

Inteligentne systemy agentowe w systemach zdalnego nauczania

Jerzy Balicki
Politechnika Gdańska
balicki@eti.pg.gda.pl

Piotr Dryja
Politechnika Gdańska
dragon-83@o2.pl

Jacek Paluszak
Politechnika Gdańska
jacekpaluszak@gmail.com

Maciej Tyszka
Politechnika Gdańska
tyszka.maciej@gmail.com

Michał Beringer
Politechnika Gdańska
genialpj@gmail.com

Waldemar Korłub
Politechnika Gdańska
waldemar.korlub@pg.gda.pl

Piotr Przybyłek
Politechnika Gdańska
piotr.przybylek@gmail.com

Marcin Zadroga
Politechnika Gdańska
marcin.zadroga@gmail.com

Marcin Zakidalski
Politechnika Gdańska
mzakidalski@gmail.com

Streszczenie: W pracy omówiono inteligentne systemy agentowe w systemach zdalnego nauczania. Po krótkim przedstawieniu ewolucji systemów zdalnego nauczania i ich wybranych zastosowań, scharakteryzowano inteligentne agenty edukacyjne. Omówiono wykorzystanie programowania genetycznego oraz algorytmów neuro-ewolucyjnych do implementacji oprogramowania tej klasy. Ponadto, nawiązano do modelu Map-Reduce, który efektywnie wspiera architekturę nowoczesnego systemu e-learningowego.

Słowa kluczowe: inteligentne agenty pedagogiczne, systemy zdalnego nauczania, sztuczna inteligencja

1. Wprowadzenie

Inteligentne systemy agentowe w zdalnym nauczaniu stanowią istotne wsparcie zarówno dla nauczycieli, jak i słuchaczy. Nauczanie na odległość umożliwia prowadzenie zajęć dydaktycznych w warunkach, gdy nauczyciele i słuchacze nie przebywają w tym samym miejscu, przy czym stosuje się do przekazywania wiedzy nowoczesne technologie (Zacniewski, 2011). Umożliwia to również bezpośredni kontakt w czasie rzeczywistym między nauczycielem a słuchaczem za pomocą audio- lub wideokonferencji, niezależnie od odległości, jaka ich dzieli (Kubiak, 2000).

Wprawdzie nowoczesna technologia jest tylko narzędziem w nowej rzeczywistości edukacyjnej, a nie treścią samą w sobie, to jednak ze względu na istotny wpływ technologii informatycznych na e-learning warto prześledzić rozwój inteligentnych systemów agentowych w kształceniu na odległość. Obecnie stosunkowo popularne są inteligentne agenty pedagogiczne (IPAs od ang. *Intelligent Pedagogical Agents*) (Soliman, Guetl, 2013). IPAs są projektowane w środowisku wirtualnym, które jest kluczowym medium stosowanym w edukacji w zakresie nauk technicznych. Zwłaszcza wizualizacja zapewnia efektywne doskonalenie umiejętności współpracy i naukę na podstawie zdobywanych doświadczeń. W efekcie powstają przesłanki do aktywnego uczenia się.

Wirtualizacja procesu dydaktycznego wymaga większego wsparcia informatycznego wraz ze wzrostem jakości usług edukacyjnych. W szczególności odnosi się to do wykorzystania aplikacji cechujących się sztuczną inteligencją, zwłaszcza jeśli chodzi o możliwość zwiększenia intensywności komunikacji ze „sztuczną” wykładownicą, który będzie zastępował rzeczywistego wykładownika wówczas, gdy student będzie tego potrzebował. Wdrożenie inteligentnego agenta programistycznego w zastosowaniu edukacyjnym uwarunkowane jest spełnieniem kilku wymagań. Po pierwsze, należy uwzględnić obszar nauczania. Inaczej przebiega interakcja ze studentem na kursach prowadzonych w naukach technicznych, a inaczej w naukach humanistycznych. Po drugie, istotne jest przygotowanie studenta do pracy w środowisku wirtualnym. Zazwyczaj agent edukacyjny IPA korzysta z czatu tekstowego za pomocą języka Artificial Intelligent Markup Language (AIML). Ponadto niezbędny jest syntetyzator mowy. Istotna jest też umiejętność komunikacji niewerbalnej za pomocą animacji gestów.

Zdalne systemy edukacji z wykorzystaniem wirtualizacji zastosowano w kilku instytucjach edukacyjnych w zakresie nauk ścisłych STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), co pozwala wnioskować, że możliwe jest prowadzenie zajęć w oparciu o laboratoria online z nauk technicznych (Immersive Education, b.d.). W projekcie Lila zademonstrowano funkcjonowanie laboratorium online w środowisku wirtualnym Open Wonderland. Projekt dydaktyczny zrealizowało konsorcjum składające się z ośmiu uniwersytetów i trzech firm (LiLa: Library of Labs, b.d.).

Warto zauważyć, że mówiąc o zdalnym nauczaniu, zazwyczaj myślimy o nauczaniu studentów przez nauczycieli z wykorzystaniem technologii informacyjnych, w tym także oprogramowania cechującego się sztuczną inteligencją. Coraz częściej jednak pojawiają się opinie o możliwości nauczania przez awatary nie tylko studentów, ale także innych awatarów (Soliman, Guetl, 2013). Oczywiście, te awatary-nauczyciele powinny wcześniej zdobyć wiedzę i doświadczenia od nauczycieli. Wydaje się, że taka sytuacja będzie możliwa wraz z rozwojem semantycznego Internetu Web 3.0 w perspektywie najbliższych pięciu lat (Soliman, Guetl, 2013). W szczególności, nauczanie awatarów może być prowadzone pod kątem testowania oraz zwiększania efektywności narzędzi e-learningu. Ponadto, IPAs mogą pełnić ważne funkcje pomocnicze w procesie dydaktycznym. Asystent jest potrzebny nie tylko wykładowcy, ale także uczącemu się.

W sekcji 2 omówiono rys historyczny systemów zdalnego nauczania. W sekcji 3 scharakteryzowano wybrane zastosowania e-kształcenia. Sekcja 4 poświęcona jest rozważaniom na temat inteligentnych agentów, a sekcja 5 – ich zastosowaniu w e-learningu. Sekcja 6 odnosi się do programowania genetycznego, a kolejne sekcje: 7, 8 i 9 – do sztucznych sieci neuronowych, algorytmów neuro-ewolucyjnych oraz maszyny wektorów wspierających. Na zakończenie omówiono systemy plików i usługi w chmurze, które stosowane są w e-learningu.

2. Rys historyczny

Mimo że artykuł poświęcony jest nowoczesnym inteligentnym systemom agentowym w zdalnym nauczaniu, to warto dokonać analizy ewolucji metod edukacji na odległość, aby uświadomić sobie duże możliwości, które stoją obecnie przed edukacją, a także fakt, że wykorzystujemy je w niewielkim stopniu.

Proces kształcenia na odległość zapoczątkowano w Ameryce Północnej na początku XVIII w. Ze względu na brak nauczycieli oraz rozległe terytorium edukacja w dużym stopniu polegała wówczas na przesyłaniu materiałów i zadań za pomocą tradycyjnej poczty. W rezultacie powstał w Nowym Jorku Uniwersytet Nauki Korespondencyjnej w 1883 r. Ze względu na duży napływ imigrantów, którzy uczyli się języka angielskiego, założono Międzynarodową Szkołę Korespondencyjną w 1890 r. (Zacniewski, 2011).

Technologie komunikacyjne zmieniły model edukacji na odległość, co dotyczy także edukacyjnych programów radiowych. Mimo że Marconi rozpoczął doświadczenia z radiem w 1894 r.,

to pierwszy radiowy program edukacyjny wyemitowano na Uniwersytecie Stanu Iowa dopiero w 1925 r. Wykłady radiowe były popularne na słabo zaludnionych i rozległych obszarach Australii. W latach siedemdziesiątych dwudziestego wieku edukacyjne programy radiowe wykorzystywano przede wszystkim do kształcenia mieszkańców z obszarów wiejskich (Kubiak, 2000).

W 1928 r. rozpoczęła funkcjonowanie telewizja. Pierwsze edukacyjne programy telewizyjne wyemitowano w 1945 r. na Uniwersytecie Stanu Iowa. Od 1952 r. zaczęły powstawać telewizyjne stacje edukacyjne, a sale lekcyjne wyposażono w odbiorniki TV (Zacniewski, 2011).

W 1962 roku umieszczono na orbicie okołoziemskiej satelitę telekomunikacyjnego Telstar 1, co dało możliwość wykorzystania w nauczaniu wideokonferencji. Na Uniwersytecie Anchorage wdrożono i upowszechniono wideokonferencje w edukacji, co jest znaczącym usprawnieniem w surowym klimacie panującym na Alasce (Kubiak, 2000).

Przełom nastąpił wraz z rozwojem Internetu na początku lat dziewięćdziesiątych XX w. Edukacja webowa wykorzystuje zaawansowane technologie pozwalające na powszechny i niedrogi dostęp do multimedialnych materiałów edukacyjnych. Zaletą kształcenia na odległość jest likwidowanie barier w dostępie do edukacji, uwzględnianie indywidualnych możliwości, potrzeb i oczekiwań osób uczących się. Istotny jest także fakt, że wprowadzenie takiego modelu nauczania pozwala ograniczyć wydatki na szkolenie (Zacniewski, 2011).

Na stronach WWW uczelni coraz częściej pojawiają się oferty nauczania na odległość. Warto także podkreślić, że internetowe technologie wspierające zdalne nauczanie stanowią najszybciej rozwijającą się gałąź rynku IT. E-learning będzie się intensywnie rozwijał ze względu na rozwój szerokopasmowego Internetu, bezprzewodowej technologii komunikacyjnej, a także urządzeń przenośnych (Soliman, Guetl, 2013).

Niewątpliwie koncepcja Internet of Things wzbogaci sposób wykorzystania e-learningu. Na tym tle kolejny przełom dokonuje się obecnie poprzez wdrożenie sztucznej inteligencji w edukacji na odległość. Rozwój uczenia maszynowego, które miało być stosowane do wspomaganie działania człowieka w trudnych warunkach klimatycznych czy też środowiskowych, zaowocował powstaniem zaawansowanych algorytmów, które mogą wspomagać proces edukacyjny w znacznie większym stopniu niż kiedykolwiek (Soliman, Guetl, 2013).

3. Wybrane zastosowania e-kształcenia

Zdalne kształcenie obejmuje swoim zasięgiem większość uczelni na wszystkich szczeblach zaawansowania studentów. Coraz częściej elementy edukacji na odległość wprowadzane są w szkołach średnich, a nawet gimnazjach. Natomiast szkoły podstawowe nie absorbują tego rodzaju systemów informatycznych ze względu na relatywnie mało wydajną infrastrukturę informatyczną, która warunkuje ich działanie.

Ponieważ nowoczesne technologie informatyczne w wielu wypadkach powstają dla potrzeb militarnych, warto przeanalizować zdalne szkolenie żołnierzy przebywających w różnych częściach świata. W wojskach należących do NATO zdalne szkolenie wojskowe odgrywa priorytetową rolę. Przy pomocy profesjonalnych firm informatycznych oraz uniwersyteckich zespołów badawczych realizowane są wysokobudżetowe projekty dotyczące informatycznych systemów zdalnego szkolenia. Dąży się do tego, aby żołnierz miał dostęp do niezbędnych zasobów edukacyjnych z każdego miejsca na świecie.

W portalu NATO School w Oberammergau dostępnych jest 50 kursów z różnych obszarów wojskowości, z których korzysta ponad 7000 użytkowników. Przyjęto standard zapisu i kompresji danych SCORM (ang. Sharable Content Object Reference Model), który specyfikuje także sposób komunikacji między klientem programistycznym a serwerem. W standardzie SCORM wykorzystano technologię XML. Oprócz tradycyjnych kursów dla zarejestrowanych słuchaczy oraz treningów wideo, wprowadzono zaawansowane nauczanie rozproszone (ang. Advanced Distributed Learning, ADL). Modularna zawartość webowa zapewnia interoperacyjność oraz

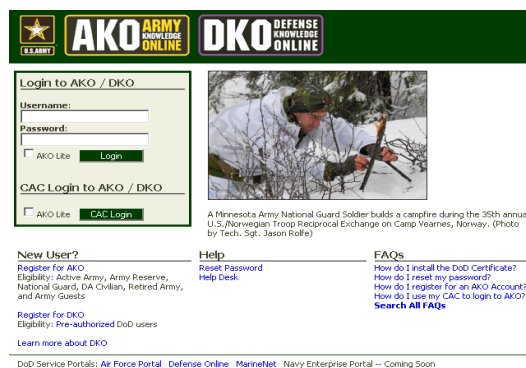
wielokrotne użycie różnych jednostek nauczania. Ponadto, narzędzia pracy grupowej umożliwiają zespołową realizację zadań (Advanced Distributed Learning, b.d.).

W portalu edukacyjnym AKO (ang. Army Knowledge Online) US Army kładzie się duży nacisk na zdobywanie wiedzy przez kadre, pracowników wojska i ich rodziny (Rys. 1). Realizowany jest program zdalnego nauczania dla małżonków żołnierzy, którzy z racji charakteru pracy partnera związany z wysoką dyspozycyjnością nie mogą poszerzać wiedzy w tradycyjny sposób. AKO jest dostępne dla około 3 milionów użytkowników, w tym około 1,5 miliona personelu wojskowego (Portal e-learningowy armii amerykańskiej, b.d.).

AKO jest portalem składającym się z około 50 serwisów US Army oraz „bramą” do 30 baz wiedzy, w których indeksowanych jest 800 tys. dokumentów i 2,5 mln adresów WWW. W AKO wyróżnia się stronę NIPRNet cechującą się ogólnym dostępem dla personelu US Army do informacji jawnych oraz SIPRNet cechującą się dostępem tylko dla uprawnionych internautów do informacji opatrzonych klauzulą tajności. Ponadto, dostępna jest publiczna strona Army Home Page (Portal e-learningowy armii amerykańskiej, b.d.).

Bazując na akcjach podejmowanych przez użytkownika, jego profilu oraz stopniu wojskowym, oprogramowanie portalu AKO przesyła odnośniki do odpowiednich zasobów. Uprawnieni internauci mogą wymieniać się informacjami w zaszyfrowanym środowisku za pomocą 128-bitowego klucza. Użytkownik może projektować strony WWW, przy czym istnieje możliwość personalizacji każdej z nich tak, aby wyświetlane były tylko wybrane informacje i kursy (Portal e-learningowy armii amerykańskiej, b.d.).

W ramach programu Army e-Learning możliwy jest dostęp poprzez portal AKO do ponad 5 400 kursów dydaktycznych z zakresu dowodzenia, informatyki, języków obcych lub biznesu. Dostępne są również książki i podręczniki (Portal e-learningowy armii amerykańskiej, b.d.). W ramach specjalnego programu zdalnego nauczania dla małżonków żołnierzy dostępnych jest około 17 000 książek i 2 800 kursów online, m.in. ze ścieżek certyfikacyjnych oferowanych przez Cisco i Microsoft. Koszt rocznego dostępu do zasobów wiedzy wynosi 500 USD i jest pokrywany przez rząd USA (Portal e-learningowy armii amerykańskiej, b.d.).



Rys. 1. Portal Army Knowledge Online (Portal e-learningowy armii amerykańskiej, b.d.)

Kursami powszechnie realizowanymi są kursy językowe. Firma Rosetta Stone szkoli żołnierzy w zakresie nauki kilkudziesięciu języków obcych, w tym języka polskiego. Zajęcia prowadzone są z wykorzystaniem rozwiązań multimedialnych, a po zakończeniu kursu uczestnik otrzymuje certyfikat poprzez e-mail (Portal e-learningowy armii amerykańskiej, b.d.).

W armii brytyjskiej uruchomiono portal DLP (ang. Defence Learning Portal), w którym dostępnych jest około 1200 kursów. Ponadto, użytkowane są fora online oraz zarządzanie zbiorami wiki (Portal e-learningowy armii brytyjskiej, b.d.).

Francuska armia realizuje zdalne nauczanie przy pomocy oprogramowania SAP Business Objects Knowledge Accelerator, zintegrowanego z portalem francuskiej armii. Należy dodać, że



rozwiązania firmy SAP wykorzystywane są także w zdalnym szkoleniu sił powietrznych USA, szwedzkich siłach zbrojnych oraz hiszpańskiej straży cywilnej (Portal e-learningowy armii francuskiej, b.d.).

Bundeswehra prowadzi zdalne nauczanie dzięki utworzonemu na Uniwersytecie Bundeswehry Centrum Edukacji i Szkolenia Opartego na Technologii. Firma Benntec Systemtechnik GmbH jest partnerem Szkoły Lotniczej w Bückeburg w dziedzinie zdalnego nauczania. Wdrażany jest zintegrowany system zdalnego szkolenia dla pilotów śmigłowców ILT HGA. W planach jest zintegrowanie najnowszych technik zdalnego nauczania z trójwymiarowymi, wirtualnymi symulatorami akcji na potrzeby szkoleń (Portal firmy Benntec, 2010).

W armii kanadyjskiej Centrum Wsparcia Nauczania w Armii współpracuje z Ministerstwem Obrony Narodowej, zatrudniając ponad 2000 instruktorów, deweloperów i administratorów, którzy są odpowiedzialni za portal zdalnego szkolenia wojskowego. Dzięki technologii Web 2.0 możliwa jest współpraca społeczności w celu poszerzania wiedzy z różnych dziedzin wojskowości (Portal armii kanadyjskiej, b.d.).

Kluczowym zastosowaniem zdalnego nauczania jest kształcenie studentów. Warto podkreślić, że w Kanadzie, która liczy 28 mln mieszkańców, jest ponad 1600 college'ów oferujących około dwóch tysięcy e-kursów.

W Europie wirtualne uczelnie funkcjonują jako oddziały lub filie przy uczelniach. Takie rozwiązanie ma na celu wykorzystanie zaplecza dydaktycznego. Wdrożenie wirtualnego oddziału jest szansą rozwoju i poszerzenia oferty dydaktycznej przez uczelnię.

Struktura szkoły wyższej prowadzącej wyłącznie zdalne nauczanie różni się od tradycyjnej uczelni tym, że istnieje konieczność budowy wydajnego systemu informatycznego. Istotne znaczenie ma zatrudnienie odpowiedniej kadry i inwestycje w nowoczesny sprzęt komputerowy. Atutem uczelni wirtualnej jest mniejsze obciążenie tradycyjnej infrastruktury – student odwiedza uczelnię tylko w czasie egzaminów, zaliczeń czy dodatkowych zjazdów.

Tematyka e-learningu jest przedmiotem wydawnictwa Szkoły Głównej Handlowej „E-mentor” (Portal platformy edukacyjnej Szkoły Głównej Handlowej, b.d.). Ważną rolę odgrywa Ośrodek Kształcenia Na Odległość „OKNO” Politechniki Warszawskiej (Portal Ośrodka Kształcenia Na Odległość OKNO Politechniki Warszawskiej, b.d.). System SPRINT (od Studia PRez INTerNet) oferuje odczyt materiałów dydaktycznych nagranych na dyskach CD, wysyłanie i odbiór poczty elektronicznej e mail, rozwiązywanie zadań, wykonywanie raportów, projektów, konsultacje oraz dyskusje między wykładowcami a studentami. System oparty jest o komercyjną platformę Lotus Learning Space firmy IBM (Portal Ośrodka Kształcenia Na Odległość OKNO Politechniki Warszawskiej, b.d.).

Alternatywne popularne platformy zdalnego nauczania to także: FLE3, Oracle iLearning, MOODLE, Manhattan Virtual Classroom, WBTServer, Claroline, ATutor, Ilias, WebCT, Pelp, R5 Generation oraz NETg.

Szkolenie na odległość w firmach wydaje się bardziej zaawansowane niż kształcenie zdalne na uczelniach. Wymienić należy projekt E-Pracownik dla pracowników i kadry zarządzającej małych i średnich przedsiębiorstw. Oferta obejmuje 30 kursów informatycznych z obsługi komputera, aplikacji, programów biurowych, a także szkolenia biznesowe i kursy Cisco przeznaczone dla administratorów systemów (Szkolenia E-Pracownik, b.d.).

W firmie Kaspersky Lab, która projektuje oprogramowanie antywirusowe, uruchomiono program szkoleniowy dla użytkowników oprogramowania. Szkolący mogą pogłębiać wiedzę na bezpłatnych kursach online. Celem jest umożliwienie zrozumienia zasad działania produktów, pozwalającego na ich efektywne użytkowanie (Szkolenia z zakresu oprogramowania antywirusowego, b.d.).

Spośród produktów e-learningowych warto wymienić LDC zawierający nagrania ekspertów biznesowych „na życzenie”, usługę CLT do nauki języka angielskiego online na różnych

poziomach zaawansowania oraz Caspian learning, czyli produkt z pogranicza rozwiązań szkoleniowych i gier. Technologia 3D pozwala lepiej przedstawić środowisko, którego dotyczy szkolenie, a technika szkolenia poprzez zadania wykonywane w wirtualnym świecie przy pomocy awatara umożliwia przyswojenie wiedzy (Jara-Roa et al., 2010).

Do nauczania na odległość wykorzystywane są również komunikatory internetowe, takie jak Gadu-Gadu lub Skype. Można dzięki nim nauczyć się grać na instrumencie lub nauczyć się języka angielskiego (Nauka języka angielskiego przez komunikator Skype, b.d.).

4. Inteligentne systemy agentowe

Student chcący opanować kilkanaście e-kursów w semestrze cierpi na brak autonomicznego i kompetentnego wspomaganie w systemie zdalnego nauczania. Zrozumiałe, że nie może uzyskać konsultacji od nauczyciela o dowolnej porze. Ponadto nie ma kogoś, kto by motywował studenta do systematycznej pracy. Rolę inteligentnego nauczyciela lub życzliwego partnera w nauce mogą właśnie wypełniać inteligentne agenty pedagogiczne IPAs aktywizując, a także zwiększając interaktywność i zaangażowanie studentów w wirtualnym środowisku nauczania.

Symulatory edukacyjne 3D zapewniają wykonywanie doświadczeń dzięki zaawansowanej wizualizacji w połączeniu z możliwością współpracy uczestników. Takimi właściwościami cechuje się Open Wonderland, który jest oprogramowaniem klasy open source napisanym w języku Java. Środowisko umożliwia między innymi symulację eksperymentów z fizyki (Jara-Roa et al., 2010).

Jednakże wirtualne środowisko edukacyjne powinno cechować się inteligentnym wsparciem edukacyjnym. Metody pedagogiczne są kluczowymi determinantami wpływającymi na interaktywność i serwis nauczania, poprawiając pewność siebie studenta, jego zdolności i dalsze zaangażowanie, a także zapewniając wsparcie w nauce.

Projektowanie i wdrażanie inteligentnych agentów pedagogicznych również pociąga za sobą badanie inteligentnych agentów i ich otoczenia w ramach sztucznej inteligencji. W grach komputerowych awatary mogą reprezentować gracza, a zatem również w e-learningu awatar może reprezentować studenta. Model gier komputerowych w e-learningu aktywizuje uczących się, wprowadza element rywalizacji i kooperacji, a także rekompensuje poczucie obowiązku na rzecz zadowolenia z zabawy. Podejście oparte na grach wydaje się być nawet bardziej adekwatne do nauczania dzieci w wieku 5–12 lat (Jara-Roa et al., 2010).

Warto zauważyć, że już dzieci w wieku 2 lat interesują się tą formą edukacji. Bariera polega na tym, że rodzice obawiają się o relatywnie drogi sprzęt komputerowy, który, co jest zrozumiałe, ulega zazwyczaj zniszczeniu podczas edukacji dwulatków. Naprzeciw zapotrzebowaniu wychodzą firmy produkujące smartfony i tablety, które oferują odporne na uderzenia i zalanie płynami nieco droższe rozwiązania. Paradoksalnie, niektóre technologie militarne są w tym wypadku bardzo przydatne.

Inteligentne awatary pedagogiczne cechują się autonomicznością, ukierunkowane są na osiągnięcie celu, starają się podtrzymywać aktywność ucznia w ramach planów wychowawczych. Aktualnie pracuje się nad większą integracją awatarów w wirtualnym świecie. Jeśli zatem uczeń interesuje się piłką nożną, to eksperyment w wirtualnej pracowni chemicznej może przeprowadzić w towarzystwie ulubionego piłkarza w roli nauczyciela.

Poprawnie zaprojektowany inteligentny agent edukacyjny powinien spełniać trzy kryteria. Po pierwsze, powinien zdać test Turinga na nierozróżnialność. Po drugie, powinien realizować inteligentne czynności edukacyjne. Po trzecie, powinien cechować się racjonalnym sprawstwem.

5. Inteligentne agenty w e-learningu

Wykorzystanie inteligentnych systemów agentowych w zdalnym nauczaniu jest szczególnie korzystne, gdy proces kształcenia przebiega w sposób asynchroniczny. Model ten nie wymaga

równoczesnej obecności obu stron zaangażowanych w proces kształcenia, co znacznie poszerza grono potencjalnych odbiorców.

Gdy natychmiastowy kontakt z trenerem nie jest możliwy, jego rolę mogą spełniać inteligentne agenty wspierające proces kształcenia. Moduły programowe, cechujące się autonomią, mobilnością oraz zdolnością zarówno do reaktywnych, jak i proaktywnych zachowań, określane mianem agentów, są powszechnie wykorzystywane w systemach eksperckich, więc mogą z powodzeniem pełnić rolę eksperta również w zdalnym nauczaniu (Agarwal et al., 2004). Co więcej, programowe komponenty są dostępne dla uczestników kursu o dowolnej, dogodnej dla odbiorców porze.

Dodatkowo, inteligentne agenty mogą działać w sposób spersonalizowany pod kątem wymagań danego odbiorcy. W systemach bazujących wyłącznie na kontakcie z trenerem takie dopasowanie do tempa i sposobu nauki każdego odbiorcy nie jest możliwe przy równoczesnym zachowaniu masowości przekazu, gdy wymagałoby to indywidualnego podejścia trenera do każdego uczestnika kursu (Xu et al., 2014).

Opierając się na informacjach na temat dotychczasowych postępów odbiorcy, inteligentne agenty mogą przeszukiwać zasoby wiedzy, zgromadzone na platformie e-nauczania i odwzorowywać podgraf wiedzy uczestnika kursu w grafie informacji, składających się na cały kurs (Gâlea et al., 2003). Pozwala to na określenie, które elementy nie zostały jeszcze przyswojone i wyznaczenie dalszych kierunków kształcenia. W ten sposób agenty stają się odpowiedzialne za kontrolowanie nadmiaru informacji i wyłuskiwanie zagadnień najistotniejszych dla odbiorcy.

Jednym z możliwych podejść jest zastosowanie inteligentnych agentów opartych na architekturze BDI (ang. *believe-desire-intention*) (Gâlea et al., 2003). Pozwala to na przekształcenie informacji na temat postępów odbiorcy, pozyskiwanych z platformy realizującej zdalne nauczanie, na akcje agenta, który ma ten proces wspomagać.

Inteligentne agenty mogą być również przydatne z punktu widzenia trenerów, uczestniczących w kształceniu na odległość. Gdy nie jest możliwy bezpośredni kontakt z odbiorcą, powstaje trudność związana z oceną postępów jego pracy. Co więcej, duża liczba uczestników przypadająca na każdego trenera dodatkowo utrudnia kontrolowanie przebiegu kształcenia poszczególnych uczestników. Informacje gromadzone przez inteligentne agenty mogą w takim przypadku posłużyć do określenia, które partie materiału zostały dobrze przyjęte i zrozumiane przez uczestników, a które wymagają dodatkowej uwagi. Agenty mogą również wskazać, którzy z odbiorców wymagają dodatkowej uwagi ze strony trenerów.

Wykorzystanie inteligentnych agentów w zdalnym kształceniu, przynosi wiele korzyści dla wszystkich osób zaangażowanych w ten proces. Nie tylko mogą one przejmować częściowo role ludzi w procesie nauczania, ale również wskazywać miejsca, gdzie kontakt odbiorcy z trenerem powinien zostać wzmocniony.

6. Programowanie genetyczne

Programowanie genetyczne w przypadku e-learningu jest używane w celu analizy danych nagromadzonych w trakcie działania systemu nauczania na odległość. Długotrwałe używanie takich systemów przez dużą liczbę studentów skutkuje zgromadzeniem wielu informacji, które powinny być przechowywane w bazach danych. Dane te dotyczą wielu istotnych aspektów nauczania, które obrazują dokładnie, jak ten proces przebiegał dla poszczególnych uczniów i kursów.

W przypadku e-learningu nauczyciel traci możliwość bezpośredniej komunikacji z uczniami i obserwacji reakcji na przygotowane materiały. Z tego powodu może mieć problem z ulepszeniem istniejących kursów. Wspomniane dane zawierają wiele informacji dotyczących sposobu interakcji studentów z różnymi kursami, co pozwala na ocenę ich skuteczności. Co więcej, analiza pozwala też dostrzec różne powiązania między poszczególnymi częściami kursu a np.

umiejętnościami ucznia.

Tak duży zasób informacji pozwala nauczycielowi na ulepszenie kursów, a nawet dostosowanie ich pod konkretnych uczniów. Jednak „ręczna” ich analiza byłaby bardzo pracochłonna. Dlatego też w procesie przetwarzania takich danych powszechnie używane jest programowanie genetyczne.

Jednym ze sposobów użycia tej analizy jest szukanie reguł związanych z danymi kursem na podstawie zebranych danych. Reguły te mogą wskazywać np. na podobieństwo w zaawansowaniu lub tematyce dwóch różnych rozdziałów kursu. Mogą być one reprezentowane za pomocą zdań typu jeżeli-to (IF-THEN), a do ich wygenerowania użyto programowania genetycznego opierającego się na gramatyce. Do analizy wykorzystywane są takie dane, jak np. czas spędzony na odpowiednich częściach kursu lub ocena końcowa z testu. Na ich podstawie nauczyciel może modyfikować kurs, aby polepszyć skuteczność nauczania i dostosować go do studentów (Romero, 2005).

Innym wykorzystaniem programowania genetycznego jest przewidywanie ostatecznej oceny studenta na podstawie informacji o sposobie interakcji z kursem. Zebrane dane są badane pod kątem tego, co wpływa na fakt, iż student ostatecznie zalicza końcowy test. Informacje takie jak liczba wykonywanych zadań dodatkowych lub czas spędzony na poszczególnych ćwiczeniach pomagają też w próbie przewidywania, czy uczeń uczestniczący w kursie zda egzamin. Wygenerowane powiązania pozwalają na analizę, jaki nakład pracy jest potrzebny dla końcowego sukcesu studenta. Pozwala to też nauczycielowi lepiej przystosować kurs do wymagań poszczególnych studentów (Zafra et al., 2009).

Jak można zauważyć, użycie e-learningu pozwala na zebranie wielu interesujących danych na temat interakcji ucznia z kursem. Ich analiza pozwala na ulepszenie istniejących materiałów i wykładów, co jest korzystne zarówno dla nauczyciela, jak i kursanta.

7. Sztuczne sieci neuronowe

Zdolność sieci neuronowych do generalizacji i aproksymacji skomplikowanych funkcji, innymi słowy do modelowania złożonych relacji, jest w zagadnieniach uczenia zdalnego wykorzystywana na dwa sposoby. Pierwszym sposobem wykorzystania sztucznych sieci neuronowych jest użycie ich jako narzędzia do przewidywania skuteczności kształcenia (Sayed, Baker, 2015).

Sieć neuronowa wykorzystywana jest do klasyfikacji studentów na podstawie ich wyników w teście na platformie ILIAS (Sayed, Baker, 2015). Test jest dla nich tylko sprawdzianem i podpowiedzią przed egzaminem, który piszą osobiście. Zmiennymi wejściowymi w systemie są:

- liczba poprawnych odpowiedzi w teście,
- liczba poprawnych odpowiedzi w pierwszym podejściu (test można było rozwiązać wielokrotnie),
- liczba wymaganych podejść, aby uzyskać poprawną odpowiedź,
- czas potrzebny na oddanie poprawnej odpowiedzi,
- czas potrzebny na oddanie odpowiedzi (poprawnej lub niepoprawnej).

Zmienną wyjściową jest natomiast przyporządkowanie studentów do jednej z trzech klas (słaby, dobry, bardzo dobry). Susnea użyła sieci MLP oraz RBF. Sieć RBF wykazała się lepszą skutecznością, co prowadzi do wniosku, że dane opisujące wejściowe wyniki studentów są ułożony zgodnie z wielowymiarowym rozkładem Gaussa (Susnea, 2010).

Podobne podejście, jednak z zastosowaniem dużo większej ilości danych zaprezentowali Sayed i Baker. W ich systemie na wejściu sztucznej sieci neuronowej jest podawanych 56 zmiennych, m.in. (Sayed, Baker, 2015):

- wykształcenie studenta,
- przebyte kursy,
- liczba postów na forum,

- liczba poprawnych odpowiedzi w quizach,
- wykształcenie rodziców,
- średnia ocen,
- motywacja studenta (subiektywna ocena).

Dane wejściowe pochodzą nie tylko z systemu LMS. Są to także charakterystyki studenta. Celem sieci jest predykcja średniej ocen studenta po odbyciu danego kursu, czyli ocena z kursu. Badacze wykorzystali do zbudowania modelu predykcyjnego sieci MLP z 50 neuronami w warstwie ukrytej.

Kolejnym sposobem wykorzystania sieci neuronowych w procesie kształcenia na odległość jest użycie ich jako systemu, który analizuje zachowania uczącego się. Takie zastosowania opisują Kolekar, Sanjeevi i Bormane (Kolekar et al., 2010). Przez zachowanie rozumiane są liczbowe dane dotyczące:

- liczby dostępu do systemu,
- czasów logowania,
- preferowanego stylu uczenia (liczba wypowiedzi, odpowiedzi czy wykonanych zadań).

Podjęcie takie ma na celu stworzenie adaptacyjnego systemu e-learningowego, który mógłby studentowi prezentować spersonalizowany kurs.

8. Algorytmy neuro-ewolucyjne

Narzędzia szeroko rozumianej sztucznej inteligencji są bardzo zaawansowane. Z tego powodu jedną z dominujących tendencji badawczych w tej dziedzinie jest łączenie kilku już istniejących rozwiązań i sprawdzanie skuteczności tak powstałego podejścia.

Z tego nurtu badawczego wyłoniły się techniki neuro-ewolucyjne. Ich sednem jest zastosowanie algorytmów genetycznych lub programowania genetycznego do uczenia sieci neuronowych. Począwszy od początku lat dziewięćdziesiątych zeszłego stulecia stworzono wiele metod uczenia genetycznego sieci neuronowych. Niektóre z nich to chociażby ewolucyjne modyfikowanie gramatyk tworzących sieci neuronowe (Kitano), Neuro-Evolution of Augmenting Topologies, Evolutionary Acquisitions of Neural Topologies czy też Interactively-Constrained Neuro-Evolution (Stanley et al., 2005).

Scholarpedia.org wymienia trzy główne zastosowania metod neuro-ewolucyjnych. Są to: problemy uczenia ze wzmacnianiem w ciągłej domenie (równoważenie odwróconego wahadła, uproszczony model sterowania rakietą), tworzenie inteligentnych i uczących się agentów w środowisku wirtualnym (np. przeciwnicy w grach planszowych i grach strategicznych czasu rzeczywistego) oraz symulowanie problemów z domeny biologii ewolucyjnej oraz sztucznego życia.

Można w oczywisty sposób zastosować metody neuro-ewolucyjne do wspomaganie zdalnego nauczania w analogiczny sposób do metod opisanych w poprzednich paragrafach. Ich siła w zastosowaniu w e-learningu leży jednak gdzieś indziej (Kolekar et al., 2010).

Nowoczesne systemy do uczenia zdalnego to coś więcej niż oglądanie gotowych materiałów z wykładów i przesyłanie do nauczycieli wyników pracy. Często ich istotą jest duża liczba symulacji w postaci mini-gier. Dzięki aktywizacji użytkownika zapamiętanie materiału jest o wiele lepsze, a sam proces nauczania staje się ciekawszy. Metody neuro-ewolucyjne pozwalają w takich grach na dostosowywanie i samodzielne uczenie się elementów sterowanych przez komputer.

W (Stanley et al., 2005) opisano grę NERO (ang. Neuroevolving Robotic Operatives), na podstawie której stworzono później platformę OpenNERO. W tej pozycji użytkownik uczy swoje wojsko omijania stanowisk ogniowych przeciwnika. Sama nauka odbywa się poprzez budowanie coraz bardziej skomplikowanego środowiska. Agenci żołnierze są uczeni za pomocą algorytmu rtNEAT (ang. *real-time NEAT*). Platforma OpenNERO umożliwia opracowanie innych symulacji, które bazują na uczeniu autonomicznych agentów. Opisaną grę dzielą tylko

kroki np. od symulatora pewnych sytuacji taktycznych na polu walki.

W wielu przypadkach symulacja przeprowadzana w środowisku e-learningowym powinna odbywać się raczej według określonego schematu z delikatnym tylko uwzględnieniem dostosowywania się do nietypowych zachowań użytkownika. W takim przypadku można wykorzystać algorytm KB-NEAT (ang. knowledge-based NEAT) opisany w (Stanley et al., 2005).

Początkową wiedzę agentów sterowanych przez komputer można zazwyczaj przedstawić w postaci skończonej maszyny stanowej. W algorytmie KB-NEAT sieci neuronowe tworzone w zerowej generacji zawierają zbiór zasad będący ekwiwalentem zdefiniowanej na początku maszyny stanowej. Późniejszy proces uczenia dostosowuje środowisko tylko i wyłącznie do nietypowych zachowań użytkownika. Co kilka pokoleń w celu zachowania początkowej wiedzy dziedzinowej do zbioru uczonych sieci neuronowych jest dodawana sieć neuronowa stworzona tylko i wyłącznie na podstawie maszyny stanowej (Cornelius, 2005).

9. Maszyna wektorów wspierających

Maszyna wektorów wspierających (ang. Support Vector Machine – SVM) jest metodą uczenia maszynowego wykorzystywaną do automatycznego wspomaganie klasyfikacji czy wyznaczania modelu regresji. SVM jako stosunkowo nowa metoda uczenia maszynowego daje bardzo obiecujące rezultaty w wielu różnych obszarach badawczych (klasyfikacja obrazów, rozpoznawanie twarzy, kategoryzacja tekstu, identyfikacja autora tekstu, rozpoznawanie tekstu pisanego) w porównaniu do pozostałych metod uczenia maszynowego czy metod statystycznych. Ostatnio wykorzystywana jest również w zakresie wspomaganie e-learningu.

Zasadniczym celem SVM jest wyznaczenie takiej hiperpłaszczyzny, która separuje dwie klasy punktów wejściowych z maksymalnym możliwym marginesem. Dzięki zastosowaniu tzw. tricku jądrowego, hiperpłaszczyzna separująca może zostać wyznaczona w wielowymiarowej przestrzeni cech zamiast w przestrzeni zbioru uczącego. Ta właściwość pozwala na separację punktów, które w przestrzeni zbioru uczącego nie są liniowo separowalne. Ponadto sam algorytm uczący SVM pozwala na uzyskanie dokładnego analitycznego rozwiązania, stąd problem związany ze zbieżnością uzyskanego rozwiązania do lokalnego minimum nie występuje w tym przypadku. Badania empiryczne pokazały także, że maszyna wektorów nośnych świetnie radzi sobie z niewielką próbką danych wykorzystywanych jako zbiór uczący oraz ma bardzo dobre właściwości uogólniające (jest stosunkowo odporna na problem nadmiernego dopasowania) (Gong, 2011).

SVM znajduje zastosowanie w wielu różnych aspektach związanych z e-kształceniem. Gong i Wang wykorzystują maszynę wektorów wspierających do automatycznego dostosowywania treści prezentowanych przez platformy e-learningowe do preferencji użytkownika (Gong, 2011). Felder i Silverman dowodzą, że każdy z nas cechuje się indywidualnym podejściem do procesu uczenia (Cristianini, Shawe-Taylor, 2000). Jedni preferują graficznie przedstawiane informacje, podczas gdy inni najefektywniej przyswajają podczas pracy ze zwykłym tekstem. Niektórzy wolą podejście od szczegółowych informacji do ogólnych, pozostali natomiast wręcz odwrotnie. Każdy z nas cechuje się więc indywidualnym profilem preferencji sposobu, w jaki podchodzi do procesu uczenia.

Gong i Wang zaproponowali metodę wykorzystującą maszynę wektorów wspierających do automatycznej klasyfikacji preferencji użytkowników w zakresie sposobu przyswajania nowej wiedzy (Gong, 2011). Czynniki, jakie były brane pod uwagę przy automatycznej ewaluacji preferencji to m.in.: rodzaj treści wybierany przez ucznia (np. tekst, wideo, grafika), sekwencja wybieranych treści (np. treści szczegółowe, treści ogólne) oraz czas nauki. Dzięki zastosowaniu SVM możliwe było takie prezentowanie wiedzy, które odpowiada indywidualnym preferencjom użytkownika, a co za tym idzie czyni sam proces e-kształcenia bardziej efektywnym (Gong, 2011).

Pawar i Sonkar wykorzystali SVM jako narzędzie do wspomaganie automatycznej selekcji

pytań zadawanych podczas wykładów (Pawar, Sonkar, 2013). Metoda polegała na klasyfikacji pytań kierowanych do prelegenta przez słuchaczy za pomocą krótkich wiadomości tekstowych. Sposób, w jaki pytania były kierowane do prowadzącego, pozwala w łatwy sposób przenieść te doświadczenia na grunt platform e-learningowych. Liczba pytań, jakie mogą pojawić się czy to podczas rzeczywistego wykładu, czy podczas pracy z materiałami e-kształceniowymi, może być duża. Mając na uwadze liczbę pytań, nauczyciel, ze względu na ograniczenia czasowe, często nie jest w stanie odpowiedzieć na wszystkie z nich. Tu pojawia się potrzeba automatycznego wspomaganie selekcji najbardziej istotnych pytań.

Pawar oraz Sonkar zaproponowali metodę bazującą na maszynie wektorów nośnych, która automatycznie klasyfikowała pytania wg ich istotności (Pawar, Sonkar, 2013). Czynniki branymi pod uwagę były m.in.: zgodność treści pytania z tematem wykładu (badana przy pomocy analizy tekstu), poprzednie pytania zadawane przez danego ucznia (czy były zaakceptowane czy też nie), korelacja z innymi pytaniami (czy dane pytanie w rzeczywistości jest duplikatem innego pytania). Zastosowanie powyższej techniki w stosunku do środowiska e-learningowego, gdzie uczniów często jest bardzo wielu, a niewielu nauczycieli, może w znaczący sposób podnieść jakość komunikacji na linii nauczyciel-uczeń (Pawar, Sonkar, 2013).

10. System plików Map-Reduce

W ostatnich latach można zaobserwować systematycznie rosnącą liczbę użytkowników oraz zmieniające się sposoby wykorzystania dedykowanych platform zdalnego nauczania. Wraz z nimi rosną wymagania dotyczące dostępu do treści. Muszą być one dostępne w możliwie najkrótszym czasie, wielu użytkownikom często znajdującym się w różnych lokalizacjach geograficznych, w tym samym czasie. Dodatkowo jest niezbędne, aby system plików oferujący dostęp do treści był łatwo rozszerzalny (w związku z ciągłym przyrostem treści i zyskującą na popularności koncepcją e-learningu) oraz oferował wysoką dostępność i odporność na awarie.

Konieczne jest wykluczenie sytuacji, gdy awaria jednej z maszyn skutkuje awarią całego systemu. Wraz z wszystkimi wymaganiami równie istotny jest aspekt finansowy i możliwie największa redukcja kosztów rozwoju oraz utrzymania. Kwestią wartą rozważenia wydaje się więc zastosowanie rozproszonego systemu plików.

Jednym z głównych komponentów rozwijanych w ramach projektu Hadoop (Bo et al., 2010) jest rozproszony system plików – Hadoop Distributed File System (HDFS). Został on stworzony na podstawie doświadczeń wynikających z utworzenia i wykorzystania Google File System. Bardzo istotną zaletą HDFS jest takie zaprojektowanie systemu, aby możliwe było wykorzystanie stosunkowo tanich rozwiązań sprzętowych pomimo ich większej podatności na awarie.

Sprawia to, że możliwe jest uzyskanie dużej przestrzeni przy stosunkowo małych nakładach finansowych. Projektanci HDFS w założeniach uznali bowiem, iż w przypadku rozwiązań na dużą skalę awarie sprzętowe można traktować jako sytuację zwyczajną, a nie jako anomalię.

System BlueSky (Bo et al., 2010) jest jednym ze znanych rozwiązań typu e-learning wykorzystujących HDFS w implementacji. System ten ma na celu umożliwienie współdzielenia plików o charakterze edukacyjnym. HDFS stworzony został jednak jako system pozwalający na obsługę dużych plików (rzędu GB). Przechowywanie wielu małych plików powoduje nieproporcjonalne zwiększenie zajmowanej przestrzeni i wydłużenie czasu dostępu (Bo et al., 2010). W przypadku BlueSky są to pliki prezentacji multimedialnych np. Microsoft PowerPoint. Mamy tu do czynienia najczęściej z plikami niewielkich rozmiarów, co stanowiło konieczny do rozwiązania problem.

Kim et al. zaproponowali wykorzystanie elementów Hadoop, w tym HDFS oraz Map-Reduce do transmisji strumieniowej multimedialnych (Kim et al., 2014). Jest to rozwiązanie mające bardzo szerokie zastosowanie także w dziedzinie e-learningu. W rozwiązaniu tym komponenty Hadoop wykorzystane zostały jako istotne elementy wchodzące w skład dwóch modułów. Pierwszy z nich odpowiedzialny jest za transkodowanie danych multimedialnych do standardowego formatu,

jakim jest MPEG-4. Dzięki temu treści mogą być udostępniane z wykorzystaniem typowych urządzeń dostępnych na rynku, jak komputer klasy PC czy smartfon.

Drugim jest moduł odpowiedzialny za transmisję strumieniową multimediów, gdzie wykorzystano szereg zalet oferowanych przez HDFS, w tym rozproszenie oraz replikację danych, przez co oferowane treści pozostają dostępne nawet w przypadku awarii któregoś z węzłów w systemie (Kim et al., 2014).

11. Cloud computing w e-learningu

Cloud computing przez udostępnienie usługi znanej pod nazwą VlaaS (Virtual Laboratories as a Service) rozszerza wachlarz funkcjonalności platform zdalnego nauczania. Nowe zastosowanie przetwarzania w chmurze umożliwia przeprowadzenie procesu edukacyjnego, w którym blok nauczania zawiera zajęcia laboratoryjne wykorzystujące specjalistyczne oprogramowanie. Każdy uczestnik takich zajęć może dla przykładu otrzymać dostęp do maszyny wirtualnej odpowiednio dopasowanej do wymogów zadania, która będzie posiadała zainstalowane aplikacje potrzebne do realizacji laboratorium. Osoba prowadząca dzięki zastosowaniu wirtualizacji ma możliwość wglądu w postęp każdego uczestnika oraz możliwość szybkiej reakcji na niepowodzenia w realizacji zadań, które mogą skutkować znacznym opóźnieniem w stosunku do grupy (Dukhanov et al., 2014).

W powyższym przykładzie wykorzystano schemat przetwarzania w chmurze pod nazwą IaaS (Infrastructure as a Service), czyli udostępnienie skalowalnego w zależności od potrzeb wirtualnego sprzętu komputerowego. Nie jest to jedyny model, który może zostać wykorzystany w e-learningu.

Bardzo ciekawym schematem, jest również model HaaS (Hardware as a Service). Podejście to w przypadku nauczania na odległość może polegać na udostępnieniu przez złącza internetowe specjalistycznego sprzętu, dzięki któremu potencjalny uczeń będzie miał szanse zetknięcia się zarówno z obsługą danego urządzenia, jak i z przetwarzaniem wyników uzależnionymi od wprowadzonych ustawień.

Na szeroką skalę wykorzystywana jest możliwość udostępniania podczas uczenia na odległość aplikacji webowych. Jednak tego typu aplikacje mają swoje ograniczenia obliczeniowe, ponieważ najczęściej były wykonywane na jednej maszynie serwerowej. Przetwarzanie w chmurze udostępnia kolejny model o nazwie SaaS (Software as a Service), dzięki któremu eliminowane są ograniczenia związane z możliwościami obliczeniowymi aplikacji webowych (Dukhanov et al., 2014).

Wszystkie te możliwości prowadzą do stworzenia nowej gałęzi aplikacji e-learningowych, które wykorzystują znane dotychczas mechanizmy systemów nauczania na odległość oraz mechanizmy chmury obliczeniowej, dzięki którym można przeprowadzić kompletne kursy szkoleniowe składające się nie tylko z wykładów, ale i z całościowych kontrolowanych przez prowadzącego zajęć laboratoryjnych.

12. Wnioski i uwagi

W pracy omówiono inteligentne systemy agentowe, które zastosowano do wspierania zdalnego kształcenia. Odniesiono się do zastosowania wybranych paradygmatów sztucznej inteligencji w tym zakresie, a także omówiono wsparcie przetwarzania w chmurze edukacyjnej. Jedną z realnych perspektyw wdrożenia zaprezentowanych technologii AI jest zastosowanie inteligentnych agentów opartych na architekturze BDI, co pozwala na przekształcenie informacji o postępach studenta na akcje agenta. Interesującym wykorzystaniem programowania genetycznego jest przewidywanie ostatecznej oceny studenta na podstawie informacji o sposobie interakcji z kursem.

Kierunek dalszych naszych badań to rozwinięcie i weryfikacja wybranych koncepcji sztucznej

inteligencji pod kątem efektywnego wspierania e-learningu. W szczególności planujemy opracować wirtualne laboratorium w ramach przedmiotu Sztuczna Inteligencja z wykorzystaniem serwisów chmur obliczeniowych.

Uwaga o projekcie

Niniejsza praca została w całości zrealizowana oraz opublikowana i sfinansowana w ramach środków: Działalność Statutowa (DS), Katedra Architektury Systemów Komputerowych, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki, Politechnika Gdańska.

13. Bibliografia

1. Advanced Distributed Learning (ADL) at NATO SCHOOL Oberammergau (NSO). (b.d.). Pobrano 3 grudnia 2014 z: <http://www.natoschool.nato.int/Academics/eLearning>
2. Bo, D., Qiu, J., Zheng, Q., Zhong, H., Li, J., Li, Y. (2010). A Novel Approach to Improving the Efficiency of Storing and Accessing Small Files on Hadoop: A Case Study by PowerPoint Files. 2010 IEEE International Conference on Services Computing (SCC), 65-72.
3. Cornelius R. (2005) Improving Prescribed Agent Behavior with Neuroevolution, Department of Computer Sciences, The University of Texas at Austin, Undergraduate Honors Thesis.
4. Cristianini, N., Shawe-Taylor, J. (2000). An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning Methods, Cambridge: Cambridge University Press.
5. Dongming, X., Huang, W.W., Wang, H., Heales, J., (2014). Enhancing e-learning effectiveness using an intelligent agent-supported personalized virtual learning environment. An empirical investigation, *Information & Management*, 51, 4, 430-440.
6. Dukhanov, A., Karpova, M., Bochenina, K. (2014). Design Virtual Learning Labs for Courses in Computational Science with use of Cloud Computing Technologies. *Procedia Computer Science*, 29, 2472-2482.
7. Gălea, D., Leon, F., Zaharia, M. H. (2003) E-learning Distributed Framework using Intelligent Agents. W: M. Craus, D. Gălea, A. Valachi (Red.) *New Trends in Computer Science and Engineering, Anniversary Volume*, Department of Computer Engineering, Faculty of Automatic Control and Computer Engineering, Technical University Gh. Asachi, (s. 159-163). Iași: Polirom Press.
8. Gong, W., Wang, W. (2011). Application of support vector machine in e-learning for personality, *Cloud Computing and Intelligence Systems (CCIS)*, 2011 IEEE International Conference, Beijing, 638-642.
9. Immersive Education. (b.d.). Pobrano 3 grudnia 2014 z: <http://immersivededucation.org>
10. Jara-Roa, D. et al. (2010). An adaptive multi-agent based architecture for engineering education. *Proceeding of the IEEE EDUCON Education Engineering Conference on The Future of Global Learning Engineering Education*, Madrid, April 2010, 217-222.
11. Kim, M., Han, S.H., Jung, J., Lee, H., Choi O.: A Robust Cloud-Based Service Architecture for Multimedia Streaming Using Hadoop. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 274, 365-370.
12. Kolekar, S. V., Sanjeevi, S. G., Bormane, D. S. (2010). Learning Style Recognition using Artificial Neural Networks for Adaptive User Interface in e-Learning, 2010 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research, Coimbatore, India, Tamilnadu College of Engineering Press. 1-5.
13. Kubiak, M. (200). *Wirtualna edukacja*. Warszawa: Mikom.
14. LiLa: Library of Labs. (b.d.). Pobrano 3 grudnia 2014 z: <http://www.lila-project.org/home.html>
15. Nauka języka angielskiego przez komunikator Skype. (b.d.). Pobrano 1 marca 2015 z: <http://www.angielski-skype.com>
16. Pawar, N., Sonkar, S. K. (2013). An Approach Towards E-Learning Using SVM Classification Technique and Ranking Technique in Microblog Supported Classroom: A Survey. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3, 7, 315-322.
17. Platforma ATutor. (b.d.). Pobrano 1 marca 2015 z: <http://www.atutor.ca>
18. Platforma Claroline. (b.d.). Pobrano 1 marca 2015 z: <http://www.claroline.net>
19. Platforma Fle3 Future Learning Environment. (b.d.). Pobrano marca 2015 z: <http://fle3.uiah.fi>
20. Platforma Ilias. (b.d.). Pobrano 1 marca 2015 z: <http://www.ilias.de>
21. Platforma Lotus. (b.d.). Pobrano 1 marca 2015 z: http://www.ibm.com/developerworks/lotus/library/ls-elearning_evolution
22. Platforma Manhattan Virtual Classroom. (b.d.). Pobrano marca 2015 z: <http://manhattan.sourceforge.net>
23. Platforma MOODLE. (b.d.). Pobrano 1 marca 2015 z: <http://docs.moodle.org/en>
24. Platforma Oracle iLearning. (b.d.). Pobrano 1 marca 2015 z: <http://ilearning.oracle.com/ilearn/en/learner/jsp/login.jsp>

25. Platforma Pelp. (b.d.). Pobrano 1 marca 2015 z: <http://www.pelp.net>
26. Platforma WBTServer. (b.d.). Pobrano 1 marca 2015 z: <http://polska.4system.com>
27. Portal armii kanadyjskiej. (b.d.). Pobrane 1 marca 2015 z: <http://www.armylearning.ca>
28. Portal e-learningowy armii amerykańskiej. (b.d.). Pobrano 1 marca 2015 z: <http://www.army.mil/ako>
29. Portal e-learningowy armii brytyjskiej. (b.d.). Pobrano 1 marca 2015 z: <https://www.dlp.mod.uk>
30. Portal e-learningowy armii francuskiej, (b.d.). Pobrano 1 marca 2015 z: http://www.itweb.co.za/index.php?option=com_content&task=view&id=28850&Itemid=70
31. Portal firmy Benntec dotyczący zdalnego nauczania w armii niemieckiej. (2010). Pobrano marca 2015 z: <http://www.benntec.de/index.php/en/news/95-fernausbildungskongress-2010>
32. Portal Ośrodka Kształcenia Na Odległość OKNO Politechniki Warszawskiej. (b.d.). Pobrano 1 marca 2015 z: <http://www.okno.pw.edu.pl>
33. Portal platformy edukacyjnej Szkoły Głównej Handlowej. (b.d.). Pobrano marca 2015 z: <http://www.e-sgh.pl>
34. Rakesh, A., Deo, A., Das, S., (2004). Intelligent agents in E-learning. SIGSOFT Softw. Eng. Notes 29, 2, 1–2.
35. Romero, C., Ventura, S., Hervás, C., González P. (2005). Rule Discovery in Web-Based Educational Systems Using Grammar-Based Genetic Programming. WIT Transactions on Information and Communication Technologies, 35, 205–214.
36. Sayed, M., Baker, F. (2015). E-Learning Optimization Using Supervised Artificial Neural-Network. Journal of Software Engineering and Applications, 8, 26–34.
37. Soliman, M., Guetl, C. (2013). Implementing intelligent pedagogical agents in virtual worlds: Tutoring natural science experiments in OpenWonderland. W: Proc. of IEEE Conference on Global Engineering Education Conference (EDUCON), 782–789.
38. Stanley, K.O., Bryant, B.D., Miikkulainen R. (2005). Real-time neuroevolution in the NERO video game, Evolutionary Computation, IEEE Transactions, 9:6, 653–668.
39. Susnea, E. (2010). Using Artificial Neural Networks in e-Learning Systems, U.P.B. Sci. Bull., Series C, 72, 4, 320–327.
40. Szkolenia E-Pracownik. (b.d.). Pobrano 1 marca 2015 z: <http://www.cisco.com/web/PL/seminaria/epracownik.html>
41. Szkolenia z zakresu oprogramowania antywirusowego. (b.d.). Pobrano 1 marca 2015 z: <http://support.kaspersky.com/learning/courses>
42. Zacniewski, A. (2011). Optymalizacja alokacji modułów programistycznych w rozproszonym systemie szkolenia wojskowego, WETI Politechnika Gdańska, rozprawa doktorska.
43. Zafra, A., Romero, C., Ventura, S. (2009). Predicting Academic Achievement Using Multiple Instance Genetic Programming. Ninth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, Pisa, 1120–1125.

Intelligent Agent Systems In Remote Learning Systems

Summary

Keywords: intelligent pedagogical agents, remote learning, artificial intelligence

In this paper, some intelligent agent systems have been presented in e-learning systems. After a brief presentation of the evolution of e-learning systems and their selected applications, some intelligent educational agents have been characterized. Then, some discusses how to the use genetic programming, neuro-evolutionary algorithms, and artificial neural networks have been carried out. In addition, a reference has been made to the Map-Reduce model, which effectively supports the architecture of modern e-learning system.