

# Systemy ekspertowe w nauczaniu na odległość. Przykłady zastosowań

Jolanta Szulc

Instytut Bibliotekoznawstwa i Informacji Naukowej Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach

## Streszczenie

Celem artykułu jest wskazanie możliwości wykorzystania systemów ekspertowych w nauczaniu na odległość. W artykule przedstawiono standardy *e-learningu*, inteligentne systemy nauczania, zaliczane do najwyższej zorganizowanych systemów komputerowego wspomaganie procesu edukacyjnego, oraz przykłady zastosowań systemów ekspertowych. Literaturę przedmiotu zebrano na podstawie analizy zawartości bibliograficznych baz danych: ERIC (1966-) i INSPEC (1969-). Wybrano reprezentatywne przykłady systemów stosowanych w edukacji, do nauczania języków obcych, matematyki i muzyki. Omówiono zintegrowany system szkoleniowy, pozwalający na dostosowanie nauczania do indywidualnych cech ucznia. Zwrócono szczególną uwagę na systemy ekspertowe z interfejsem w języku naturalnym. W zakończeniu wskazano na możliwości zastosowania *e-learningu* z wykorzystaniem systemów ekspertowych do wspomaganie nauczania i uczenia się oraz w kształceniu użytkowników bibliotek.

## Słowa kluczowe

e-learning, inteligentne systemy nauczania, systemy ekspertowe

## Wprowadzenie

System *e-learningowy* jest inteligentnym systemem informacyjnym. Znajduje zastosowanie jako narzędzie rekrutacji i kwalifikacji uczestników szkoleń, pobierania i archiwizacji danych użytkowników, w zakresie tworzenia inteligentnych systemów weryfikacji wiedzy, różnorodnych strategii zadawania pytań w testach elektronicznych, do promocji biblioteki. W *e-learningowym* systemie kształcenia są wykorzystywane narzędzia i metody sztucznej inteligencji, do których należą: systemy ekspertowe, sieci neuronowe, algorytmy genetyczne, inteligentni agenci, systemy rozmyte itp. Narzędzia te mogą być stosowane z wykorzystaniem opracowanych standardów.

## Standardy e-learningu

W ujęciu historycznym, a także w kontekście udziału komputerów w procesie kształcenia wyróżnia się pięć generacji nauczania na odległość lub generacji mediów. Są to: edukacja korespondencyjna (XVIII w.), radio i telefony (od 1920 r.), telewizja i transmisja satelitarna (od 1950 r.), nauczanie wspomagane komputerem (1970 r.) oraz sieci cyfrowe i multimedia charakterystyczne dla przelotu stulecia[1]. Edukację wykorzystującą narzędzia do komunikacji synchronicznej i asynchronicznej, przestrzeń 3D oraz sieci komputerowe o szerokim paśmie transmisyjnym postrzega się jako nową – szóstą generację nauczania zdalnego[2].

W zarządzaniu *e-learningiem* występują dwa podejścia: dzielenie się zdobytą wiedzą i zapisywanie wiedzy w bazach wiedzy. Zarządzanie *e-learningiem* realizowane jest za pomocą systemów: LMS (ang. *Learning Management System*), LCMS (ang. *Learning Content Management System*) oraz VCS (ang. *Virtual Classroom System*). W LMS wyróżnia się moduły funkcjonalne: budowy kursów, komunikacyjny, zarządzania szkoleniami i zdalnego samokształcenia. LCMS jest wirtualnym środowiskiem przeznaczonym dla wielu użytkowników, w którym model działania polega na połączeniu w jedną całość modułów: administracyjnego, automatyzacji i dystrybucji kursów oraz repozytorium obiektów[3]. Systemy klasy VCS umożliwiają zarządzanie i prowadzenie nauki na odległość w trybie synchronicznym ("na żywo"), współpracę, komunikację oraz dystrybucję wiedzy z natychmiastowym sprzężeniem zwrotnym[4].

Standardy komunikacji definiują sposób, w jaki system zarządzający uruchamia jednostkę dydaktyczną i wymianę komunikatów podczas zarządzania procesem nauczania. Należą do nich: AICC (ang. *Aviation Industry CTB Committee*), SCORM (ang. *Sharable Courseware Object Reference*) oraz IMS Common Cartridge[5]. Standardy te mogą być wzbogacane o nowe technologie, takie jak: AR (ang. *Augmented Reality*) lub standardy W3C (ang. *World Wide Web Consortium*): HTML (ang. *HyperText Markup Language*), XHTML (ang. *Extensible HyperText Markup Language*), XML (ang. *Extensible Markup Language*), SOAP (ang. *Simple Object Access Protocol*), VoiceXML (ang. *Voice Extensible Markup Language*), XForms, SVG (ang. *Scalable Vector Graphics*), CSS2 (ang. *Cascading Style Sheets, level 2*), MathML (ang. *Mathematical Markup Language*). Uważa się, że dla procesu uczenia w technologii webowej jedną z najistotniejszych cech jest jej interaktywność, przejaw sprzężenia zwrotnego między eksplorującym zasoby sieci, a udostępniającymi je serwerami[6].

## Inteligentne systemy nauczania

Inteligentne systemy edukacyjne są obecnie najwyżej zorganizowanymi systemami komputerowego wspomaganie procesu edukacyjnego, które mogą być zarówno narzędziem wspomagającym pracę nauczyciela, jak i środkami służącymi do samokształcenia[7]. W *e-learningowym* systemie kształcenia mogą być wykorzystane następujące narzędzia i metody:

- a) sztuczna inteligencja: systemy ekspertowe, sieci neuronowe, algorytmy, genetyczne, inteligentni agenci, systemy rozmyte itp.;
- b) nowoczesne technologie prezentacji i dystrybucji wiedzy, interakcji między użytkownikiem a systemem (aplikacją);
- c) narzędzia telekomunikacyjne: synchroniczne i asynchroniczne, szczególnie przydatne dla nauki we własnym tempie i współpracy między uczniami z różnych stref czasowych.

System ekspertowy jest określeniem przypisywanym do pewnej klasy programów, istnieje wiele jego definicji. Jest to: „system komputerowy lub aplikacja oparta na sztucznej inteligencji, przeznaczona do replikacji zdolności człowieka-eksperta do rozwiązania problemu lub wykonywania konkretnego zadania (lub sekwencji zadań), na przykład analizy finansowej i prognozowania”[8]. Strukturę funkcjonalną systemu ekspertowego tworzą: baza wiedzy, system wnioskujący, dynamiczna baza danych, edytor bazy wiedzy oraz łącze użytkownika. Baza wiedzy zawiera wiedzę dziedzinową istotną dla podejmowanych decyzji, a system wnioskujący korzysta z bazy wiedzy dla wypracowania tych decyzji.

Technologia systemów ekspertowych jest wykorzystywana w systemach wspomaganie decyzji (DSS, ang. *Decision Support System*). Pojęcie *system doradczy* oznacza „program wykorzystujący wiedzę i procedury rozumowania dla wspomaganie rozwiązywania problemów na tyle trudnych, że do ich rozwiązywania wymagana jest pomoc (wiedza) eksperta”[9]. Funkcjonują także określenia system ekspercki, system z bazą wiedzy.

Systemy ekspertowe można podzielić na trzy ogólne kategorie:

- a) doradcze (ang. *advisory*) – które przedstawiają użytkownikowi pewne rozwiązania, a on sam decyduje, ocenia i wybiera rozwiązanie;
- b) podejmujące decyzje bez kontroli człowieka (ang. *dictatorial*) - systemy, które nie "konsultują" wyników końcowych z użytkownikiem (w sytuacji, gdy udział człowieka jest utrudniony lub niemożliwy, np. sterowanie obiektami w trudnym terenie);
- c) krytykujące (ang. *critizing*) – charakteryzujące się przyjmowaniem jako wartości wejściowej postawionego problemu i ewentualnego rozwiązania (rola systemu sprowadza się do analizy problemu i skomentowania zaproponowanego rozwiązania)[10].

Inteligentne systemy nauczania są wykorzystywane jako rozwiązania technologiczne dla realizacji koncepcji Otwartego Nauczania Zdalnego (ODL, ang. *Open and Distance Learning*). Idea modułów, obiektów wiedzy (ang. *Learning Object*) pozwala na organizację wiedzy w jednostki, których granice wyznacza semantyka danej wiedzy. Do najważniejszych problemów badawczych, wymagających analizy w świetle opracowania systemów LMS i LCMS pracujących z wykorzystaniem idei *Learning Object*, należą: pozyskiwanie wiedzy, formalizacja metod reprezentacji wiedzy, modelowanie opisanej wiedzy[11]. Ważnym problemem jest analiza kognitywnego procesu nabywania wiedzy w świetle potrzeby jego częściowej automatyzacji[12]. Prowadzone są także badania nad zastosowaniem nowego podejścia informatycznego, które analizuje intelekt eksperta, wykonującego podczas swojej pracy ciąg inteligentnych operacji[13].

Modele inteligentnych systemów nauczania mogą być wspomagane komputerowo przez programy i systemy: ICAE (ang. *Intelligent Computer Aided Education*), IASP (ang. *Intelligent Administration Support Program*), ITS (ang. *Intelligent Tutoring Systems*), MIMIC (ang. *Multiple Intelligent Mentors Instructing Collaboratively*), TICCIT (ang. *Time-shared, Interactive, Computer-Controlled Information Television*), WITS (ang. *Whole-course Intelligent Tutoring System*).

### Przykłady zastosowań systemów ekspertowych

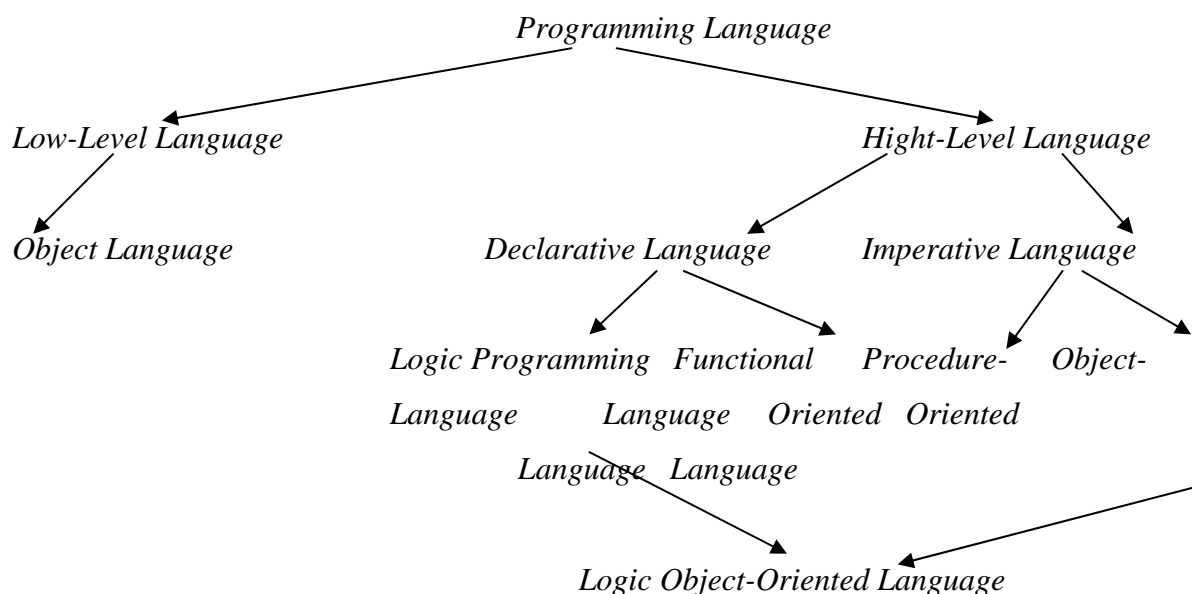
Systemy ekspertowe z bazą wiedzy zawierają wyspecjalizowaną wiedzę na temat określonego obszaru ludzkiej działalności, przy czym wiedza ta jest tak zorganizowana, że umożliwi użytkownikowi wejście w interakcyjny dialog z systemem. Na przykład system ekspertowy ZEERA wspiera użytkowników w zrozumieniu i wykonywaniu analiz statystycznych[14]. Inteligentny system doradczy o nazwie CODAMA, używany w nauczaniu na poziomie uniwersyteckim, pomaga studentom w tworzeniu diagramów związków encji (ang. *entity-relationship diagram*)[15]. Model bazy wiedzy opracowany w systemie TEX-Sys umożliwia budowę inteligentnych systemów nauczania w dowolnie wybranej dziedzinie wiedzy[16]. Prowadzone są także badania nad wdrożeniem nowszej wersji systemu xTex-Sys (ang. *eXtended Tutor-Expert*)[17]. Poniżej omówiono wybrane przykłady zastosowań systemów ekspertowych w standardach *e-learningu*.

### SYSTEM ITELS

ITELS to inteligentny system do nauki języków obcych, pomagający w zdobyciu wiedzy i zrozumieniu specyficznej terminologii. Jego celem jest zwiększenie umiejętności uczniów w zakresie czytania i rozumienia tekstów w języku angielskim oraz poprawnym wykorzystaniu terminologii. System może być dostosowany do wspierania uczenia się terminologii z różnych dziedzin. Do testowania nauczania wybrano informatykę. Pilotażową wersję systemu uruchomiono jesienią 1997 roku dla studentów informatyki Uniwersytetu Konstantyna Prestawskiego w Szumen. Oprogramowanie powstało w języku w C++ i jest przeznaczone dla systemu Windows[18].

System wykorzystuje trzy style nauczania: innowacji, współpracy i inicjacji ucznia. System innowacji (ang. *system-initiated*) pozwala na pełną kontrolę nad procesem nauczania i decyduje, które formy działalności dydaktycznej są najbardziej odpowiednie. Współpraca (ang. *collaborative*) ucznia z systemem polega na prowadzeniu kontroli procesu uczenia się. Uczeń może wybrać preferowane formy uczenia lub treści, a system przejąć lub odrzucić jego propozycje. W procesie kształcenia inicjatywa jest podejmowana przez ucznia (ang. *learner-initiated*), a nie nauczyciela. Uczeń podejmuje wszystkie decyzje, określa cel badania, planuje i podejmuje decyzje wykonawcze, wskazuje kryteria oceny. Zadaniem ucznia jest poinformować nauczyciela o wszystkich podjętych decyzjach, a rolą nauczyciela zaakceptować gotowość ucznia do podejmowania decyzji, udzielić wsparcia, uczestniczyć w formułowaniu wniosków.

W systemie wykorzystano techniki tłumaczenia maszynowego stosowane w systemach ICALL (ang. *Intelligent Computer-Assisted Language Learning*)[19]. ITELS zawiera moduł wiedzy eksperckiej wraz z zasadami gramatycznymi, umożliwia ćwiczenia ze słowotwórstwa z uwzględnieniem morfologii języka, wyjaśnia zasady tworzenia nowych słów, co jest przydatne w ćwiczeniach leksykalnych. Semantyka leksykalna jest prezentowana za pomocą grafów koncepcyjnych (CGs, ang. *Conceptual Graphs*), w których związki między wyrazami (konceptami) są określone przez typ konceptu i jego związki znaczeniowe (relacje ang. *referent*). Zastosowany formalizm jest odwzorowaniem języka naturalnego, co umożliwia ekstrakcję znaczenia zdania. Używane są związki konceptualne najczęściej występujące w danej dziedzinie, np. AGNT - *agent*, ATTR - *attribute*, CHRC - *characteristic*, INST - *instrument*, PART - *part*, PTNT - *patient*, RCPT - *recipient*, RSLT - *result*. Na poniższych rysunkach przedstawiono część taksonomii wątku *Programming Language*, przykład grafu koncepcyjnego zdania oraz definicję nowego typu.



Rys. 1. Część taksonomii wątku *Programming Language*.

Źródło: Dimitrova V., Dicheva D., "Who is who": the roles in an intelligent system for foreign language terminology learning, "British Journal of Educational Technology", 1998, Vol. 29, nr 1, s. 47-57.

[ACTION *Translate*] –  
 (RSLT) → [Object Program]  
 (PTNT) → [Source Program]  
 (INST) → [Object Language]

Rys. 2. Przykład grafu koncepcyjnego zdania *An object program is the translation of a source program into an object language*.  
 Źródło: Dimitrova V., Dicheva D., "Who is who": the roles in an intelligent system for foreign language terminology learning, "British Journal of Educational Technology", 1998, Vol. 29, nr 1, s. 47-57.

*type* Functional Language (x)  
*genus*: Declarative Language  
*differentia*  
 [Declarative Language \*x] –  
 (INST) → [Function { \* }]

Rys. 3. Przykład definicji w systemie ITELs.

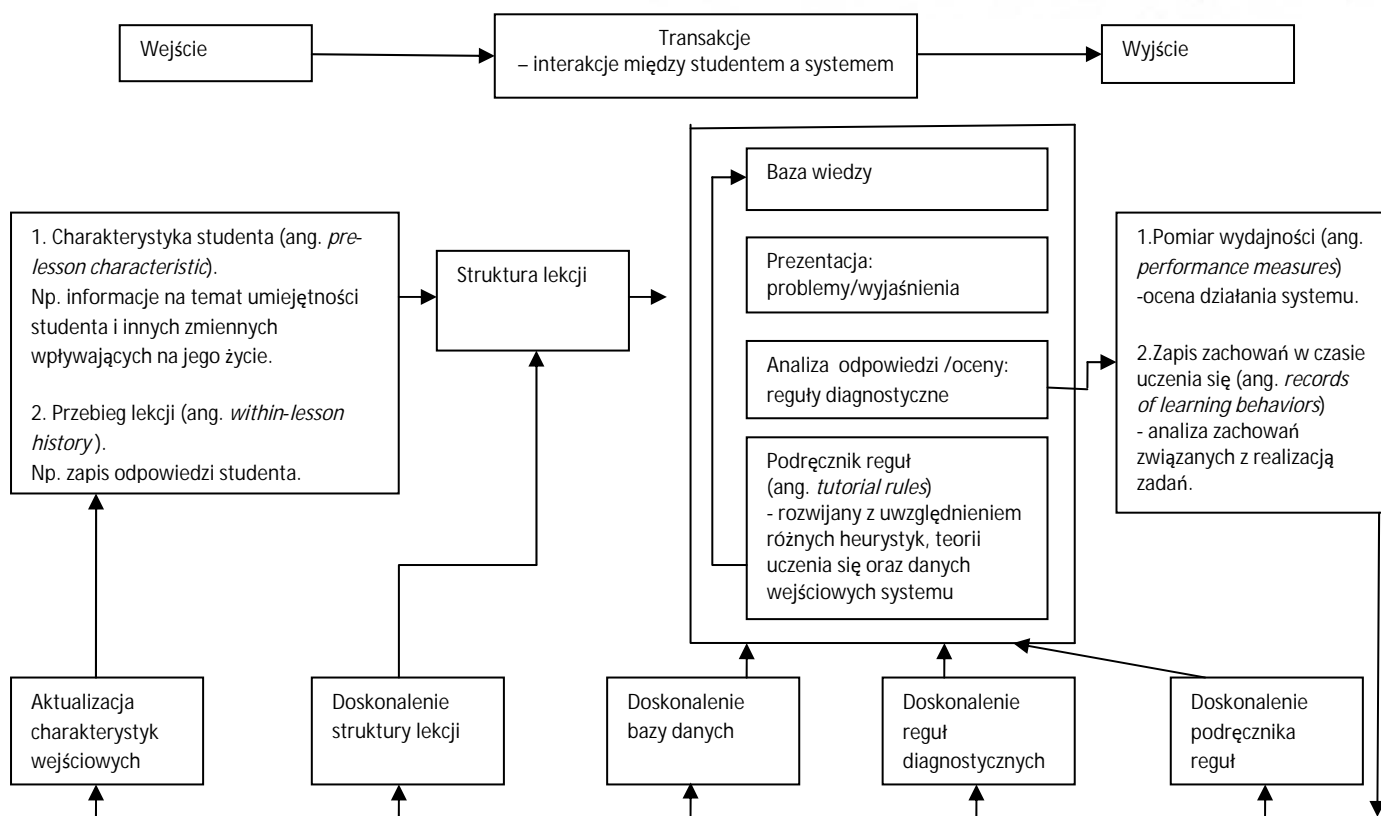
Źródło: Dimitrova V., Dicheva D., "Who is who": the roles in an intelligent system for foreign language terminology learning, "British Journal of Educational Technology", 1998, Vol. 29, nr 1, s. 47-57.

Elementami definicji są: *genus* (supertyp) i *differentia*, pozwalające wyróżnić supertypy w grafie konceptualnym. System sugeruje podpowiedzi lub wyjaśnienia różnic między kategorią konceptualną a taksonomią, między typami konceptów wyróżnionymi przez *differentia* występującymi w definicji. Dla podanego przykładu definicji generuje następujące wyjaśnienie: „The functional language is a declarative language which operates with functions”.

## SYSTEM MAIS

MAIS (ang. *Minnesota Adaptive Instructional System*) to komputerowy zintegrowany system szkoleniowy, który określa, czy konkretne strategie szkoleniowe i odpowiadające im zmienne metody mogą poprawić wyniki nauczania. Jest przykładem zastosowania teorii decyzji w systemach komputerowych, wspomaga wybór odpowiednich instrukcji z zastosowaniem elementów teorii decyzji Bayesa[20], zwłaszcza modeli liniowych i klasycznych modeli testów[21].

Adaptacyjne systemy szkoleniowe (AIS, ang. *Adaptive Instructional Systems*) określane są jako „wszelkie formy interwencji w procesy edukacyjne, mające na celu ich dostosowanie do indywidualnych różnic między uczniami” [22]. Długa historia starań w dostosowywaniu instrukcji do indywidualnych potrzeb i możliwości ucznia została udokumentowana przez wielu badaczy[23]. Początkowo systemy AIS uwzględniały tylko jedną lub dwie zmienne, w nowszych systemach adaptacyjnych z wykorzystaniem komputera, są implementowane technologie, z zastosowaniem wielu warstw i wielu zmiennych. Model takiego systemu przedstawiono na Rys. 4.



Rys. 4. Model adaptacyjnego system szkoleniowego.

Źródło: Park O., Lee J., *Adaptive instructional systems*, "Educational Technology Research and Development", 2003, Vol. 25, s. 651-684.

W systemie MAIS zmienne projektowe są bezpośrednio związane z procesem uczenia się. Do podstawowych elementów systemu należą: wstępna diagnoza i rozwiązanie, sekwencyjny proces decyzyjny (IDM, ang. *Instructional Decision-Making*), sekwencja instrukcji, kontrola czasu szkolenia. W celu dostosowania nauczania do indywidualnych cech ucznia (uzdolnień, posiadanej wiedzy) oraz potrzeb nauczania (ilości i kolejności instrukcji), zmienne są sterowane przez inteligentny system nauczania (ITS, ang. *Intelligent Tutoring System*). Badania wykazały, że wszystkie sekwencje nauczania można uzupełnić o odpowiednie rozszerzenia oraz zastosowania teorii psychometrycznych do elementów decyzyjnych[24].

W zależności od częstotliwości zbierania danych, postępy w nauce mogą być oceniane już po kilku tygodniach lub kilku miesiącach nauczania. Standardowe reguły decyzyjne pomagają nauczycielom określić, kiedy zmiany w szkoleniu są konieczne, a indywidualne programy monitorowania postępów w nauce mogą zawierać własne, specyficzne ramy decyzyjne[25]. Elementy procesów poznawczych w połączeniu z wymaganiami systemu komputerowego przedstawiono w poniższej tabeli.



Procesy poznawcze	Cele nauczania	Strategie szkolenia	Instrukcje komputerowe (ang. <i>computer-based prescriptions</i> )	
			Konwencjonalne (działy, ang. <i>branching</i> )	Inteligentne (oparte na regułach, ang. <i>rule- based</i> )
<b>UCZENIE SIĘ</b>				
Wiedza deklaratywna (wiedzieć co)	Informacja słowna/wizualna (świadomość i zrozumienie zawartości, tzn. faktów, pojęć, reguł i zasad oraz ich połączeń)	<u>Wyjaśnianie</u> Kontekst Etykieta/definicja Najlepszy przykład Dopasowane/rozbieżne przykłady Opracowane przykłady	Gęstość wyświetlacza (ekranu) Grafika dynamiczna	Doradcze Wbudowane Odświeżania i rekultywacji
Wiedza proceduralna (wiedzieć jak)	Zdolności intelektualne (możliwości korzystania z treści nowo napotkanych problemów)	<u>Praktyka</u> Przykłady problemów Atrybut odcięcie/opracowanie Opinie (strategia informacji)	Podręcznik Wdrażanie i praktyka	Ilość/sekwencja informacji Czas uczenia się Analiza naprawy błędów Procesy sprzężenia zwrotnego
Wiedza kontekstowa (wiedzieć dlaczego, kiedy i gdzie)	Umiejętności kontekstowe (zdolność do podejmowania decyzji, rozwiązywania problemów w złożonych sytuacjach)	<u>Problemy zorientowane</u> Moduły kontekstowe (symulacje, role, gry, studium przypadku) Współdziałanie w uczeniu się	Symulacja i rzeczywistość wirtualna (moduły)	Analiza błędów adaptacyjnych
<b>MYŚLENIE</b>				
Złożoność poznawcza (różnicowanie i integracja wiedzy)	Strategie poznawcze (zdolność do wykorzystania złożoności poznawczej w nowych sytuacjach)	<u>Moduł dynamiczny</u> Jednostki sytuacyjne (symulacje, studium przypadku, odgrywanie ról) Współdziałanie w uczeniu się	Symulacje (dynamiczne: regulacja zmiennych i warunków) Wirtualna rzeczywistość	Opracowanie i rozszerzenie zmiennych i warunków
Konstruktywizm poznawczy (tworzenie wiedzy)	Procesów twórcze (zdolność tworzenia wiedzy w nowych sytuacjach)	Samodzielne doświadczenia	Kontrola uczącego się	Inicjatywy mieszane

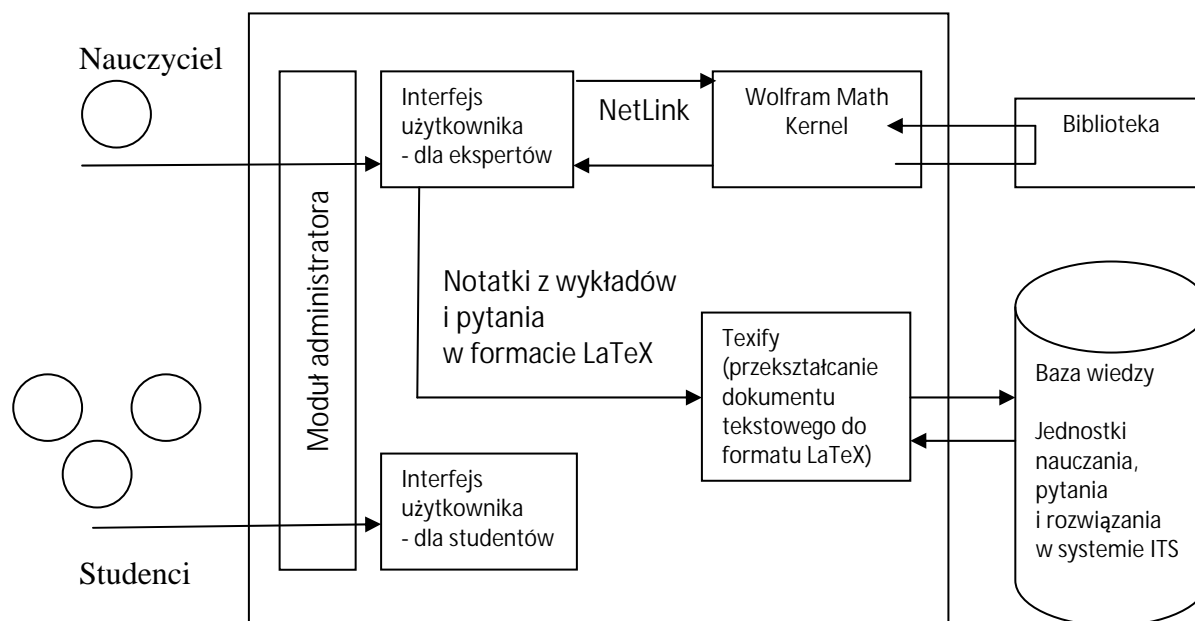
Tabela 1. Komponenty modelu łączącego procesy poznawcze z instrukcjami komputerowymi (ang. *computer-based prescriptions*).

Źródło: Tennyson R. D., *MAIS: a computer-based integrated instructional system*, "Behavior Research Methods, Instruments, & Computers" 1993, Vol. 25, nr 2, s. 93-100.

## SYSTEM MATHITS

Inteligentny system do nauczania matematyki MathITS obsługuje dwie kategorie użytkowników[26]. Użytkownik może zalogować się do systemu przez moduł administracyjny, który kontroluje otrzymane informacje o użytkowniku z bazy danych. Jeżeli w bazie danych brak danych o użytkowniku, to zostaje on skierowany do odpowiedniego interfejsu, w zależności od typu użytkownika. MathITS składa się z systemu reprezentacji wiedzy i interpretatora języka programowania *Mathematica*. Moduł reprezentacji wiedzy jest niedostępny dla innych systemów baz danych i pozwala na kompleksową i strukturalną reprezentację danych. To umożliwia wnioskowanie i ocenę złożonych zapytań. Reprezentacja wiedzy jest realizowana z wykorzystaniem systemu LaTeX, zawierającym zestaw makr stanowiących nadbudowę dla systemu TeX. Wiedza zawarta w małych jednostkach, takich jak wykład, pytania, odpowiedzi i wskazówki jest przechowywana w formacie LaTeX, a gdy jest to konieczne, jednostki te są konwertowane do dokumentów w formacie PDF.

Drugi moduł obsługuje środowisko realizacji obliczeń matematycznych *Mathematica* firmy Wolfram Research Inc. *Mathematica* umożliwia realizację obliczeń symbolicznych i szybkich obliczeń numerycznych z dowolną dokładnością. Program udostępnia biblioteki zawierające wiedzę ekspercką i składa się z dużej liczby algorytmów matematycznych. Komunikację między interfejsem użytkownika MathITS, a interpretatorem języka *Mathematica* obsługuje komponent Microsoft.NET/Link. Ekspert może wprowadzać polecenia do interpretatora języka *Mathematica* i otrzymuje wyniki w wersji tekstowej, graficznej lub notacji LaTeX. Budowę systemu przedstawiono na poniższym rysunku.



Rys. 5. Architektura systemu MathITS.

Źródło: Günel K., Aşlıyan R., *Determining difficulty of questions in Intelligent Tutoring Systems*, "Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET", 2009, Vol. 8, nr 3, s. 14-21.



Ogólna architektura inteligentnego system nauczania składa się z czterech różnych komponentów – modułów: eksperta, studenta, pedagogicznego i komunikacyjnego[27]. Głównymi elementami modułu eksperta są: baza wiedzy, silnik wnioskowania i interfejs użytkownika. Baza wiedzy zawiera rozwiązania problemów z wykorzystaniem odpowiednich aplikacji. Wiedza umożliwia systemowi ITS porównanie działań ucznia, ich wybór i ocenę, w celu ustalenia kompetencji użytkownika. Zazwyczaj jest odizolowana od korpusu systemu ekspertowego (ang. *expert system shell*), aby umożliwić ponowne wykorzystanie aplikacji w innych domenach. Silnik wnioskowania jest interpreterem wiedzy, a interfejs użytkownika zapewnia komunikację między użytkownikiem a systemem.

Moduł studenta (ang. *Student Modeling Component*) jest kluczowym elementem systemu ITS, ponieważ student jest kluczowym podmiotem w procesie nauczania. Zawiera informacje o zachowaniu studenta, ocenia każdego ucznia, jego wydajność (w celu ustalenia jego wiedzy), percepcję, zdolności i umiejętności rozumowania. W literaturze przedmiotu zwrócono uwagę, że odpowiedzi uczniów nie są jeszcze odpowiednio sparametryzowane[28].

Moduł pedagogiczny (ang. *Pedagogical Module*, określane także jako *Tutor Module*) jest odpowiedzialny za kompetencje instruktorskie (ang. *instructional competence*) i zapewnia implementację różnych strategii nauczania. Pozwala podejmować decyzje związane z wyborem odpowiednich jednostek nauki, metod nauczania, sekwencjonowania nauczania i odpowiedzi. Podczas takich procesów moduł komunikuje się ze studentami, w celu uzyskania odpowiednich informacji. Jego konstrukcja umożliwia dynamiczne generowanie rozwiązań.

Moduł komunikacyjny umożliwia komunikację między człowiekiem a komputerem za pomocą interfejsów systemu ITS: administratora, studenta i nauczyciela. Interfejs nauczyciela wykorzystuje LaTeX *Editor*, który w prosty sposób pozwala na przygotowanie dokumentów TeX/LaTeX i może zostać przystosowany do edycji plików innych formatów, np. HTML lub kodów źródłowych w językach programowania.

## SYSTEMY DO NAUCZANIA MUZYKI

Pierwsze zastosowania komputerów w nauczaniu muzyki były związane z behawiorystyczną teorią uczenia się, według której proces zdobywania wiedzy odbywa się według schematu: bodziec (ang. *stimul*) - odpowiedź (ang. *responce*) - wzmocnienie (ang. *reinforcement*). Opracowano algorytm, składający się z tzw. ramek i obejmujący następujące czynności: prezentację materiałów tekstowych i audiowizualnych, prośbę o udzielenie odpowiedzi przez studenta, porównanie odpowiedzi z wcześniej zapisanymi alternatywnymi odpowiedziami, wyświetlenie wstępnego, zapamiętanego komentarza związanego z odpowiedzią i wyszukanie następnej ramki (na podstawie uzyskanych odpowiedzi)[29]. Reprezentatywnym przykładem tego rodzaju systemu był program GUIDO[30]. Podobne systemy opracowano w latach 80. i 90. do nauczania teorii muzyki MUSES (1987), zaprojektowany w Carnegie Mellon University *Piano Tutor* (1987), inteligentny system nauczania muzyki A. Fentona (ang. *Intelligent Tutoring System for Music*, 1989), inteligentny system komputerowego wspomaganie kompozycji HARP (1991), *Harmony Coach* (1991). Powstały także systemy ekspertowe do harmonizacji *Vivace* (1985), nauki harmonii *MacVoice* (1986) i kontrapunktu *Lasso* (1985).

Inteligentny system nauczania *Harmony Coach*, napisany w języku *Turbo Prolog*, wykorzystuje mikrokomputery klasy IBM PC (np. IBM PC/XT, IBM PC/AT). System umożliwia nauczycielowi zapis zadań muzycznych, zestawów progresji harmonicznyc, a także wspomaga studentów w tworzeniu harmonicznyc sekwencji. Składa się z trzech *tutoriali*, które zawierają wiedzę z dziedziny, wyjaśniają podstawy logiczne i posiadają wiedzę niezbędną do wykonania zadań zgłoszonych przez studenta. Program wspomagający nauczanie (ang. *coach*) został zaprojektowany z wykorzystaniem sześciu zasad, które w większości są niezbędne w prawie każdym inteligentnym systemie nauczania:

1. *Coach* musi zawierać podstawowe zasady muzyki.
2. W działaniu powinien pełnić rolę bierną, tak aby umożliwić studentowi twórcze myślenie i odkrywanie samego siebie.
3. Sprzęt i oprogramowanie powinny być jak najbardziej przyjazne i przejrzyste dla użytkownika końcowego.
4. *Coach* powinien używać technik sztucznej inteligencji w danym przypadku tak, aby wygenerować inteligentne i elastyczne środowisko.
5. Powinien obejmować trzy podstawowe elementy, charakterystyczne dla każdego dobrego, inteligentnego systemu nauczania: wiedzę, wyjaśnianie i umiejętność rozwiązywania problemów.
6. Uruchomić środowisko nauczania z wykorzystaniem wyższej klasy mikrokomputerów[31].

System ekspertowy *Continuator* umożliwia automatyczne generowanie muzyki i jest przeznaczony dla zaawansowanych użytkowników[32]. Bazujący na teorii łańcuchów Markowa[33] program daje możliwość szybkiego uczenia się różnych stylów muzycznych w czasie rzeczywistym oraz tworzenia muzyki zgodnie z tymi stylami. W trybie podstawowym jest podłączony do wejścia i wyjścia syntezatora. Muzyk gra frazy muzyczne, a program je kontynuuje. Dostępne są inne tryby działania. W trybie *Autarcy instrument* jest podłączony do głównego wejścia systemu. System uruchamia się od podstaw, bez pamięci początkowej i uczy się stylu muzycznego. W efekcie zmienia się rola muzyka w tworzeniu muzyki: od aktywnego działania do pasywnego słuchania i kontynuacji fraz zaproponowanych przez system. Podobnie działa tryb *Virtual Duo*, z tą różnicą, że przed rozpoczęciem pracy systemu ładowana jest pamięć pobierana z odpowiedniej biblioteki. W trybie *Contextual Continuation* jeden muzyk korzysta z głównego wejścia systemu, a kolejny, np. pianista, wykorzystuje tzw. wejście kontekstowe. Kontynuacje generowane przez system są zbudowane z wyrażen wejściowych wprowadzanych przez pierwszego muzyka i dynamicznych, kontekstowych informacji wprowadzanych przez drugiego, co zwiększa interakcje między dwoma muzykami i ostatecznie ma wpływ na generowaną muzykę. Tryb *Playing twice with oneself* składa się z dwóch etapów. Początkowo muzyk gra harmonicznymi bogatymi frazami muzycznymi (akordy i sekwencje akordów), które wprowadzane są do systemu. W drugiej fazie system produkuje nieskończony strumień wyuczonych akordów. Muzyk gra solową improwizację sekwencji harmonicznymi, na podstawie których system tworzy własną improwizację, co sprawia wrażenie, że muzyka powstaje bez udziału człowieka. Tryb *Swapping mode* umożliwia współpracę wielu muzyków. Wprowadzane frazy muzyczne są zamieniane, np. gitarzysta korzysta z „pamięci” pianisty i odwrotnie, co jest podstawą wielu eksperymentów.

Pracę systemu sprawdzono zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i w czasie koncertów na żywo. Muzyk i kompozytor György Kurtág Junior[34] wykonał swoje utwory na festiwalu w Uzeste (Francja, sierpień 2001) oraz na Festival Sons d'hiver (Paryż, styczeń 2002). Pianisci Alan Silva i Bernard Lubat wykorzystując ten system wykonywali muzykę jazzową, dzieląc się własnymi opiniami i komentarzami[35].

Wykorzystanie systemów komputerowych w edukacji muzycznej umożliwia uczniowi pełniejsze uczestnictwo w zajęciach, kształcenie dyspozycji percepcyjnych, twórczych i odtwórczych. Idealny system do nauczania muzyki powinien zapewnić:

- a) generację 16-bitowego dźwięku w czasie rzeczywistym (obecnie możliwe jest stosowanie dźwięku 24-bitowego);
- b) graficzny interfejs użytkownika, który może wyświetlać notację muzyczną o wysokiej rozdzielczości;
- c) skład i edycję partytury za pomocą myszy lub innych urządzeń wskazujących;
- d) analizowanie i sprawdzanie poprawności elementów różnych języków muzycznych[36];
- e) synchronizację wizualnych i dźwiękowych prezentacji;
- f) analizę i notację dźwięku w czasie rzeczywistym (ang. *real time pitch*);
- g) zapis wydajności pracy klawiatury (ang. *keyboard performance*) w czasie rzeczywistym[37].

Część tych założeń jest realizowana w standardzie MIDI (ang. *Musical Instrument Digital Interface*), zwłaszcza w zakresie notacji muzycznej i sekwencjonowania aplikacji, ale kod ten na ogół nie jest dostępny dla twórców szkoleń. Nawet wtedy, gdy moduły są dostępne, często muszą być odpowiednio skonfigurowane do obsługi protokołów interakcji studentów z komputerem, wymaganych w poszczególnych częściach szkoleń[38].

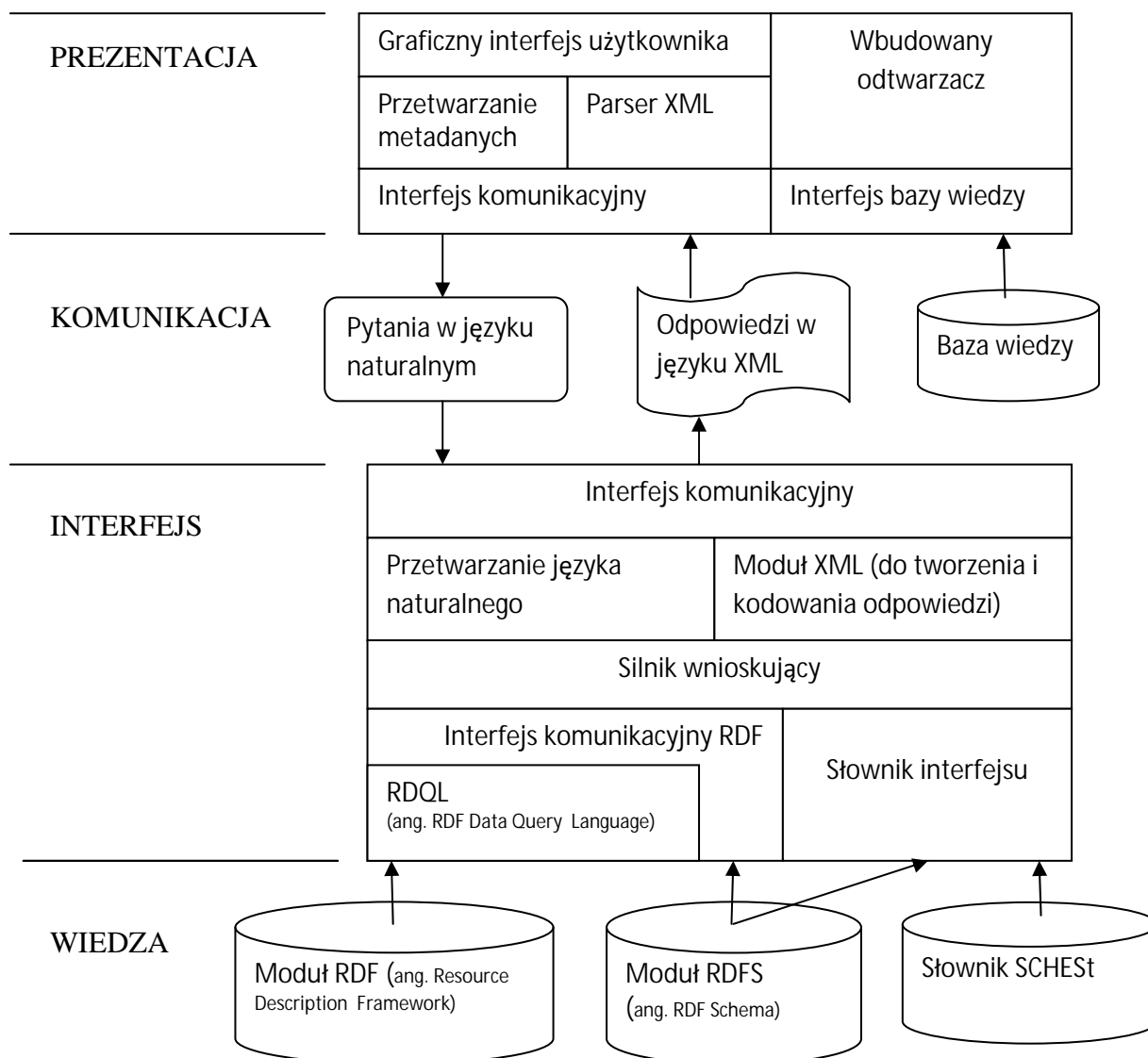
## SYSTEMY Z INTERFEJSEM W JĘZYKU NATURALNYM

Interfejsy w języku naturalnym (NLI, ang. *Natural Language Interfaces*) wykorzystywane do obsługi bazy wiedzy, pozwalają użytkownikom na interakcje z systemem za pomocą języka pisanego i mówionego (np. angielskiego), tak, aby wykonać zadania, które zwykle wymagają zapytań w języku formalnym. Badania w dziedzinie NLI są prowadzone już od ponad trzech dekad. Większość z rozwiniętych systemów NLI jest tworzona jako interfejsy do relacyjnych baz danych. Ostatnio, systemy te ewoluowały w kierunku interfejsów bogatszych semantycznie o dane w postaci ontologii. NLI są również używane do dialogu i uczenia systemów[39], np. bot czat o nazwie *Asimov*, który udziela odpowiedzi na proste pytania w języku angielskim[40]. Do systemów wykorzystujących język naturalny należą: CPL, *E-librarian*, NLP-Reduce, ORAKEL, PANTO, *Querix*[41].

System *E-librarian*[42] akceptuje pytania w języku naturalnym i zwraca zestaw dokumentów, w których użytkownik może znaleźć odpowiedź. Jest zaprojektowany dla wybranej domeny i zawiera tylko słownictwo specjalistyczne, zamiast zewnętrznych źródeł, takich jak *WordNet*. Brak danych jak kosztowne jest budowanie takiego słownika, wiadomo jednak, że musi być budowany ręcznie. *E-librarian* był stosowany w dwóch aplikacjach: CHESt (o historii komputerów) i MatES (o ułamkach matematycznych).

Wśród użytkowników systemów przeprowadzono badania na temat preferencji zapytań w języku naturalnym lub słów kluczowych. 22% użytkowników systemu CHESt wybrało zadawanie pytań w języku naturalnym, 69% akceptowało tę metodę tylko wtedy, kiedy dawała lepsze wyniki, a 8% zadeklarowało, że nie lubi tej opcji. Wydajność systemu MatES została oceniona na podstawie 229 pytań przygotowanych przez nauczyciela matematyki, który nie był zaangażowany w realizację prototypu. System udzielił poprawnej odpowiedzi na 97% pytań, jednak w źródłach brak informacji na temat złożoności tych pytań[43].

*E-learningowy* system ekspertowy CHESt zawiera algorytm, który umożliwia wyszukanie dokumentów semantycznie dopasowanych do domeny ontologii. Ponadto, użytkownik może sformułować swoje pytanie w języku naturalnym. Zastosowana metoda polega na zadeklarowaniu elementów ontologii (języka i taksonomii), a następnie tłumaczeniu szczegółowych zapytań w języku naturalnym[44]. Architekturę systemu złożoną z warstw i modułów przedstawia Rys. 6. System CHESt może być stosowany jako uzupełnienie klasycznej edukacji. Nauczyciel może wykorzystać go do wprowadzenia nowego tematu lub prowadzenia pracy w grupie, a studenci używać do odrabiania prac domowych z wykorzystaniem *e-learningu*.



Rys. 6. Architektura systemu CHESt.

Źródło: Linckels S., Meinel Ch., *Semantic layer architecture for an educational expert system in computer history*. In *Proceedings IEEE International Conference on Advances in Intelligent Systems (AISTA2004)* [online], 2004 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: [http://www.linckels.lu/Publications/AISTA2004\\_029-04\\_linckels.pdf](http://www.linckels.lu/Publications/AISTA2004_029-04_linckels.pdf).

## Podsumowanie i wnioski

Systemy ekspertowe należą do systemów inteligentnych. Realizują funkcje doradcze, wspomagają podejmowanie decyzji, analizują zadany problem i komentują zaproponowane rozwiązanie. Ich struktura umożliwia gromadzenie i przechowywanie wiedzy dziedzinowej, a także budowę inteligentnych systemów nauczania w dowolnie wybranej dziedzinie. Często są to systemy uczące się. W komputerowych systemach wspomagania nauczania i systemach zarządzania procesami edukacji, mamy do czynienia z takimi problemami jak diagnoza, ocena, doradztwo, interpretacja faktów, rozpoznawanie i inne.

Systemy ekspertowe w edukacji mają często charakter systemów doradczych, a jako takie mogą pełnić rolę konsultanta i nauczyciela. W edukacji, łączone z systemami multimedialnymi i prezentacyjnymi, tworzą systemy nazywane hybrydowymi[45]. Zastosowanie sieci neuronowych pozwala na przetwarzanie dużych, niekompletnych zbiorów danych, co umożliwia ich zastosowanie w obszarze nauczania i oceniania. Opracowano szereg programów komputerowych służących do wspomagania nauczania i uczenia się, np. system *Plato*. Należy jednak zauważyć, że tworzenie inteligentnych systemów nauczania w Polsce jest ciągle zbyt mało zaawansowane.

W opinii wielu pedagogów współczesna szkoła jest uważana za naturalny system ekspertowy, gdzie w rolę specjalistów wcielają się nauczyciele, zaś rolę decydentów pobierających i jednocześnie podejmujących decyzje w procesie dydaktycznym przejmują sami uczniowie. Nauczaniem ekspertowym nazywa się system, „w którym uczeń jest stopniowo wdrażany do realizacji podstawowych funkcji systemu ekspertowego wspomaganego multimedialnie (obecnie najczęściej komputerowo), służącego wykonywaniu wybranych zadań w procesie dydaktycznym”[46]. Uczeń może brać czynny udział w tworzeniu systemów ekspertowych.

Biblioteki od dawna służą nauce jako pośrednicy w przekazywaniu informacji, a wraz z rozwojem *e-science* pojawiają się nowe obszary działalności tych placówek. Nowy model zintegrowanych usług informacyjnych i edukacyjnych, oferujący jednoczesny dostęp do zasobów bibliotecznych i technologii (IC, ang. *Information Commons*) pozwala na rozszerzenie usług edukacyjnych bibliotek, zwłaszcza naukowych. Wiedza o oferowanych standardach i modelach *e-learningu*, powinna być powszechna, dobrze przemyślana i przetestowana przez międzynarodowe grono twórców i odbiorców.

Zainteresowanie wiedzą ekspercką jest duże. Powstają specjalistyczne portale, których celem jest gromadzenie informacji o ekspertach i ich zainteresowaniach (publikacjach naukowych, patentach, projektach). Serwis *SzukajEksperta.com* oferuje usługę wyszukania eksperta najbardziej odpowiedniego do zadań opisanych przez klienta. Przy wykorzystaniu nowatorskich algorytmów typu *Text Mining*, udostępnia dane kontaktowe wybranych ekspertów w dziedzinie inżynierii i technologii, medycyny, prawa, rolnictwa, nauk przyrodniczych, społecznych i humanistycznych[47]. Projekt *Innowacyjny dizajn lokomotyw śląskiej gospodarki. Sieć współpracy środowisk akademickich z biznesem* umożliwia sprawny i szybki kontakt między przedsiębiorcami oraz środowiskiem naukowym i projektantami. Portal wymiany wiedzy jest kierowany do przedstawicieli środowiska nauki (naukowców, studentów i absolwentów) oraz pracodawców z sektora mikro, małych i średnich przedsiębiorstw[48]. Kodyfikacja wiedzy najwyższej klasy specjalistów, najczęściej deklaratywnie zapisanej i przechowywanej w bazach wiedzy, zapewnia wysoki poziom ekspertyzy przeprowadzanej według jednolitych, dobrze określonych zasad. Systemy ekspertowe mogą zastąpić specjalistów w pewnych, wąsko określonych dziedzinach.

Artykuł opracowany na podstawie referatu wygłoszonego na konferencji: *Biblioteka w przestrzeni edukacyjnej. Funkcje i wyzwania w XXI wieku* (Kraków, 16-17 maja 2011).

**Przypisy:**

- [1] Dąbrowski M., *Geneza i charakterystyka e-edukacji*, „Master of Business Administration”, [online], 2005, nr 2 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.kozminski.edu.pl/gfx/kozminski/files/mba/275.pdf>.
- [2] Meger Z., *Szósta generacja nauczania zdalnego*. In Dąbrowski M., Zajac M. (red.), *E-edukacja dla rozwoju społeczeństwa*, Warszawa, 2008, s. 151-158.
- [3] Hauke K., *Zarządzanie wiedzą w procesie tworzenia wykładów online*. In *Rozwój e-edukacji w ekonomicznym szkolnictwie wyższym* [online], 2007 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: [http://zasoby.kangur.uek.krakow.pl/konferencje.php?nr=1200001210&kat=\\_p;\\_referaty/sesja\\_Ila/09\\_e-edukacja.pdf](http://zasoby.kangur.uek.krakow.pl/konferencje.php?nr=1200001210&kat=_p;_referaty/sesja_Ila/09_e-edukacja.pdf).
- [4] Waćkowski K., Chmielewski J. M., *Rola standaryzacji platform w e-learningu*, „E-mentor”, [online], 2007, nr 2 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.e-mentor.edu.pl/artukul/index/numer/19/id/406>.
- [5] IMS Common Cartridge jest standardowym formatem dystrybucji zawartości pomiędzy platformami LMS, integruje różnorodną zawartość w pojedynczy pakiet (ang. *cartridge*), definiuje sposób użycia stosowanych aktualnie specyfikacji: IEEE LOM v1.0, IMS Content Packaging v1.2, IMS Question & Test Interoperability v1.2.1, SCORM 1.2/2004. Od 14 marca 2008 r. do międzynarodowej grupy roboczej *Common Cartridge Alliance*, działającej w ramach *IMS Global Learning Consortium*, należy Instytut Maszyn Matematycznych w Warszawie. Por.: Borysewicz W., *Interoperacyjne kursy e-learningowe: analiza standardu IMS Common Cartridge*, „Prace Naukowo-Badawcze Instytutu Maszyn Matematycznych. Seria ABC.IT”, 2008, nr 10, s. 23-36; *IMS Global Learning Consortium* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.imsglobal.org/commoncartridge.html>.
- [6] Kuźmińska-Sotnia B., *Nauczanie zdalne – istota zawartości stron webowych*. In Jastrzebow A. (red.), *Informatyka w dobie XXI wieku: technologie informatyczne w nauce, technice i edukacji*, Radom, 2009, s. 217-220.
- [7] Wieczorkowski K., *Systemy ekspertowe w edukacji*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Informatyki w Łodzi”, 2007, Vol. 6, nr 1, s. 102-121.
- [8] *ODLIS - Online Dictionary for Library and Information Science* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: [http://lu.com/odlis/odlis\\_e.cfm](http://lu.com/odlis/odlis_e.cfm).
- [9] Cholewa W., Pedrycz W., *Systemy doradcze*, Gliwice, 1987, s. 20.
- [10] *AITECH. Artificial Intelligency Laboratory* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: [http://aitech.pl/component/option,com\\_frontpage/Itemid,155/lang,ISO-8859-2/](http://aitech.pl/component/option,com_frontpage/Itemid,155/lang,ISO-8859-2/).
- [11] Różewski P., Kusztina E., Zaikin O., *Modele i metody zarządzania procesem Otwartego nauczania zdalnego*, Warszawa, 2008, s. 149.
- [12] Zaikin O., Kusztina E., Różewski P., *Model and algorithm of the conceptual scheme formation for knowledge domain in distance learning*, „European Journal of Operational Research”, 2006, Vol. 175, nr 3, s. 1379-1399.
- [13] Różewski P., Kusztina E., Zaikin O., *Modele i metody zarządzania procesem Otwartego nauczania zdalnego*, Warszawa; Szczecin, 2008, s. 189.



- [14] Marcoulides G. A., *An intelligent computer based learning program*, "Collegiate Microcomputer", 1988, Vol. 6, nr 2, s. 123-126.
- [15] Boulet M., *The use of Images in intelligent advisor systems*. In Braden R. A., Baca J. C., Beauchamp D. G. (ed.), *Art, Science & Visual Literacy: selected readings from the Annual Conference of the International Visual Literacy Association (24th, Pittsburgh, PA, September 30-October 4, 1992)*, Blacksburg, 1993, s. 296-300.
- [16] Stankov S. (et al.), *TEx-Sys model for building Intelligent Tutoring Systems*, "Computers & Education", 2008, Vol. 51, nr 3, s. 1017-1036; Stankov S., Grubišić A., Žitko B., *E-Learning paradigm & Intelligent Tutoring Systems*. In Kniewald Z. (ed.), *Annual 2004 of The Croatian Academy of Engineering*, Zagreb, 2004, s. 21-31.
- [17] Grubisic A. (et al.), *Controlled experiment replication in evaluation of e-learning system's educational influence*, "Computers & Education", 2009, Vol. 53, nr 3, s. 591-602.
- [18] Dimitrova V., Dicheva D., *"Who is who": the roles in an intelligent system for foreign language terminology learning*, "British Journal of Educational Technology", 1998, Vol. 29, nr 1, s. 47-57.
- [19] Por.: Dicheva D., Dimitrova V., *An approach to representation and extraction of terminological knowledge in ICALL*, "Journal of Computing and Information Technology – CIT", 1998, Vol. 6, nr 1, s. 39-52.
- [20] Twierdzenie teorii prawdopodobieństwa podane przez angielskiego matematyka Thomasa Bayesa (1702–1761) stanowi podstawę teoretyczną sieci bayesowskich, stosowanych w eksploracji danych. Klasyczna sieć Bayesa składa się z węzłów, które reprezentują zmienne oraz łuków definiujących powiązania między węzłami. Do zalet sieci Bayesa należą: duża szybkość obliczeń, możliwość uczenia się, przetwarzanie wiedzy niepewnej. Graficznie przedstawienie sieci przybiera postać acyklicznego grafu. Por.: Duda R. O., Hart P. E., Stork D. G., *Pattern classification*, New York, 2001. Chapter 2: *Bayesian decision theory*, s. 20-83; Theodoridis S., Koutroumbas K., *Pattern recognitions*, Amsterdam, 2009.
- [21] Scott J. G., Berger J. O., *Bayes and empirical-Bayes multiplicity adjustment in the variable-selection problem*, "The Annals of Statistics", 2010, Vol. 38, nr 5, s. 2587–2619.
- [22] Lee J., Park O., *Adaptive instructional systems*. In Spector J. M. (et al.) (ed.), *Handbook of research for educational communications and technology*, New York, 2008, s. 469-484; Wawrzyński P., *Systemy adaptacyjne i uczące się*, Warszawa, 2009.
- [23] Por.: Glaser R., *Adaptive education: individual, diversity and learning*, New York, 1977; Federico P., Montague E. W., Snow E. R., *Adaptive instruction: trends and issues. Aptitude, learning and instruction, cognitive process analyses of aptitude*, Mahwah, 1980; Wang M., Lindvall C. M., *Individual differences and school learning environments*, "Review of Research in Education", 1984, Vol. 11, s. 161–225; Corno L., Snow R. E., *Adapting teaching to individual differences among learners*. In Wittrock M. (ed.), *Handbook of research on teaching*, New York, 1986, s. 605–629; Reiser A. R., *Instructional technology: a history*. In Gagné R. M. (ed.), *Instructional technology foundations*, Mahwah, 1987, s. 11–48; Tobias S., *Another look at research on the adaptation of instruction to students characteristics*, "Educational Psychologist", 1989, Vol. 24, nr 3, s. 213–227.
- [24] Vos H. J., *Applications of decision theory to computer-based adaptive instructional systems*, Enschede, 1988, s. 8.

- [25] Stecker P. M., Hintze J. M., *Data-based Instructional Decision Making, July 14 2006 [presentation]* [online], 2006 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: [http://www.studentprogress.org/summer\\_institute/rti/DataBasedInstructionalDecisionMaking/DataBasedInstructionalDecisionMaking\\_powerpoint.pdf](http://www.studentprogress.org/summer_institute/rti/DataBasedInstructionalDecisionMaking/DataBasedInstructionalDecisionMaking_powerpoint.pdf).
- [26] Günel K., Aşlıyan R., *Determining difficulty of questions in Intelligent Tutoring Systems*, "Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET", 2009, Vol. 8, nr 3, s. 14-21.
- [27] Günel K., *Intelligent tutoring systems for education: a thesis submitted to the Graduate School of Natural and Applied Sciences of Dokuz Eylül University in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science in computer engineering, Computer Engineering Program, İzmir, July, 2006* [online], 2006 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: [http://www.akademik.adu.edu.tr/bolum/fef/matematik/webfolders/File/YL\\_t2019.pdf](http://www.akademik.adu.edu.tr/bolum/fef/matematik/webfolders/File/YL_t2019.pdf).
- [28] Harp S. A., Samad T., Villano M., *Modelling student knowledge with self-organizing feature maps*, "IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics", 1995, Vol. 25, nr 5, s. 727–737.
- [29] Holland S., *Artificial intelligence in music education: a critical review*. In Miranda E. (ed.), *Readings in music and artificial intelligence*, Amsterdam, 2000, s. 239-274; O'Shea T., Self J., *Learning and teaching with computers*, London, 1983.
- [30] Hofstetter F., *Computer-based aural training: the Guido System*, "Journal of Computer-Based Instruction", 1981, Vol. 7, nr 3, s. 84-92.
- [31] Schaffer J. W., *Harmony coach: an exploration of microcomputer-based intelligent tutoring systems in music*, "Journal of Computer Based Instruction", 1991, Vol. 18, nr 1, s. 30-36.
- [32] *CONTINUATOR: raise the machine* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.csl.sony.fr/~pachet/Continuator/>.
- [33] Łańcuchami Markowa określane są procesy Markowa z czasem dyskretnym. Proces Markowa – to ciąg zdarzeń, w którym prawdopodobieństwo każdego zdarzenia zależy jedynie od wyniku poprzedniego. Por.: Jakubowski J., Sztencel R., *Wstęp do teorii prawdopodobieństwa*, Warszawa, 2001. Rozdział 12: *Łańcuchy Markowa*, s. 263-303.
- [34] *György Kurtág Jr. [strona domowa]* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.gyorgykurtagjunior.com/>.
- [35] Pachet F., *Beyond the cybernetic jam fantasy: The Continuator*, "IEEE Computer Graphics and Applications", 2004, January/February, s. 2-6.
- [36] Języki muzyczne (ang. *musical languages*) należą do języków sztucznych, w epoce renesansu powiązanych z mistycyzmem, magią i alchemią, odnoszących się do języka ptaków. Przykłady: projekt *Solresol* z 1817 roku, język *Sarus* animowany przez Adama Phillips'a w programie *Macromedia Flash*, język *Eaiea* wykorzystujący 12-stopniową skalę chromatyczną. Por.: *Wikipedia* [online], 2011 [dostęp: 2011-05-10]. Dostępny w World Wide Web: <http://en.wikipedia.org/wiki/>; Swain J. P., *Musical languages*, New York, 1997.
- [37] Dworak P. E., *Standards for music computer based instruction system. College of Music University of North Texas, TX 76203-6887 USA* [online], 2011 [Dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://pauldworak.net/publications/music/CBISYS97.pdf>.

- [38] Zastosowania systemów komputerowych do nauczania muzyki omówiono w pracy: Brandão M., Wiggins G., Pain H., *Computers in music education*. In *Proceedings of the AISB '99 Symposium on Musical Creativity*, Edinburgh, 1999, s. 82-88.
- [39] Cimiano P., Haase P., Heizmann J., *Porting natural language interfaces between domains: an experimental user study with the orakel system*. In *IUI '07: Proceedings of the 12th international conference on Intelligent user interfaces*, New York, 2007, s. 180-189.
- [40] *Asimov the Chatbot* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://asimovsoftware.com/>.
- [41] Damljanović D., *Natural language interfaces to conceptual models : submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy at The University of Sheffield Department of Computer Science, March 2011* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://gate.ac.uk/sale/dd/thesis/thesis.pdf>.
- [42] Linckels S., Meinel Ch., *Semantic interpretation of natural language user input to improve search in multimedia knowledge base*, "it - Information Technologies", 2007, Vol. 49, nr 1, s. 40-48.
- [43] Linckels S., Meinel Ch., *Semantic interpretation of natural language user input to improve search in multimedia knowledge base*, "it - Information Technologies", 2007, Vol. 49, nr 1, s. 40-48.
- [44] Linckels S., Meinel Ch., *A simple solution for an intelligent librarian system*. In *Proceedings of the IADIS International Conference of Applied Computing 2005 (IADIS AC2005)*. Vol. 1, Lisbon, 2005, s. 495-503.
- [45] Wiczorkowski K., *Systemy ekspertowe w edukacji*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Informatyki w Łodzi”, 2007, Vol. 6, nr 1, s. 102-121.
- [46] Bryniarski E., *Nauczanie ekspertowe na odległość*. In Migdałek J., Kędzierska B. (red.), *Informatyczne przygotowanie nauczycieli: kształcenie zdalne, uwarunkowania, bariery, prognozy*, Kraków, 2003, s. 233-253.
- [47] *SzukajEksperta.com* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://szukajeksperta.com/>.
- [48] *Innowacyjny dizajn lokomotyw śląskiej gospodarki: sieć współpracy środowisk akademickich z biznesem* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.innowacyjny-dizajn.pl/>.

#### Bibliografia:

- [1] *AITECH. Artificial Intelligency Laboratory* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: [http://aitech.pl/component/option,com\\_frontpage/Itemid,155/lang,ISO-8859-2/](http://aitech.pl/component/option,com_frontpage/Itemid,155/lang,ISO-8859-2/).
- [2] *Asimov the Chatbot* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://asimovsoftware.com/>.
- [3] Borysewicz W., *Interoperacyjne kursy e-learningowe: analiza standardu IMS Common Cartridge*, „Prace Naukowo-Badawcze Instytutu Maszyn Matematycznych. Seria ABC.IT”, 2008, nr 10, s. 23-36.
- [4] Boulet M., *The use of Images in intelligent advisor systems*. In Braden R. A., Baca J. C., Beauchamp D. G. (ed.), *Art, Science & Visual Literacy: selected readings from the Annual Conference of the International Visual Literacy Association (24th, Pittsburgh, PA, September 30-October 4, 1992)*, Blacksburg, 1993, s. 296-300.

- [5] Brandão M., Wiggins G., Pain H., *Computers in music education*. In *Proceedings of the AISB'99 Symposium on Musical Creativity*, Edinburgh, 1999, s. 82-88.
- [6] Bryniarski E., *Nauczanie ekspertowe na odległość*. In Migdałek J., Kędzierska B. (red.), *Informatyczne przygotowanie nauczycieli: kształcenie zdalne, uwarunkowania, bariery, prognozy*, Kraków, 2003, s. 233-253.
- [7] Cholewa W., Pedrycz W., *Systemy doradcze*, Gliwice, 1987, s. 20.
- [8] Cimiano P., Haase P., Heizmann J., *Porting natural language interfaces between domains: an experimental user study with the orakel system*. In *IUI '07: Proceedings of the 12th international conference on Intelligent user interfaces*, New York, 2007, s. 180-189.
- [9] *CONTINUATOR: raise the machine* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01] Dostępny w World Wide Web: <http://www.csl.sony.fr/~pachet/Continuator/>.
- [10] Corno L., Snow R.E., *Adapting teaching to individual differences among learners*. In Wittrock M. (ed.), *Handbook of research on teaching*, New York, 1986, s. 605-629.
- [11] Damljanović D., *Natural language interfaces to conceptual models: submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy at The University of Sheffield Department of Computer Science, March 2011* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://gate.ac.uk/sale/dd/thesis/thesis.pdf>.
- [12] Dąbrowski M., *Geneza i charakterystyka e-edukacji*, „Master of Business Administration”, [online] 2005, nr 2 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.kozminski.edu.pl/gfx/kozminski/files/mba/275.pdf>.
- [13] Dicheva D., Dimitrova V., *An approach to representation and extraction of terminological knowledge in ICALL*, „Journal of Computing and Information Technology – CIT”, 1998, Vol. 6, nr 1, s. 39-52.
- [14] Dimitrova V., Dicheva D., *“Who is who”: the roles in an intelligent system for foreign language terminology learning*, „British Journal of Educational Technology”, 1998, Vol. 29, nr 1, s. 47-57.
- [15] Duda R. O., Hart P. E., Stork D. G., *Pattern classification*, New York, 2001. Chapter 2: *Bayesian decision theory*, s. 20-83.
- [16] Dworak P. E., *Standards for music computer based instruction system*. College of Music University of North Texas, TX 76203-6887 USA [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://pauldworak.net/publications/music/CBISYS97.pdf>.
- [17] Federico P., Montague E. W., Snow E. R., *Adaptive instruction: trends and issues. Aptitude, learning and instruction, cognitive process analyses of aptitude*, Mahwah, 1980.
- [18] Glaser R., *Adaptive education: individual, diversity and learning*, New York, 1977.
- [19] Grubisic A. (et al.), *Controlled experiment replication in evaluation of e-learning system's educational influence*, „Computers & Education”, 2009, Vol. 53, nr 3, s. 591-602.

- [20] Günel K., *Intelligent Tutoring Systems for education: a thesis submitted to the Graduate School of Natural and Applied Sciences of Dokuz Eylül University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Computer Engineering, Computer Engineering Program, Izmir, July, 2006* [online], 2006 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: [http://www.akademik.adu.edu.tr/bolum/fef/matematik/webfolders/File/YL\\_t2019.pdf](http://www.akademik.adu.edu.tr/bolum/fef/matematik/webfolders/File/YL_t2019.pdf).
- [21] Günel K., Aşlıyan R., *Determining difficulty of questions in Intelligent Tutoring Systems*, "Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET", 2009, Vol. 8, nr 3, s. 14-21.
- [22] György Kurtág Jr. *[strona domowa]* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.gyorgykurtagjunior.com/>.
- [23] Harp S. A., Samad T., Villano M., *Modelling student knowledge with self-organizing feature maps*, "IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics", 1995, Vol. 25, nr 5, s. 727–737.
- [24] Hauke K., *Zarządzanie wiedzą w procesie tworzenia wykładów online*. In *Rozwój e-edukacji w ekonomicznym szkolnictwie wyższym* [online], 2007 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: [http://zasoby.kangur.uek.krakow.pl/konferencje.php?nr=1200001210&kat=\\_p;\\_referaty/sesja\\_IIa/09\\_e-edukacja.pdf](http://zasoby.kangur.uek.krakow.pl/konferencje.php?nr=1200001210&kat=_p;_referaty/sesja_IIa/09_e-edukacja.pdf).
- [25] Hofstetter F., *Computer-based aural training: the Guido System*, "Journal of Computer-Based Instruction", 1981, Vol. 7, nr 3, s. 84-92.
- [26] Holland S., *Artificial intelligence in music education: a critical review*. In Miranda E. (ed.), *Readings in music and artificial intelligence*, Amsterdam, 2000, s. 239-274.
- [27] *IMS Global Learning Consortium* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.imsglobal.org/commoncartridge.html>.
- [28] Jakubowski J., Sztencel R., *Wstęp do teorii prawdopodobieństwa*, Warszawa, 2001. Rozdział 12: łańcuchy Markowa, s. 263-303.
- [29] Kuźmińska-Sołśnia B., *Nauczanie zdalne – istota zawartości stron webowych*. In Jastriebow A. (red.), *Informatyka w dobie XXI wieku: technologie informatyczne w nauce, technice i edukacji*, Radom, 2009, s. 217-220.
- [30] Lee J., Park O., *Adaptive instructional systems*. In Spector J. M. (et al.) (ed.), *Handbook of research for educational communications and technology*, New York, 2008, s. 469-484.
- [31] Linckels S., Meinel Ch., *A simple solution for an intelligent librarian system*. In *Proceedings of the IADIS International Conference of Applied Computing 2005 (IADIS AC2005). Vol. 1*, Lisbon, 2005, s. 495-503.
- [32] Linckels S., Meinel Ch., *Semantic interpretation of natural language user input to improve search in multimedia knowledge base*, "it - Information Technologies", 2007, Vol. 49, nr 1, s. 40-48.
- [33] Marcoulides G. A., *An intelligent computer based learning program*, "Collegiate Microcomputer", 1988, Vol. 6, nr 2, s. 123-126.
- [34] Meger Z., *Szósta generacja nauczania zdalnego*. In Dąbrowski M., Zajac M. (red.), *E-edukacja dla rozwoju społeczeństwa*, Warszawa, 2008, s. 151-158.
- systemy ekspertowe w nauczaniu na odległość. Przykłady zastosowań, Jolanta Szuic, Instytut Bibliotekoznawstwa i Informatyki Naukowej Uniwersytetu Śląskiego

- [35] *ODLIS - Online Dictionary for Library and Information Science* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: [http://lu.com/odlis/odlis\\_e.cfm](http://lu.com/odlis/odlis_e.cfm)).
- [36] O'Shea T., Self J., *Learning and teaching with computers*, London, 1983.
- [37] Pachet F., *Beyond the cybernetic jam fantasy: The Continuator*, "IEEE Computer Graphics and Applications", 2004, January/February, s. 2-6.
- [38] Reiser A. R., Instructional technology: a history. In Gagné R. M. (ed.), *Instructional technology foundations*, Mahwah, 1987, s. 11-48.
- [39] Różewski P., Kusztińska E., Zaikin O., *Modele i metody zarządzania procesem Otwartego nauczania zdalnego*, Warszawa ; Szczecin, 2008.
- [40] Schaffer J. W., *Harmony coach: an exploration of microcomputer-based intelligent tutoring systems in music*, "Journal of Computer Based Instruction", 1991, Vol. 18, nr 1, s. 30-36.
- [41] Scott J. G., Berger J. O., *Bayes and empirical-Bayes multiplicity adjustment in the variable-selection problem*, "The Annals of Statistics", 2010, Vol. 38, nr 5, s. 2587-2619.
- [42] Stankov S. (et al.), *TEx-Sys model for building Intelligent Tutoring Systems*, "Computers & Education", 2008, Vol. 51, nr 3, s. 1017-1036.
- [43] Stankov S., Grubišić A., Žitko B., *E-Learning paradigm & Intelligent Tutoring Systems*. In Kniewald Z. (ed.), *Annual 2004 of The Croatian Academy of Engineering*, Zagreb, 2004, s. 21-31.
- [44] Stecker P. M., Hintze J. M., *Data-based Instructional Decision Making, July 14 2006 [presentation]* [online], 2006 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: [http://www.studentprogress.org/summer\\_institute/rti/DataBasedInstructionalDecisionMaking/DataBasedInstructionalDecisionMaking\\_powerpoint.pdf](http://www.studentprogress.org/summer_institute/rti/DataBasedInstructionalDecisionMaking/DataBasedInstructionalDecisionMaking_powerpoint.pdf).
- [45] Swain J. P., *Musical languages*, New York, 1997.
- [46] *SzukajEksperta.com* [online], 2011 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://szukajeksperta.com/>.
- [47] Theodoridis S., Koutroumbas K., *Pattern recognitions*, Amsterdam, 2009.
- [48] Tobias S., *Another look at research on the adaptation of instruction to students characteristics*, "Educational Psychologist", 1989, Vol. 24, nr 3, s. 213-227.
- [49] Vos H. J., *Applications of decision theory to computer-based adaptive instructional systems*, Enschede, 1988, s. 8.
- [50] Waćkowski K., Chmielewski J. M., *Rola standaryzacji platform w e-learningu, „E-mentor”*, [online] 2007, nr 2 [dostęp: 2011-07-01]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.e-mentor.edu.pl/artukul/index/numer/19/id/406>.
- [51] Wang M., Lindvall C. M., *Individual differences and school learning environments*, "Review of Research in Education", 1984, Vol. 11, s. 161-225.



[52] Wawrzyński P., *Systemy adaptacyjne i uczące się*, Warszawa, 2009.

[53] Wieczorkowski K., *Systemy ekspertowe w edukacji*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Informatyki w Łodzi”, 2007, Vol. 6, nr 1, s. 102-121.

[54] *Wikipedia* [online], 2011 [dostęp: 2011-05-10]. Dostępny w World Wide Web: <http://en.wikipedia.org/wiki/>.

[55] Zaikin O., Kushtina E., Różewski P., *Model and algorithm of the conceptual scheme formation for knowledge domain in distance learning*, “European Journal of Operational Research”, 2006, Vol. 175, nr 3, s. 1379-1399.

#### Informacja o autorze:

**dr Jolanta Szulc** – pracownik Zakładu Bibliotekoznawstwa i Marketingu Książki Instytutu Bibliotekoznawstwa i Informacji Naukowej Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, e-mail: [jolanta.szulc@us.edu.pl](mailto:jolanta.szulc@us.edu.pl).