

Jerzy Balicki, Piotr Dryja, Waldemar Korłub, Maciej Tyszka

## METODY I APLIKACJE ZDALNEGO SZKOLENIA MIESZKAŃCÓW INTELIGENTNYCH MIAST

### STRESZCZENIE

Rozwój nowego rodzaju miast i regionów nazywanych *smart cities* pociąga za sobą nowy sposób edukacji lokalnych społeczności. Z tego względu w artykule przybliżono metodykę wykorzystania systemów zdalnego szkolenia mieszkańców w *smart city*. W szczególności scharakteryzowano wybrane zastosowania e-kształcenia w celu wspierania rozwoju inteligentnych miast. Nawiązano do najnowszych podejść opierających się na wykorzystaniu inteligentnych agentów programistycznych w *e-learningu*. Ponadto odniesiono się do zaawansowanych metod sztucznej inteligencji ze szczególnym uwzględnieniem programowania genetycznego, sztucznych sieci neuronowych, algorytmów neuro-ewolucyjnych, maszyny wektorów wspierających oraz algorytmów inteligencji zbiorowej. Na zakończenie omówiono usługi w chmurze komputerowej, które dedykowane są do wspierania zarządzania i szkolenia w *smart city*.

**Słowa kluczowe:** smart city, sztuczna inteligencja, e-learning.

### Wstęp

Rozwój inteligentnych miast i regionów (ang. *smart cities*), w tym także aglomeracji krajowych, takich jak Warszawa czy Trójmiasto, wymaga systematycznej edukacji mieszkańców odnośnie oferowanych możliwości i udogodnień przez nowoczesne systemy informatyczne w odniesieniu do istotnych spraw, związanych z życiem w regionie. Mobilność mieszkańców zarówno w mieście, jak i między miastami jest coraz bardziej intensywna, a ze względu na dużą różnorodność wymagań i usług, adaptacja w nowym miejscu pobytu może być długotrwała, uciążliwa i mało efektywna. Ponadto poziom informatyzacji metropolii jest

zazwyczaj bardzo zróżnicowany, co przejawia się znaczącymi odmiennościami w zakresie integracji miejskich infrastruktur informatycznych.

W *smart city* zmienia się sposób zarządzania miastem za pomocą korzystania z informacji pozyskiwanych zasadniczo ze smartfonów. Ponadto jest to kolejny etap ewolucji społeczeństwa informacyjnego w kierunku społeczeństwa i gospodarki opartej na wiedzy. Rolą oprogramowania, komputerów, sieci komputerowych, sensorów i aktuatorów jest dostarczenie prawie natychmiast wiarygodnej informacji, wspomaganie decyzji oraz wykonanie niektórych prac za człowieka.

Należy podkreślić, że programy informacyjne lokalnej telewizji oraz dostęp do najważniejszych informacji zamieszczonych na stronach www portalu urzędu miasta to stanowczo zbyt mało w inteligentnym regionie. Oczywiście można mozolnie przeszukiwać strony www lekarzy-specjalistów w wypadku choroby, planować połączenia komunikacyjne, składać zeznania podatkowe oraz wnioski o dowód osobisty, poszukiwać pracy czy monitować w sprawie braku wody. Jednakże obecnie oczekujemy znacznie więcej, tak aby ułatwić rozwiązywanie tego typu spraw szybciej oraz przy uwzględnieniu pełnego zbioru danych. Coraz ważniejsza jest jakość życia, co można osiągnąć za pomocą pełniejszej informatyzacji procesów zachodzących w życiu mieszkańców.

Z drugiej strony przy tak dużej liczbie portali internetowych udostępniających informacje związane z życiem mieszkańców trudno jest kontrolować ważne zmiany przy niewielkim nakładzie czasu. Jeśli zatem urząd miasta w okresie sesji na uczelniach zamieści informację o funduszach na dofinansowanie studentów, to raczej nabór wniosków będzie niewielki ze względu na fakt, że informacja ta nie dotrze do potencjalnych beneficjentów. Wprawdzie przy kolejnym naborze składanych wniosków będzie najprawdopodobniej więcej to jednak zaistniałe opóźnienie oraz brak skorelowania terminu składania wniosków z intensywnością prac wnioskodawców należy traktować jako znaczącą wadę tego systemu dystrybucji informacji.

Warto podkreślić, że w artykule nie chodzi o edukację tradycyjną w oparciu o szkoły podstawowe, średnie oraz uczelnie wyższe, które raczej realizują programy specjalistyczne podlegające modyfikacjom w cyklu rocznym i nie są ukierunkowane na przystosowywanie mieszkańców do efektywniejszego życia w swoim regionie. Oczywiście mogą one w miarę możliwości kadry i bazy dydaktycznej wspierać edukację mieszkańców w zakresie efektywnego wykorzystania zasobów regionu. Niektóre zadania informacyjne realizują także media lokalne. Zdaniem autorów lepszym pomysłem jest wydzielenie miejskich centrów edukacyjnych, które zdalnie będą kształciły mieszkańców z wykorzystaniem najnowocześniejszej technologii.

Artykuł zorganizowany jest w następujący sposób. W sekcji 1 omówiono rolę zdalnego szkolenia w *smart city*. Natomiast w sekcji 2 scharakteryzowano wybrane zastosowania e-kształcenia. Sekcja 3 poświęcona jest rozważaniom na temat inteligentnych agentów programistycznych w kształceniu mieszkańców. Sekcja 4 odnosi się do wybranych metod sztucznej inteligencji w *smart city*, w tym programowania genetycznego, sztucznych sieci neuronowych, algorytmów

neuro-ewolucyjnych, maszyny wektorów wspierających oraz algorytmów inteligencji zbiorowej. Na zakończenie w sekcji 5 omówiono usługi w chmurze, które dedykowane są do *e-learningu* mieszkańców inteligentnych regionów.

## 1. Rola zdalnego szkolenia w *smart city*

Pod pojęciem *smart city* rozumiemy model metropolii, w którym zintegrowano wiele rozproszonych systemów informatycznych z wykorzystaniem *Internetu Rzeczy* w trybie bezpiecznego zarządzania miejskimi zasobami, w tym usługami: informacyjnymi, edukacyjnymi, bibliotecznymi, dotyczącymi bezpieczeństwa, pracy, biznesu, handlu, obejmującymi egzekwowanie prawa, ochrony zdrowia, wyżywienia, a także usługami transportowymi, energetycznymi, architektonicznymi, odnoszącymi się do budownictwa, a także sieci wodociągowych, ochrony środowiska, systemu odbioru i utylizacji śmieci oraz inne usługi dla lokalnych społeczności [Balicki i in. 2015]. Koncepcja *smart city* wynika z faktu, że rozwój miast, szczególnie tych największych wymaga przezwycięzania kryzysów w różnorodnych obszarach, które przede wszystkim zakłócają funkcjonowanie bardzo dużych aglomeracji.

W odpowiedzi na konieczność sprostania współczesnym wyzwaniom powstały modele inteligentnych miast, w których mieszkańcy są bardzo dobrze poinformowani o sytuacji, dysponują dużą wiedzą o funkcjonowaniu miasta, a także potrafią się komunikować między sobą. W Stanach Zjednoczonych pionierskie projekty *smart city* zrealizowano w Nowym Jorku, Miami, Bostonie oraz Baltimore. Większość populacji USA (84%) mieszka w 363 metropoliach, które rozdziela granice miast czy nawet stanów. Nowy Jork z 19 mln mieszkańców rozprzestrzeniła się także na New Jersey oraz część Pensylwanii. Boston z 4,5 mln mieszkańców wchłonął południową część New Hampshire. W odniesieniu do edukacji warto podkreślić, że 13,500 okręgów szkolnych w USA nie zawsze odpowiada okręgom samorządowym.

Kanter i Litow podkreślają, że celem inteligentnego miasta jest poprawa jakości życia za pomocą technologii informatycznych, zwiększających efektywność usług oferowanych przez miasto w oparciu o identyfikowane oczekiwania mieszkańców [Kanter, Litow, 2009: 12]. *Smart city* to model integracji kilkudziesięciu systemów informatycznych oraz rzeczywistych systemów fizycznych, który interaktywnie współdzieli dane z milionami mieszkańców. Nacisk kładzie się na połączenia między milionami interesariuszy, sensorów oraz aktatorów i dlatego istotną rolę odgrywa w tym wypadku *Internet Rzeczy*.

W modelu inteligentnego miasta ważniejsza jest sieć połączeń między systemami dziedzinowymi niż analiza oddzielnie funkcjonujących systemów miejskich. Może się przecież okazać, że zbudowanie lotniska zakończy się fiaskiem ze względu na brak turystów, dla których nie przygotowano wygodnej bazy noclegowej, atrakcji do zwiedzania czy też ekologicznego środowiska. Aby uzyskać zatem efekt synergii należy równoważyć rozwój poszczególnych obszarów

życia miasta, co powinno być realizowane za pomocą decyzji współdziałających kluczowych instytucji rządowych, samorządowych, edukacyjnych oraz biznesowych. Decyzje te powinny być efektem zrozumienia potrzeb mieszkańców, uwzględniać ich wymagania oraz preferencje odnośnie kryteriów podejmowania decyzji [Batty i in., 2012: 481].

Systemy informatyczne umożliwiają władzom miasta bezpośrednią interakcję z mieszkańcami w celu monitorowania tego, co się dzieje w mieście, jak miasto ewoluuje, a także jak uzyskać wyższą jakość życia. Za pomocą sensorów zintegrowanych z systemami monitorującymi w czasie rzeczywistym zbierane są dane od mieszkańców i urzędzeń, są one następnie przetwarzane i analizowane. Zdobyta w ten sposób wiedza jest kluczowa do skutecznego radzenia sobie z problemami, a także wspiera szersze uwzględnianie potrzeb mieszkańców. Zakłada się, że bezpieczeństwo, dobrobyt, innowacyjność i spójność społeczna powinny wynikać z różnorodności kultur i stosowania zaawansowanych technologii [Caragliu, 2009: 223].

Wspólne platformy współdzielenia danych o problemach w zakresie bezpieczeństwa w regionach metropolitalnych zwiększają poziom bezpieczeństwa w każdej aglomeracji. Ponadto platformy te „ostrzegają” niczym wirtualne sensory o problemach, które pojawiły się w jednej metropolii, a ze chwilę mogą wystąpić w innej. Jeśli co kilka minut w wybranej aglomeracji dochodzi do poważnych przestępstw, to dane o nich są ważnymi obserwacjami, za pomocą których odpowiednie służby w pozostałych metropoliach mogą przygotować się do przeciwdziałania tego rodzaju przestępczości w swoim regionie. Chodzi zatem nie tylko o integrację systemów informatycznych: policji, straży miejskiej i prokuratury, ale także służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo, wojska oraz komórek organizacyjnych w administracji i biznesie. Jak implementacyjnie i organizacyjnie trudne są to zagadnienia świadczy integracja numerów alarmowych w odniesieniu do numeru 112. Istotnym wyzwaniem jest w tym kontekście szkolenie użytkowników takiej platformy informatycznej, którzy nie mają zazwyczaj dobrego przygotowania w tym zakresie.

Zdalna praca to klucz do redukcji bezrobocia [Winiarski, 2014: 12]. W firmie IBM ok. 40% czasu pracy wiąże się z czynnościami zawodowymi wykonywanymi w miejscach zamieszkania pracowników [Balicki, 2015: 1]. W USA średnio co dziewiąty dzień roboczy poświęcony jest na zdalną pracę w odniesieniu do wszystkich pracowników. Zwłaszcza jeśli miejsca pracy są bardzo odległe od miejsc zamieszkania ludności, takie rozwiązania są bardzo skuteczne, gdyż zwiększają poziom zadowolenia pracowników, wymuszają naukę nowych technologii informatycznych, a także zobowiązują do sumiennej realizacji obowiązków. Zmniejszają koszty pracy, redukują również obciążenie transportu, a w konsekwencji zanieczyszczenie środowiska.

W tym kontekście klasyczny scentralizowany model miejsc pracy w regionie w oparciu o duże centrum w śródmieściu wydaje się być nieadekwatne do modelu zdecentralizowanego w *smart city*. Decentralizacja wymaga wprowadzenia większej liczby miejsc pracy wirtualnej, co jest związane z podwyższeniem

poziomu bezpiecznego dostępu do serwerów firmy oraz wyższej przepustowości łączy komunikacyjnych. W wypadku konsorcjów dostęp do dokumentów powinien odbywać się poprzez biura wirtualne, które stanowią pewnego rodzaju warstwę pośredniczącą między systemem zarządzania a systemem wykonywania zadań. Ponieważ istotne jest szkolenie pracowników, to szereg kursów może być realizowana on-line, podobnie, jak certyfikowanie nabywanych kompetencji.

Częstym problemem w aglomeracjach jest brak pełnej informacji o usługach publicznych dla członków tych samych społeczności. Uczniowie szkół średnich, sportowcy w wybranych kategoriach wiekowych, turyści przyjeżdżający na kilka dni do regionu czy też członkowie określonych organizacji lub agencji powinni dysponować dostępem do kompleksowej informacji przystosowanej do swoich preferencji. Identyfikacja potrzeb informacyjnych mieszkańców jest zagadnieniem trudnym i wymaga zastosowania metod sztucznej inteligencji. W szczególności aktualne dane mogą wskazać wydarzenia w najbliższej okolicy, strefy zagrożeń, wykwalifikowanych specjalistów lub też rozmieszczenie potrzebnych zasobów.

Nieefektywna współpraca między zespołami samorządowymi a rządowymi, które realizują zbliżone zadania na rzecz społeczeństwa jest trudna do przezwyciężenia w wypadku społeczności o dużej liczebności. Wspólna platforma informatyczna oraz procedury pracy w odpowiednich wydziałach czy oddziałach ułatwiają kooperację, która zgodnie z teorią gier zwiększa efektywność wypracowywanych porozumień. Współdzielenie repozytoriów dla różnych celów ułatwia rozwiązywanie wielu istotnych problemów. Przykładowo, adres właściciela nieruchomości w księdze wieczystej powinien być zgodny z adekwatnym adresem w wydziale meldunkowym właściwego urzędu. A co się stanie, jeśli do księgi wieczystej zostanie wpisany omyłkowo inny właściciel bez wiedzy obecnego właściciela? Rozwiązaniem jest zapewnienie integralności danych w tym zakresie, w oparciu o relację bazodanową, obejmującą księgi wieczyste, meldunki oraz repozytorium aktów notarialnych. Relację można rozszerzyć na konta bankowe czy repozytorium podatkowe. Warto podkreślić, że interesariusz powinien mieć spersonalizowany dostęp do tej klasy danych poprzez standardowy interfejs graficzny.

Przy dużej ilości i różnorodności danych niezależne ich gromadzenie przez kilka organizacji niekomercyjnych prowadzi do zwiększania kosztów oraz dublowania części wolumenu danych. Nadmiarowe strumienie wprowadzanych danych o mieszkańcach i procesach im towarzyszących można zredukować za pomocą współdzielenia usług, obejmujących wprowadzanie danych w chmurze obliczeniowej. Wymaga to przeszkolenia pracowników administracji w zakresie umiejętności korzystania z zasobów chmur obliczeniowych. Ze względu na bezpieczeństwo wygodnym rozwiązaniem jest właśnie chmura obliczeniowa, w której przetwarzane są dane o mieszkańcach inteligentnego miasta. O ile wprowadzanie danych o mieszkańcach wiąże się z wysokimi kosztami, o tyle korzystanie z danych „otwartych” w mediach społecznościowych cechuje się znacznie niższym

kosztem. Ponadto są to źródła informacji o oczekiwaniach mieszkańców dotyczących wprowadzenia dobrych praktyk i decyzji przez władze miasta.

Niewątpliwie dużym dylematem aglomeracji jest brak orientacji mieszkańców co do strategicznego wpływu na ich życie usług dostarczanych przez władze. Ważne są zatem aktualne wskaźniki rozwoju społeczności lokalnej oraz dane potwierdzające zrównoważony rozwój. Niezbędne są oceny niezależnych organizacji w zakresie osiągania zamierzonych celów, które powinny być udostępnione w sieci.

Konsekwencją rozwoju demokracji jest słabnące przywództwo obywatelskie, co przejawia się krytykowaniem decyzji podejmowanych przez elitę w odniesieniu do dużej populacji. Konieczne są zatem wirtualne dialogi z mieszkańcami w wideokonferencjach webowych. Decyzje muszą wynikać z częstych głosowań mieszkańców nad ważnymi sprawami. Preferowaną formą referendum jest głosowanie w sieci, co wymaga bezpiecznych aplikacji. Wyniki głosowań powinny być szeroko komentowane, wskazując na pozytywne i negatywne skutki, a także możliwe szanse i zagrożenia dla społeczności. Autorzy artykułu stawiają hipotezę, że wspólne podejmowanie decyzji za pomocą częstych głosowań sieciowych jest skuteczną formą samoorganizacji społeczeństwa i weryfikuje intensywność postępu w odniesieniu do akceptowanych wskaźników społecznych. Adekwatnym przykładem jest Szwajcaria, w której częste referenda są strategią kontroli efektywnego rozwoju społeczeństwa.

Izolacja społeczna mieszkańców to kluczowy dylemat, któremu również usiłuje sprostać model *smart city*. Monitorowanie stanu zdrowia mieszkańców za pomocą sensorów mierzących temperaturę, ciśnienie, puls, poziom cukru, czy parametry krwi umożliwi skrócenie czasu reakcji w wypadku zaistnienia zawału czy udaru. Może także sygnalizować konieczność wizyty u lekarza lub zrobienia dodatkowych badań. Izolacji społecznej przeciwdziała obszerna informacja o sąsiedztwie w sensie geograficznym oraz wirtualnym, ze szczególnym uwzględnieniem portali społecznościowych. Ważną rolę odgrywają e-aukcje oraz portale wymiany barterowej, które odnoszą się do okolic mieszkańca. Biblioteki miejskie powinny dodatkowo pełnić rolę wirtualnych placów oświatowych, a być może nawet redakcji czasopism regionalnych i rozwijać wirtualną więź z lokalną społecznością. Zdalne nauczanie również przeciwdziała osamotnieniu mieszkańców poprzez dostarczanie atrakcyjnych kursów na smartfony i tablety.

Z powyższej analizy wynika, że tradycyjne metody szkolenia mieszkańców miast nie sprostają nowym wyzwaniom ze względu na masowość i różnorodność danych oraz procesów, a także złożone interakcje między nimi, wymagające intensywnej komunikacji. Dlatego w artykule zaproponowano zastosowanie inteligentnych systemów agentowych w zdalnym nauczaniu, które stanowią istotne wsparcie dla kształcenia mieszkańców, decydentów, urzędników i obsługi. Relatywnie popularne są inteligentne agenty pedagogiczne IPAs (ang. *Intelligent Pedagogical Agents*). Oprogramowanie klasy IPAs jest projektowane w środowisku wirtualnym, które jest kluczowym medium stosowanym w edukacji mieszkańców. Zwłaszcza wizualizacja zapewnia efektywne doskonalenie umiejętności

współpracy oraz naukę na podstawie zdobywanych doświadczeń. W efekcie powstają przesłanki do aktywnego uczenia się mieszkańców.

Wirtualizacja procesu dydaktycznego wymaga znaczącego wsparcia informatycznego, odnosi się to do wykorzystania aplikacji cechujących się sztuczną inteligencją, w tym możliwości zwiększenia intensywności komunikacji ze „sztucznym” wykładowcą, który będzie zastępował rzeczywistego decydenta wówczas, kiedy mieszkaniec będzie tego potrzebował. Wdrożenie inteligentnego agenta programistycznego w zastosowaniu edukacyjnym wymusza spełnienie wielu wymagań w różnych aspektach. Po pierwsze, należy uwzględnić obszar nauczania. Inaczej przebiega interakcja z mieszkańcami w zależności od ich wieku i wykształcenia. Po drugie, istotne jest przygotowanie mieszkańca do pracy w środowisku wirtualnym. Nie każda osoba akceptuje sytuację, w której agent edukacyjny IPA korzysta z czatu tekstowego. Tego rodzaju *chatterboty* implementowane są pomocą języka *Arificail Intelligent Markup Language* AIML. W wielu wypadkach preferowany jest syntetyzator mowy. Istotną umiejętnością może być prowadzenie komunikacji niewerbalnej za pomocą animacji gestów.

Zdalne systemy edukacji z wykorzystaniem wirtualizacji zastosowano w kilku instytucjach edukacyjnych, co stwarza przesłanki do wnioskowania, że możliwe jest także prowadzenie szkoleń mieszkańców w *smart city*. W projekcie *Lila* zademonstrowano funkcjonowanie szkoleń w oparciu o środowisko wirtualne *Open Wonderland*. Projekt dydaktyczny zrealizowało konsorcjum składające się z ośmiu uniwersytetów i trzech firm.

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

## 2. Tradycyjne metody zdalnego szkolenia w miastach

Początki zdalnego szkolenia sięgają XVIII wieku, gdzie ze względu na brak nauczycieli, szkolono się poprzez wykorzystanie przesyłanych tradycyjną pocztą materiałów i zadań. Obecnie ta forma jest w dalszym ciągu podstawową metodą komunikacji między urzędem a mieszkańcami. Jeśli uchwała władz samorządu wymaga reakcji ze strony mieszkańców, np. złożenia deklaracji w określonym

terminie, to ta forma komunikacji jest lepsza niż zamieszczenie odpowiedniej uchwały na stronach www urzędu. W tym drugim wypadku wiele osób nie dowie się o konieczności złożenia deklaracji, a w konsekwencji nie uzyska wcześniej koniecznego uzasadnienia decyzji z niezbędnym objaśnieniem.

Znacznie efektywniejsza jest hybrydowa metoda interakcji, w której urząd informuje mieszkańców o decyzji z krótkim uzasadnieniem, a szczegółowe komentarze zamieszczone są na stronach sieciowych decydenta. Taka metoda poparta wysłaniem wiadomości e-mailowej oraz informacjami w lokalnej telewizji, radiu i prasie jest bardzo skuteczna.

Ze względu na rozpowszechnienie smartfonów wiele gmin w Polsce wprowadza dedykowane aplikacje mobilne do interakcji z mieszkańcami. Naturalnym ich rozwinięciem jest responsywny klient webowy na komputerze mieszkańca. W ten sposób rezydent jest informowany o wszystkich ważnych ze swojego punktu widzenia wydarzeniach w regionie [Xu i in., 2014: 430].

Zdalne kształcenie realizowane jest w większości uczelni wyższych. Coraz częściej elementy edukacji na odległość wprowadzane są także w szkołach średnich. Aplikacje zdalnego nauczania posiadają wiele przydatnych funkcji. Komercyjna platforma *Lotus Learning Space* firmy IBM wykorzystana w Portalu Ośrodka Kształcenia Na Odległość OKNO Politechniki Warszawskiej oferuje odczyt materiałów dydaktycznych, wysyłanie i odbiór poczty elektronicznej e-mail, rozwiązywanie zadań, wykonywanie raportów, projektów, konsultacje oraz dyskusje między wykładowcami a studentami [Portal Ośrodka Kształcenia Na Odległość, 2017]. Tego samego oczekuje się w odniesieniu do kooperacji między samorządem a mieszkańcami.

Niewątpliwie głównym zastosowaniem zdalnego nauczania jest kształcenie studentów oraz podnoszenie kwalifikacji pracowników. Kształcenie mieszkańców natomiast jest w początkowej fazie rozwoju. W Europie wirtualne samorządy funkcjonują już jako pewnego rodzaju filie przy rzeczywistych samorządach. Wdrożenie wirtualnego samorządu jest szansą rozwoju i poszerzenia oferty wspierania mieszkańców. Model *smart city* różni się od tradycyjnego modelu miasta tym, że istnieje konieczność budowy wydajnego systemu informatycznego. Istotne znaczenie ma zatrudnienie odpowiedniej kadry i inwestycje w nowoczesny sprzęt komputerowy. Atutem *smart city* jest mniejsze obciążenie tradycyjnej infrastruktury – mieszkaniec odwiedza urząd tylko w czasie poważnych problemów, z którymi się boryka.

Bardzo zaawansowane są szkolenia na odległość w firmach, szczególnie dużych korporacjach. Warto wymienić projekt E-Pracownik dla pracowników i kadry zarządzającej małych i średnich przedsiębiorstw. Oferta obejmuje kilkadziesiąt kursów informatycznych z obsługi komputera, aplikacji, programów biurowych a także szkolenia biznesowe i kursy *Cisco* przeznaczone dla administratorów systemów [Szkolenia z administrowania sieciami komputerowymi, 2017]. Natomiast firma Kaspersky Lab, która projektuje oprogramowanie antywirusowe, oferuje bezpłatny program szkoleniowy online w zakresie zrozumienia

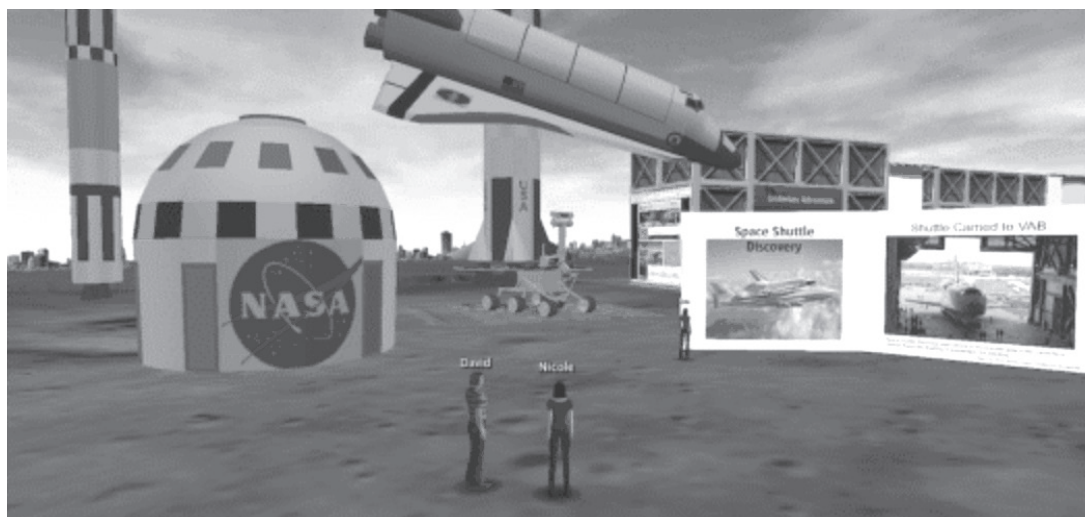


zasad działania aplikacji zwiększających bezpieczeństwo komputerów [Szkolenia z zakresu oprogramowania antywirusowego, 2017].

Nauka języka angielskiego online dla mieszkańców na różnych poziomach zaawansowania to dość podstawowa forma edukacji. Bardziej zaawansowana forma odnosi się do udostępnienia wirtualnych wypowiedzi ekspertów biznesowych „na życzenie” mieszkańca. Caspian Learning, umożliwia szkolenia online z wykorzystaniem technologii 3D, co pozwala wszechstronnie symulować środowisko, którego dotyczy szkolenie mieszkańców.

### 3. Inteligentne systemy agentowe do kształcenia mieszkańców

Mieszkaniec *smart city* chcący opanować kilka e-kursów odczuwa zazwyczaj brak kompetentnego wspomaganie. To, że nie może uzyskać konsultacji od urzędników czy nauczycieli o dowolnej porze jest zrozumiałe. Rolę inteligentnego przewodnika lub życzliwego partnera w nauce mogą właśnie wypełniać inteligentne agenty pedagogiczne IPAs, aktywizując, a także zwiększając interaktywność i zaangażowanie mieszkańców w wirtualnym środowisku *smart city*. W szczególności symulatory edukacyjne 3D oferują zaawansowaną wizualizację w połączeniu z możliwością współpracy z innymi mieszkańcami. Takimi właściwościami cechuje się Open Wonderland, który jest oprogramowaniem klasy *open source* napisanym w języku Java (rys. 1) [Jara-Roa i in., 2010: 217–222].



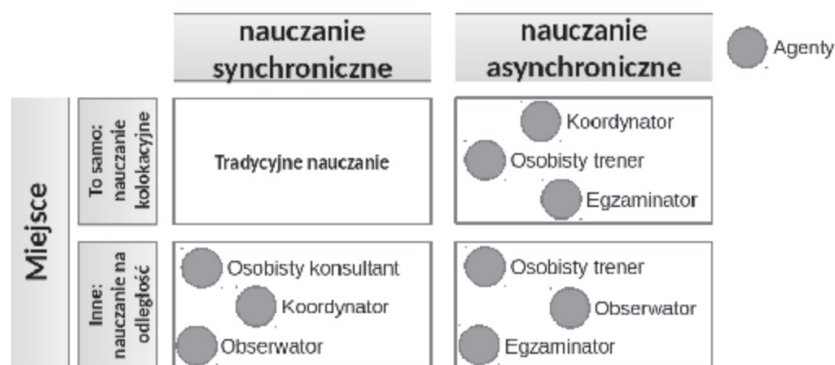
**Rysunek 1.** Wizualizacja wystawy promów kosmicznych NASA za pomocą Open Wonderland

Źródło: <http://mfeldstein.com/open-wonderland/>.

Metody pedagogiczne są kluczowymi determinantami, wpływającymi na interaktywność i serwis wsparcia dla mieszkańców, poprawiając pewność siebie mieszkańca, jego zaangażowanie w sprawy społeczności, a także zapewniając wsparcie w rozumieniu otoczenia.

W *e-learningu* awatar może reprezentować mieszkańca. Model gier komputerowych aktywizuje uczących się, wprowadza element rywalizacji i kooperacji, a także rekompensuje poczucie obowiązku na rzecz zadowolenia z zabawy.

Wykorzystanie inteligentnych systemów agentowych w szkoleniu mieszkańców jest szczególnie korzystne, gdy proces szkolenia przebiega w sposób asynchroniczny. Model ten nie wymaga równoczesnej obecności zaangażowanych stron, co znacznie poszerza grono potencjalnych odbiorców (rys. 2).



**Rysunek 2.** Rodzaje agentów programistycznych w odniesieniu do typu szkolenia i jego miejsca

Źródło: Opracowanie własne.

Jeśli natychmiastowy kontakt z trenerem nie jest możliwy, jego rolę mogą spełniać inteligentne agenty wspierające proces szkolenia. Moduły programowe, cechujące się autonomią, mobilnością oraz zdolnością zarówno do reaktywnych, jak i proaktywnych zachowań, są wykorzystywane w systemach eksperckich i mogą z powodzeniem pełnić rolę eksperta również w zdalnym szkoleniu mieszkańców [Agarwal i in., 2004]. Programowe komponenty są dostępne dla uczestników kursu o dowolnej, dogodnej dla mieszkańców porze.

Inteligentne agenty mogą działać w sposób spersonalizowany pod kątem wymagań mieszkańców. W systemach opierających się wyłącznie na kontakcie z trenerem takie dopasowanie do tempa i sposobu nauki każdego odbiorcy nie jest możliwe przy równoczesnym zachowaniu masowości przekazu, gdyż wymagałoby to indywidualnego podejścia trenera do każdego członka społeczności [Xu i in., 2014: 430-440].

Na podstawie informacji 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 i in., 2003: 159–163]. Pozwala to na poznanie elementów, które 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*). Pozwala to

na przekształcenie informacji na temat postępów odbiorcy, pozyskiwanych z platformy realizującej zdalne szkolenie, na akcje agenta, który ma ten proces wspomagać.

Wykorzystanie inteligentnych agentów w zdalnym szkoleniu, przynosi zatem wiele korzyści dla wszystkich interesariuszy zaangażowanych w ten proces. Nie tylko mogą one przejmować częściowo role urzędników, ale również wskazywać miejsca, gdzie kontakt odbiorcy z trenerem powinien zostać wzmocniony.

#### 4. Wybrane metody sztucznej inteligencji w *smart city*

Programowanie genetyczne w przypadku *e-learningu* mieszkańców jest używane w celu analizy danych nagromadzonych w trakcie działania systemu nauczania. Długotrwałe używanie takich systemów przez dużą liczbę mieszkańców 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 mieszkańców. Tak duży zasób informacji pozwala na ulepszenie kursów, a nawet dostosowanie ich pod kątem oczekiwań mieszkańców. Jednak „ręczna” ich analiza byłaby zbyt pracochłonna. Dlatego też w procesie przetwarzania takich danych używane jest właśnie programowanie genetyczne.

Jednym ze sposobów użycia programowania genetycznego jest opracowanie reguł związanych z kursem na podstawie zebranych danych. Reguły te mogą wskazywać na podobieństwo w zaawansowaniu uczącego się lub podobieństwo w tematyce różnych rozdziałów kursu. Reguły mogą być reprezentowane za pomocą zdań typu jeżeli-to, a do ich wygenerowania stosuje się programowanie genetyczne oparte o gramatykę. Do analizy wykorzystywane są takie dane, jak czas spędzony na odpowiednich częściach kursu lub ocena końcowa z testu. Na ich podstawie kurs można modyfikować tak, aby polepszyć jego skuteczność nauczania [Romero i in., 2005: 205–214].

Zastosowanie *e-learningu* pozwala na zebranie interesujących danych na temat interakcji między członkami społeczności. Zdolność sieci neuronowych do generalizacji i aproksymacji skomplikowanych funkcji oraz do modelowania złożonych relacji jest wykorzystywana na dwa sposoby [Susnea, 2010: 91]. Pierwszym sposobem wykorzystania sztucznych sieci neuronowych jest zastosowanie ich jako narzędzia do predykcji efektywności szkolenia [Sayed, Baker, 2015: 26–34]. Kolejnym sposobem wykorzystania sieci neuronowych jest użycie ich do analizy zachowań mieszkańców [Kolekar i in., 2010]. Przez zachowanie rozumiane są liczbowe dane dotyczące liczbyostępów do systemu, czasów logowania, a także preferowanego stylu uczenia (liczba wypowiedzi, odpowiedzi, czy wykonanych zadań). Podejście takie ma na celu opracowanie adaptacyjnego systemu *e-learningowego*, który mógłby mieszkańcom prezentować spersonalizowane kursy.

Począwszy od początku lat 90. zeszłego stulecia opracowano wiele metod uczenia genetycznego sieci neuronowych. Niektóre z nich to ewolucyjne modyfikowanie gramatyk konstruuujących sieci neuronowe, *Neuro-Evolution of Augmenting Topologies*, *Evolutionary Acquisitions of Neural Topologies* czy też *Interactively-Constrained Neuro-Evolution* [Stanley i in., 2005: 653]. Scholarpedia.org wymienia trzy główne zastosowania metod neuro-ewolucyjnych: problemy uczenia ze wzmacnianiem w ciągłej domenie, tworzenie inteligentnych i uczących się agentów w środowisku wirtualnym oraz symulowanie problemów.

Nowoczesne systemy zdalnego szkolenia mieszkańców mogą stosować symulację w postaci mini-gier. Dzięki aktywizacji mieszkańca zapamiętanie materiału jest o wiele trwalsze, a proces szkolenia staje się ciekawszy. Metody neuro-ewolucyjne pozwalają w takich grach na dostosowywanie i samouczenie się elementów sterowanych przez komputer.

Stanley et al opisali grę NERO (ang. *Neuroevolving Robotic Operatives*), na podstawie której zaprojektowano platformę OpenNERO (rys. 3). Opisaną grę dzielą tylko niewielkie modyfikacje w kierunku symulatora typowych sytuacji w mieście. 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*). Początkową wiedzę agentów sterowanych przez komputer można zazwyczaj przedstawić w postaci skończonej maszyny stanów. Co kilka pokoleń w celu zachowania początkowej wiedzy dziedzinowej do zbioru uczonych sieci neuronowych jest dodawana sieć neuronowa wygenerowana na podstawie maszyny stanów [Balicka, 2014: 1].



Rysunek 3. Ekran gry NERO

Źródło: <http://www.pearltrees.com/u/9125647-evolving-robotic-operatives>.

Maszyna wektorów wspierających (ang. *Support Vector Machine* – SVM) jest metodą uczenia maszynowego wykorzystywaną do klasyfikacji czy regresji. SVM umożliwia osiągnięcie bardzo obiecujących rezultatów 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. Wykorzystywana jest również w zakresie wspomaganie e-learningu. Badania empiryczne pokazały także, że maszyna wektorów nośnych świetnie radzi sobie z niewielką próbką danych treningowych oraz ma bardzo dobre właściwości uogólniające (jest stosunkowo odporna na problem nadmiernego dopasowania).

SVM znajduje zastosowanie w wielu różnych aspektach związanych z e-kształceniem mieszkańców. Gong i Wang skonstruowali SVM do dostosowywania treści prezentowanych przez platformy e-learningowe do preferencji użytkownika [Gong, Wang, 2011: 223]. Zazwyczaj przyjmuje się hipotezę, że każdy uczący się cechuje się indywidualnym podejściem do procesu uczenia [Balicki i in., 2016: 21]. Jedni preferują graficznie przedstawiane informacje, podczas gdy inni efektywniej przyswajają tekst. Niektórzy wolą podejście od szczegółowych informacji do ogólnych, pozostali natomiast wręcz odwrotnie.

Zaproponowano metodę wykorzystującą SVM do klasyfikacji preferencji mieszkańców w zakresie sposobu przyswajania nowej wiedzy. Uwzględnia się: rodzaj treści wybierany przez mieszkańca (np. tekst, wideo, grafika), sekwencję wybieranych treści (np. treści szczegółowe, treści ogólne) oraz czas nauki. Za pomocą SVM możliwe było takie prezentowanie wiedzy, które odpowiada indywidualnym preferencjom użytkownika, a co za tym idzie proces e-kształcenia jest bardziej efektywnym.

Pawar i Sonkar wykorzystali SVM jako narzędzie do wspomaganie automatycznej selekcji pytań zadawanych podczas szkolenia [Pawar, Sonkar, 2013: 123]. Metoda polega na klasyfikacji pytań kierowanych do prelegenta przez słuchaczy za pomocą krótkich wiadomości tekstowych. Sposób, w jaki pytania są kierowane do prowadzącego, pozwala przenieść te doświadczenia na grunt platform e-learningowych. Liczba pytań, jakie mogą pojawić się podczas rzeczywistego wykładu, czy też podczas pracy z materiałami, może być duża. Mając na uwadze liczbę pytań, urzędnik ze względu na ograniczenia czasowe, zazwyczaj nie jest w stanie odpowiedzieć na wszystkie z nich. Tu pojawia się potrzeba automatycznego wspomaganie selekcji najbardziej istotnych pytań.

Pawar oraz Sonkar zaproponowali metodę opierającą się na maszynie wektorów nośnych, która klasyfikuje pytania wg ich istotności. Czynniki brany pod uwagę są 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 mieszkańców często jest bardzo wielu, a niewielu nauczycieli, może w znaczący sposób podnieść jakość komunikacji na linii samorząd-mieszkaniec.

Particle Swarm Optimization, Ant Colony Optimization, jak i Artificial Bee Colony należą do tej samej grupy tzw. algorytmów inteligencji roju (ang. *swarm intelligence*). Chociaż algorytmy te w znaczący sposób różnią się od siebie – różne idee i inspiracje przyświecały ich twórcom, to posiadają wspólny zestaw charakterystyk, dzięki którym można mówić o nich jako tej samej grupie. Wszystkie one opierają się na pracy wykonywanej przez niezależne, niezarządzane odgórnie agenty. Działają one w sposób autonomiczny, bez odgórnie zdefiniowanego planu czy zarządzania przez jednostkę nadrzędną. Poszczególne agenty nie ograniczają się jednak do wykorzystania własnej wiedzy, a decyzje podejmują uwzględniając doświadczenia całego roju. W przypadku każdego z omawianych algorytmów, ich autorzy inspirację czerpali z natury.

W przypadku algorytmu kolonii mrówek ACO, Dorigo czerpał inspirację z zachowania mrówek pozostawiających ślad feromonowy tak, aby inne osobniki podążały jak najkrótszą drogą z mrowiska do źródła pokarmu [Dorigo, Gambardella, 1997: 53]. Natomiast Karaboga w algorytmie kolonii pszczół (ABC) modelował organizację pracy pszczół [Karaboga, 2005: 12]. Każda sztuczna pszczoła traktowana jest jako agent reaktywny i ma przydzieloną rolę. Komunikacja zachodzi za pomocą „tańca” pszczół skautów (ang. *waggle dance*). W przypadku algorytmu roju cząstek PSO Kennedy i Eberhart wzorowali się na ruchu stada ptaków, w którym każdy osobnik przemieszcza się z prędkością będącą wypadkową doświadczeń swoich, jak i całego stada [Kennedy, Eberhart, 1995: 1942].

Wachlarz zastosowań metaheurystyk PSO, ACO i ABC jest bardzo szeroki, a ich implementacje mogą się znacząco różnić. Algorytmy znajdują zastosowanie także w e-kształceniu. Cui, Potok i Palathingal zaproponowali wykorzystanie kombinacji algorytmów PSO i K-means do klasteryzacji dokumentów tekstowych, wspierając ich organizację oraz ułatwiając nawigację użytkownikowi [Cui i in., 2005: 223]. Wykazali, że za pomocą PSO można unikać sytuacji, w których algorytm klasteryzujący generuje jedynie rozwiązanie optymalne lokalnie.

Kurilovas, Zilinskiene i Dagiene zaproponowali metodę opartą o ACO do rekomendacji ścieżek nauczania dla uczących się mieszkańców [Kurilovas i in., 2014: 550]. Metoda oferuje spersonalizowane podejście do nauczania, gdzie uwzględnia się charakterystyki i potrzeby członków lokalnych społeczności, w szczególności ich styl uczenia się. Ciekawym rozwiązaniem jest zaproponowany przez Hsu, Chen, Huang i Huang system rekomendacji materiałów pomocniczych [Hsu i in., 2012: 1506]. Autorzy zauważyli, że platforma społecznościowa Facebook jest często wykorzystywana jako platforma wspierająca e-kształcenie i dlatego zaproponowana metoda, oparta o algorytm kolonii pszczół ABC, wspiera mieszkańców poprzez rekomendowanie tych materiałów dostępnych na platformie, które odpowiadają stylowi uczenia się, oczekiwanemu poziomowi trudności czy zainteresowaniom. Autorzy wykazują, że dzięki ABC wygenerowanie rekomendacji odbywa się w akceptowalnym czasie, a uzyskane wyniki są zbliżone do optymalnych.

## 5. *Cloud computing w e-learningu w smart city*

*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 [Balicki i in., 2013: 1]. Każdy uczestnik takich zajęć może na przykład otrzymać dostęp do maszyny wirtualnej, odpowiednio dopasowanej do wymogów zadania, która będzie posiadała zainstalowane aplikacje potrzebne do realizacji laboratorium. Za pomocą wirtualizacji istnieje możliwość wglądu w postęp nauki każdego uczestnika oraz możliwość szybkiej reakcji na niepowodzenia w realizacji zadań, które mogą skutkować znacznym opóźnieniem w stosunku do całej społeczności aglomeracji [Dukhanov, 2014: 2472].

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 społeczności w *smart city*. 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 mieszkańiec będzie miał szansę zetknięcia się z obsługą danego urządzenia i przetwarzaniem wyników uzależnionym od wprowadzonych ustawień.

Na szeroką skalę jest wykorzystywana możliwość udostępniania aplikacji webowych. Jednak tego typu aplikacje mają swoje ograniczenia obliczeniowe, ponieważ najczęściej są wykonywane na maszynie serwerowej. Przetwarzanie w chmurze udostępnia kolejny model o nazwie SaaS (*Software as a Service*), za pomocą którego eliminowane są ograniczenia związane z możliwościami obliczeniowymi aplikacji webowych.

Powyższe możliwości prowadzą do projektowania nowego rodzaju aplikacji e-learningowych, które wykorzystują znane dotychczas mechanizmy systemów nauczania na odległość oraz mechanizmy chmury obliczeniowej. W ten sposób można przeprowadzić kursy szkoleniowe i adaptacyjne mieszkańców składające się nie tylko z wykładów, ale i niezbędnych symulacji praktycznych, a nawet zajęć laboratoryjnych.

## 6. Wnioski i uwagi

W pracy omówiono inteligentne systemy agentowe, które zastosowano do wspierania zdalnego szkolenia mieszkańców. Odniesiono się do zastosowania wybranych paradygmatów sztucznej inteligencji w tym zakresie, a także omówiono udogodnienia przetwarzania w chmurze wspierającej *smart city*.

Podkreślono istotną rolę nauczania na odległość w odniesieniu do lokalnych społeczności. W tym wypadku nie chodzi o wykształcenie specjalistów, a raczej wspieranie mieszkańców w ich codziennym życiu za pomocą identyfikacji ich potrzeb, w celu podejmowania najlepszych decyzji w sensie społecznym oraz indywidualnym. Dąży się również do pełnego poinformowania społeczeństwa o szczegółach procesów, zachodzących w najbliższym otoczeniu, a także do kolektywnego podejmowania decyzji i wskazywania kierunków rozwoju *smart city*.

Interesujący kierunek dalszych badań to rozwinięcie, weryfikacja i implementacja wybranych koncepcji sztucznej inteligencji pod kątem efektywnego wspierania e-learningu mieszkańców inteligentnych miast.

## Literatura

- Agarwal R., Deo A., Dasm S., 2004, *Intelligent agents in E-learning*, ACM SIGSOFT Softw. Eng. Notes, 29, 2, March.
- Balicka H., Balicki J., Korłub W., Paluszak J., Zadroga M., 2014, *Superkomputery do wspomaganie procesów gospodarczych ze szczególnym uwzględnieniem sektora bankowego*, „Współczesna Gospodarka”, Vol. 4, Issue 5.
- Balicki J., Beringer M., Dryja P., Korłub W., Paluszak J., Przybyłek P., Tyszka M., Zadroga M., Zakidalski M., 2015, *Inteligentne systemy agentowe w systemach zdalnego nauczania*. „EduAkcja. Magazyn edukacji elektronicznej”, nr 1 (9).
- Balicki J., Dryja P., Korłub W., Przybyłek P., Tyszka M., Zadroga M., Zakidalski M., 2016, *Metody neuronowe do prognozowania finansowego*, „Współczesna Gospodarka”, Vol. 7, No. 2.
- Balicki J., Przybyłek P., Zadroga M., Zakidalski M., 2013, *Sztuczne sieci neuronowe oraz metoda wektorów wspierających w bankowych systemach informatycznych*, „Współczesna Gospodarka”, Vol. 4.
- Balicki J., 2015, *Wybrane paradygmaty sztucznej inteligencji w informatycznych systemach finansowych*, „Współczesna Gospodarka”, Vol. 6, No. 4.
- Batty M., Axhausen K., Giannotti F., Pozdnoukhov A., Bazzani A., Wachowicz M., 2012, *Smart cities of the future*, „The European Physical Journal Special Topics”, Vol. 214.
- Caragliu A., Del Bo C., Nijkamp P., 2009, *Smart cities in Europe*. Series Research Memoranda, VU University Amsterdam, Faculty of Economics, Business Administration and Econometrics.
- Cui X., Potok T.E., Palathingal P., 2005, *Document clustering using particle swarm optimization*, Swarm Intelligence Symposium.
- Dorigo M, Gambardella L.M., 1997, *Ant colony system: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem*. IEEE Trans Evolutionary Comput.
- 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”, Vol. 29.
- Gâlea D., Leon F., Zaharia M.H., 2003, *E-learning Distributed Framework using Intelligent Agents*, [w:] red. M. Craus, D. Gâlea, A. Valachi, *New Trends in Computer Science and Engineering*, Anniversary Volume, Department of Computer Engineering, Faculty of Automatic Control and Computer Engineering, Technical University Gh. Asachi, Polihrom Press, Iași.



- Gong W., Wang W., 2011, *Application of support vector machine in e-learning for personality*, IEEE International Conference on Cloud Computing and Intelligence Systems, 15–17 Sept., Beijing.
- Hsu C., Chen H., Huang K., Huang Y., 2012, *A personalized auxiliary material recommendation system based on learning style on Facebook applying an artificial bee colony algorithm*, Computers & Mathematics with Applications, Vol. 64, Issue 5.
- Jara-Roa D., Valdiviezo-Díaz P., Agila-Palacios M., 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.
- Kanter R., Litow S., 2009, *Informed and interconnected: A manifesto for smarter cities*. Harvard Business School, General Management Unit, Working Paper.
- Karaboga D., 2005, *An Idea Based On Honey Bee Swarm for Numerical Optimization*, Technical Report-TR06, Erciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering Department.
- Kennedy, J.; Eberhart, R., 1995, *Particle Swarm Optimization*, Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks.
- Kolekar S. V., Sanjeevi S. G., Bormane D. S., 2010, *Learning Style Recognition using Artificial Neural Networks for Adaptive User Interface in e-Learning*, IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research.
- Kurilovas E., Zilinskiene I., Dagiene V., 2014, *Recommending suitable learning scenarios according to learners' preferences: An improved swarm based approach*, „Computers in Human Behavior”, Vol. 30.
- 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, Volume 3, Issue 7, July.
- Portal Ośrodka Kształcenia Na Odległość OKNO Politechniki Warszawskiej, 2017 <http://www.okno.pw.edu.pl> (dostęp: 1.07.2017)
- 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.
- Sayed M., Baker F., 2015, *E-Learning Optimization Using Supervised Artificial Neural-Network*, Journal of Software Engineering and Applications.
- Stanley K. O., Bryant B. D., Miikkulainen R., 2005, *Real-time neuroevolution in the NERO video game*, „IEEE Transactions on Evolutionary Computation”, Vol. 9, Issue 6, December.
- Susnea E., 2010, *Using Artificial Neural Networks in e-Learning Systems*, „U.P.B. Sciences Bulletin”, Series C, Vol. 72, Issue 4.
- Szkolenia z administrowania sieciami komputerowymi, 2017, <http://www.cisco.com/web/PL/seminaria/epracownik.html/> (dostęp: 22.06.2017).
- Szkolenia z zakresu oprogramowania antywirusowego, 2017, <http://support.kaspersky.com/learning/courses/> (dostęp: 22.06.2017).
- Winiarski J., 2014, *Ryzyko w działalności gospodarczej przedsiębiorstw*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Hsu C., Chen H., Huang K., Huang Y., 2012, *A personalized auxiliary material recommendation system based on learning style on Facebook applying an artificial bee colony algorithm*, „Computers & Mathematics with Applications”, Vol. 64, Issue 5.

Xu D., Huang W., Wang H., Heales J., 2014, *Enhancing e-learning effectiveness using an intelligent agent-supported personalized virtual learning environment. An empirical investigation*, „Information & Management”, Vol. 51, Issue 4, June.

## METHODS AND APPLICATIONS FOR REMOTE TRAINING OF CITIZENS OF SMART CITIES

### SUMMARY

The development of smart cities requires a new way of education for some local communities. For this reason, the paper outlines the methodology of using remote citizenship training systems in smart city. In particular, some selected e-learning applications have been characterized to support the development of intelligent cities. They are related to some smart development agents in e-learning. In addition, an advanced meta-heuristics were introduced with particular emphasis on genetic programming, artificial neural networks, neuro-evolution algorithms, support vector machines, and some collective intelligence algorithms. Finally, cloud services are discussed due to supporting smart city management and training.

**Keywords:** smart city, artificial intelligence, e-learning.

