.
- Law, A.M., W.D. Kelton (2000) Simulation Modeling and Analysis, McGraw-Hill, Boston.
- Maruszewski T. (2002), Psychologia poznania. Sposoby rozumienia siebie i świata, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk.
- MSC - Mathematics Subject Classification, <http://www.ams.org/msc/index.html>.
- Nęcka E., Orzechowski J. (2006), Psychologia poznawcza, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Popov O., Barcz A., Piela P., Sobczak T. (2003), Practical realization of modeling an airplane for an intelligent tutoring system, W: 9th International Conference "Advanced Computer Systems Acs'2002", Wydawnictwo Kluwer Academic, 127-136.
- Rak R. J. (2003), Rozproszone Wirtualne Laboratorium Dydaktycznych dostępne przez Internet. W: Materiały z III Konferencji i Warsztatów Politechniki Warszawskiej „Uniwersytet Wirtualny: Model, Narzędzia i Praktyka”, Warszawa, 5-7 czerwiec.
- Ramasundaram V., Grunwald S., Mangeot A., Comerford N.B., Bliss C.M. (2005), Development of an environmental virtual field laboratory, *Computers and Education*, 45(1), 21–34.
- Robinson S. (2004), Simulation: The Practice of Model Development and Use, John Wiley & Sons Ltd.
- Różewski P., Różewski J. (2006), Metoda testowania kompetencji w środowisku laboratorium wirtualnego, 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, 349-360.
- Różewski P. (2004), Metoda projektowania systemu informatycznego reprezentacji i przekazywania wiedzy dla nauczania zdalnego. Rozprawa doktorska, Wydział Informatyki Politechniki Szczecińskiej
- Scanlon E., Colwell C., Cooper M., Di Paolo T. (2004), Remote experiments, re-versioning and re-thinking science learning, *Computers and Education*, 43(1-2), 153-163.
- Shackel B. (2000), People and computers - some recent highlights, *Applied Ergonomics*, 31(6), 595-608.
- Tuning Education Structures in Europe (2005), Final Report Pilot Project - Phase 2, <http://tuning.unideusto.org/tuningeu/>.
- Tyugu Enn Ch. (1989), Programowanie z bazą wiedzy, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- 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.

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, organizacyjny 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