

Autoreferat
do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

***Wykorzystanie technologii informacyjnych do modelowania
i monitorowania jakości procesu dydaktycznego***

Imię i nazwisko : Paweł Plaskura

Miejsce zatrudnienia : Zakład Pedagogiki Wczesnoszkolnej i Przedszkolnej oraz Metodologii Badań Społecznych

Wydział Nauk Społecznych, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Filia w Piotrkowie Trybunalskim, ul. Słowackiego 114/118, 97-300 Piotrków Trybunalski

Dyplomy/stopnie naukowe :

2002 doktor nauk technicznych w zakresie elektroniki, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej

Kierowana zdarzeniami symulacja systemów analogowych o opisie behawioralnym

Promotor: *dr hab. inż. Jan Ogrodzki*

Recenzenci: *prof. dr hab. inż. Wiesław Kuźmich, prof. dr hab. inż. Jerzy Janusz Dąbrowski*

1995 magister inżynier elektroniki, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej

Interakcyjne narzędzie do wizualizacji obszarów sprawności układów liniowych - projektowanie, implementacja i badanie wybranych układów.

Promotor: *dr inż. Jan Ogrodzki*

Zatrudnienie w jednostkach naukowych :

2002-... Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach Filia w Piotrkowie Trybunalskim, ul. Słowackiego 114/118, 97-300 Piotrków Trybunalski kolejno w jednostkach:

2018-... Zakład Pedagogiki Wczesnoszkolnej i Przedszkolnej oraz Metodologii Badań Społecznych

2012-2018 Pracownia Informatyki

2008-2012 Pracownia Informatyki (Kierownik)

2006-2008 Studium Informatyczne (Kierownik)

2005-2006 Międzywydziałowy Zakład Informatyki (Kierownik)

2004-2005 Zakład Mediów (Kierownik)

2002-2004 Zakład Mediów

Inna działalność :

2018-... Koordynator Wydziałowy ds. e-learningu

2015-... Koordynator Wydziałowy Systemu *Pol-On*

- 2014-2017** Członek Zarządu: *Fundacja na rzecz rozwoju dydaktyki i nauki Filii Akademii Świętokrzyskiej w Piotrkowie Trybunalskim*
- 2010-2011** Pomysłodawca i kierownik projektu *EduPro - Nowoczesne Technologie w Oświacie*
- 2010-2011** Pomysłodawca i organizator konferencji naukowej: *Technologie Informacyjne w Dydaktyce i Zarządzaniu Oświatą* w 2010 i w 2011 roku
- 2010-2012** Koordynator programu *IT Academy*
- 2010-2011** Egzaminator *ECDL*
- 2005-2008** Prodziekan *Wydziału Nauk Społecznych UJK*
- 2005-2008** Członek *Senatu Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach*
- 2005-2007** Członek *Forum Pełnomocników Rektorów Wyższych Szkół Pedagogicznych ds. komputeryzacji procesu dydaktycznego*
- 2005-2007** Opiekun naukowy Studenckiego Koła Naukowego *Virus*,
- 2003-2004** Opiekun grupy artystycznej *Drzwi*
- 2003-2004** Członek *Zespołu ds. komputeryzacji Działów Nauczania i Dziekanatów*
- 2003-2007** Koordynator programu *ECTS/Socrates Erasmus*
- 2002-2012** Opiekun i administrator pracowni komputerowych
- 2003-...** Administrator serwerów *Linux* i platform e-learningowych *Moodle* oraz *Quela*

Spis treści

1	Wskazanie osiągnięcia naukowego	4
2	Omówienie celu naukowego prowadzonych prac i ich możliwego wykorzystania	5
2.1	Monitorowanie procesu dydaktycznego	5
2.2	Rozwój systemów symulacji	11
2.3	Podsumowanie	12
2.4	Kierunki dalszych prac	14
2.5	Wpływ spodziewanych rezultatów na rozwój nauki	14
3	Inne pośrednie efekty prac	15

1 Wskazanie osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem stanowiącym podstawę wniosku habilitacyjnego określonym w art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 18 marca 2011 roku o zmianie ustawy - *Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz zmianie niektórych ustaw* (Dz. U. nr 84, poz. 55) jest monografia i artykuły (punkt 1) oraz oryginalne osiągnięcia projektowe i zrealizowane systemy informatyczne (punkt 2).

Zgodnie z punktem 1) (*dzieło opublikowane w całości lub w zasadniczej części, albo cykl publikacji powiązanych tematycznie*) wskazuję następujące monografię naukową:

1. P. Plaskura, *Wykorzystanie technologii informacyjnych do modelowania i monitorowania jakości procesu dydaktycznego (The use of information technology for modelling and monitoring the quality of the didactical process)*. Piotrków Trybunalski: Wydawnictwo Uniwersytetu Jana Kochanowskiego, 2018, ISBN: 978-83-7726-148-4

Zgodnie z punktem 2) (*zrealizowane oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne*) wskazuję zaprojektowane i zrealizowane systemy informatyczne:

1. system obsługi zarządzania procesem dydaktycznym *Quela*,
2. symulator mikrosystemów *Dero* wykorzystany w procesie symulacji i monitorowania procesu dydaktycznego.

Zakres tematyczny obejmuje szereg różnorodnych zagadnień zarówno teoretycznych jak i praktycznych przede wszystkim z pedagogiki (dydaktyki) jako głównego zastosowania opracowanych zagadnień, częściowo psychologii, a także informatyki, matematyki, metod numerycznych i elektroniki. Dorobek ma charakter wysoce interdyscyplinarny i stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny pedagogika poprzez opracowanie przede wszystkim metody opisu i intuicyjnej reprezentacji procesu dydaktycznego w postaci schematów oraz zastosowania do analizy procesu technologii informacyjnych i symulatora mikrosystemów. Otwiera się tym samym droga do rozwoju dziedziny związanej z szeroko rozumianymi symulacjami w procesie dydaktycznym. Tym samym wypełniona jest przesłanka zawarta w art. 16 ust. 1 ustawy. Opracowanie ww. zagadnień wymagało zajęcia się szeregiem zagadnień szczegółowych, obejmujących m.in.:

- opracowanie środowiska edukacyjnego z wykorzystaniem tzw. analogii [2–4],
- zastosowanie sieci do modelowania procesu dydaktycznego,
- opracowanie i implementacja modeli elementów sieci w języku *MDL (ang. Model Definition Language)* [5],
- wykorzystanie symulatora *Dero* do monitorowania procesu dydaktycznego (modelowanie, symulacja i optymalizacja wielokryterialna),
- projektowanie i implementacja zintegrowanego środowiska zarządzania procesem dydaktycznym *Quela* [6].

Omówione powyżej systemy zostały przeze mnie zaprojektowane i zrealizowane. Opracowanie narzędzi badawczych wymagało poniesienia bardzo dużych nakładów pracy. Koszty realizacji zostały przeze mnie sfinansowane ze środków prywatnych.

2 Omówienie celu naukowego prowadzonych prac i ich możliwego wykorzystania

Moje prace obejmują zagadnienia z zakresu nauk społecznych (pedagogika) i technicznych. W dziedzinie nauk społecznych zajmuję się zagadnieniami monitorowania procesu dydaktycznego, a w szczególności zagadnieniami modelowania, symulacji i optymalizacji wielokryterialnej procesu dydaktycznego z wykorzystaniem symulatora mikrosystemów. W dziedzinie techniki zajmuję się rozwojem systemów symulacji oraz zagadnieniami implementacji niezawodnych algorytmów (także numerycznych) w aspekcie ich wykorzystania w pedagogice.

2.1 Monitorowanie procesu dydaktycznego

Zagadnienia efektywności procesu kształcenia są w moim kręgu zainteresowań od dawna. Związane jest to m.in. z moim doświadczeniem dydaktycznym oraz stosowanymi technikami podnoszenia efektywności uczenia się. Od lat obserwuję zmiany zachodzące w szkolnictwie wyższym.

Monitorowanie procesów dydaktycznych staje się coraz ważniejsze ze względu na zachodzące zmiany związane z technikami komunikowania się i podejściem do kwestii pozyskiwania i wykorzystywania informacji. Duży wpływ na współczesną edukację ma rozwój systemów określanych jako *Web 2.0* [7, 8]. Zmiany te wymuszają zmiany w innych dziedzinach, także w dziedzinie pedagogiki (*Pedagogika 2.0* [9]) czy edukacji (*Edukacja 2.0* [10, 11]). Doprowadziło to do zmian w kształceniu i zastosowanie kształcenia zdalnego.

Kształcenie zdalne z wykorzystaniem nowoczesnych technologii posiada trzy podstawowe cechy, określane jako *3J*: *ang. just for me* - kształcenie spersonalizowane, *ang. just in time* - elastyczne czasowo, *ang. just enough* - kształcenie w stopniu wystarczającym. Niestety pomimo istotnych zalet kształcenia zdalnego dalej pozostaje problem projektowania i przewidywania efektywności. Zauważono, że efektywność szkoleń prowadzonych tylko w systemie zdalnym (bez udziału prowadzącego - *tutora*) często jest niezadowalająca¹. Jest to silnie uzależnione od indywidualnych cech oraz motywacji uczących się. Dlatego obecnie rozwija się różne metody, które mają motywować - np. wykorzystanie gier. Dużo lepsze efekty dają szkolenia mieszane [12] (*ang. blended learning, b-learning*), z częściowym kontaktem z prowadzącym (*ang. tutorem*). Z tego powodu platformy e-learningowe wyposażono w rozbudowane systemy raportowania i śledzenia aktywności użytkowników. Stosowane są także techniki *Big Data* [13].

Niektóre systemy umożliwiają podnoszenie efektywności dzięki wprowadzeniu indywidualizacji kształcenia przez dobór ścieżek kształcenia (Panadero, Pardo, Panadero i Andreas [14]). Brakuje natomiast systemów do projektowania i symulacji szkoleń pod kątem zapewnienia efektywności.

Formalizacja opisu procesów poznawczych jest trudnym problemem badawczym. Analiza modeli z obszarów zarządzania wiedzą, pedagogiki i dydaktyki pokazuje ich ograniczenia pod względem zdolności obliczeń matematycznych i logicznych. Głównym powodem są trudności z uzyskaniem wysokiej jakości danych opisujących badane procesy. Ostatnimi laty trend ten odwraca się ze względu na zastosowanie technologii *Big Data* [15, 16] i neuroanaliz. Głównym ograniczeniem jest jednak opis jakościowy, a nie ilościowy omawianych procesów.

Przedstawione w pracy podejście jest oryginalnym rozwiązaniem problemów badawczych. Sformalizowanie opisu i wykorzystanie systemów symulacji umożliwia efektywne projektowanie procesów dydaktycznych. Umożliwia redukcję kosztów prowadzenia procesu oraz przewidywanie efektów.

¹Interesujący może być blog <http://blog.2edu.pl/2015/11/blended-learning-co-to-jest.html> lub dyskusje podczas różnych konferencji TIDZO 2011.

Przedstawione zagadnienia formalizacji procesów poznawczych zostały zastosowane w procesie dydaktycznym. Mogą być jednak zastosowane także w innych dziedzinach, gdzie procesy poznawcze odgrywają ważną rolę, np. w projektowaniu i monitorowaniu procesów produkcyjnych, w projektowaniu infrastruktury komunikacyjnej i innych.

Motywacja do podjęcia prac Motywacją do podjęcia prac były doświadczenia związane z osiąganiem słabych wyników procesu dydaktycznego, pomimo dużych nakładów pracy i zastosowania nowoczesnych technologii. Należało zadać pytanie: *Jakie są przyczyny tego zjawiska?* Do głównych problemów można tu zaliczyć:

- Niewystarczającą efektywność monitorowania i modelowania procesu dydaktycznego. W tradycyjnych modelach słabo uwzględnione są specyficzne cechy procesu uczenia i zapominania.
- Niska aktywność i motywacja.
- W niewielkim stopniu wykorzystywanie indywidualizacji procesu kształcenia.
- Brak odpowiednio sformalizowanego opisu procesu dydaktycznego z wykorzystaniem nowoczesnych technologii.

Wraz z rozwojem systemów zdalnego nauczania pojawiła się możliwość śledzenia aktywności studentów i pojawiła się możliwość analizy tego zjawiska. Niestety, nie byłem w stanie pozyskać odpowiednich danych. To skłoniło mnie do stworzenia własnego systemu [17] i zebrania odpowiednich danych.

Analizując literaturę z dziedziny problemu stwierdziłem, że modelowanie procesu dydaktycznego można znacznie uprościć. Stosując rozwijane przeze mnie oprogramowanie oraz wiedzę z dziedziny symulacji układów elektronicznych i mikrosystemów zająłem się problematyką opisu procesu dydaktycznego z wykorzystaniem symulatora mikrosystemów. Zyskiem z zastosowania symulatora mikrosystemów jest dostęp do wielu zaawansowanych metod analizy rozwijanych od lat 70-tych XX wieku na potrzeby elektroniki. W latach 90-tych XX wieku opracowane metody oraz oprogramowanie zastosowano w innych dziedzinach. Było to możliwe dzięki zastosowaniu zasady analogii (Senturia [2] [4], Gabbay i Senturia [3]). Spowodowało to istotny postęp w tych dziedzinach.

Podstawową rolę w procesie dydaktycznym odgrywają procesy uczenia i zapominania, które opisywane są za pomocą krzywych uczenia i zapominania [18–20]. Krzywe uczenia i zapominania jako pierwszy wyznaczył w XIX wieku Hermann Ebbinghaus [18, 21, 22].

Krzywa ta bardzo szybko opada i po około 5 dniach pozostaje około 25% wiedzy. Dalszy spadek jest wolniejszy. Po 30 dniach pozostaje około 20% wiedzy. Krzywa ta jest do dzisiaj przedmiotem badań.

Omawiane krzywe są rozwiązaniami odpowiednich równań różniczkowych. Ich forma i współczynniki pozwalają dopasować wartości do uzyskanych danych pomiarowych. Krzywe te opisują dynamiczny model aktywności mózgu w sferze uczenia się. Różne funkcje są używane do opisu krzywych, np.: potęgowe lub wykładnicze [20]. Zaawansowane prace nad wykorzystaniem krzywych zapominania w procesie uczenia prowadzone były w Polsce już w latach 80-tych XX wieku. Zagadnieniami tymi zajmowali się twórcy (Woźniak, Gorzelańczyk i Murakowski [23]) znanego algorytmu do wyznaczania powtórek materiału o nazwie SuperMemo [24] oraz programu o tej samej nazwie [25]. Program ten był bardzo popularny w latach 90-tych XX wieku i do dzisiaj dostępny jest na rynku. Na przestrzeni lat rozwinięto wiele mniej lub bardziej udanych wersji algorytmu. Algorytmy te wykorzystują wykładnicze krzywe zapominania. Dobór parametrów oraz postać równań zostały ustalone na podstawie badań statystycznych. Celem algorytmów jest wyznaczenie kolejnego czasu powtórki, wtedy gdy materiał jest na granicy zapomnienia. Do dzisiaj jest to chyba najdoskonalszy algorytm stosowany w praktyce.

Niestety algorytm ten jest dość skomplikowany, a sam program rozwijany jest w środowisku MS Windows. Aplikacja SuperMemo dostępna jest na rynku komercyjnym i wykorzystywana jest przede wszystkim do nauki języków. Na pierwszych wersjach algorytmu wzorują się twórcy wielu innych, często darmowych programów, np. Anki [26].

Krzywe uczenia i zapominania wykorzystywane są także w zarządzaniu procesami produkcji. Nabycie odpowiednich umiejętności przez pracowników i wielokrotne powtarzanie określonych czynności powoduje podnoszenie efektywności wykonywanych zadań. Przekłada się to wprost na efekty finansowe. Zagadnieniami tymi zajmowali się m.in. Anderson [27], Adler i Clark [28], Pananisiwami i Bishop [29], Nembhard i Uzumeri [30], Nembhard i Osothsilp [31], Vits i Gelders [32], Hamade, Artail i Jaber [33], Jaber i Saadany [34], Janiak i Rudek [35], Wahab i Jaber [36]. W pracach [37, 38] krzywa zapominania była odwzorowywana w postaci funkcji wykładniczej i funkcji potęgowej. Zwiększenie efektywności uczenia starano się podnieść poprzez stosowanie powtórek materiału (Panadero, Pardo, Panadero i Andreas [14]). Powtórki powinny być maksymalnie odsunięte w czasie, najlepiej gdy materiał jest na granicy zapomnienia.

Na platformach nauczania zdalnego stosowane są algorytmy doboru ścieżek kształcenia (np. dawna platforma WebCT [39]). Brakuje jednak systemów do projektowania procesu dydaktycznego. Projektowanie procesu dydaktycznego powinno odbywać się w oparciu o właściwości związane z procesami uczenia i zapominania, które związane są zarówno ze sposobem funkcjonowania mózgu jak i jego strukturą. Tego typu struktury modelowane są za pomocą sieci neuronowych (Alkon [40]).

Pod względem budowy mózg jest układem elektryczno-chemicznym, złożonym z komórek nerwowych - neuronów (Thompson [41], Kuffler, Nicholls i Martin [42]). Działanie komórek mózgowych opisywane jest jako układy RC (układ elektroniczny). Prace takie były prowadzone w Berkeley (Gerstner i Kistler [43]²).

Komórki mózgowe tworzą pewną sieć neuronową, która się uczy przez zmianę siły oddziaływania neuronów na siebie (neuroprzekaznictwo) oraz zmianę swej struktury dzięki tworzeniu się nowych neuronów (w niewielkim stopniu). Zastosowaniem sieci neuronowych wzorowanych na mózgu zajmowało się wielu badaczy, np. Gu, Shen i Huang [44]. Mają one duże praktyczne znaczenie. Pozostałymi zagadnieniami związanymi z tematyką pracy zajmuje się wielu badaczy. Zagadnieniami modelowania matematycznego funkcji mózgu zajmowali się m.in. Beckerman [45], Farrand, Hussain i Hennessy [46]. Problemem modelowania procesu uczenia się i zapominania na podstawie różnych danych zajmowali się m.in. Anil, Hong i Pankanti [47], Bekele i Menzel [48], Jonsson, Johns, Mehranian, Arroyo, Woolf, Barto, Fisher i Mahadevan [49], Lopez, Luna, Romero i Ventura [50], Marton i Saljo [51], Pardos, Baker, Gowda i Heffernan [52], Bauer, Gmytrasiewicz i Vassileva [53], Fioretti [54], Gardner [55], Juszczak [56][57]. Zagadnieniami modelowania i projektowania procesu dydaktycznego zajmowali się m.in. Bergin [58], Panadero, Pardo, Panadero i Andreas [14], Baker, Pardos, Gowda, Nooraei i Heffernan [59], Buckingham i Deakin [60], Mislevy, Behrens i Dicerbo [61], Horton [62], Gagne, Wager, Golas i Keller [63]. Taksonomią w procesach uczenia zajmowali się m.in. Bloom [64], Pin-Shan Chen [65]. Reprezentacją wiedzy i jej analizą zajmowali się m.in. Aviv, Erlich, Ravid i Geva [66], Baker i Yacef [67], Gray, McGuinness, Owende i Carthy [68]. Zagadnieniami *ang. learning analytics*, tj. analizy logów w systemach VLE (*ang. virtual learning environments*), CMS (*ang. content management systems*) czy MIS (*ang. management information systems*) wykorzystywanych w edukacji oraz związanym z nim zagadnieniami *ang. educational data mining* zajmowali się m.in. Arnold i Pistilli [69], Baelpler i Murdoch [70], Chatti, Dychhoff, Schroeder i Thus [71], Minaei-Bidgoli, Kashy, Kortemeyer i Punch [72], Liu i Lu [73]. Aspektami realizacji i dy-

²Czytelnicy zainteresowani funkcjonowaniem neuronów od strony technicznej, powinny przestudiować tą publikację.

dynamicznego dostosowania procesu dydaktycznego (systemy adaptacyjne) zajmowali się m.in. DiBenedetto i Bembenutty [74], Herzog [75], Essa [76]. Różnymi aspektami pedagogicznymi związanymi z procesem dydaktycznym takimi jak np. motywacja czy wykorzystanie technologii informacyjnych zajmowali się m.in. Atherton [77], Allick i Realo [78], Apter [79], Laurillard [80], Bednarek i Lubina [81], Dylak [82, 83], Tanaś [84] [85][86], Siemieniecki [87], Siemieniecka [88]. Zagadnienia te są dobrze opisane w literaturze. Środowiskami zdalnego nauczania, w tym systemami inteligentnymi zajmowali się m.in. Weinbrenner, Giemza i Hoppe [89], Anderson i Elloumi [90], Różewski, Kuzstina, Tadeusiewicz i Zaikin [91]. Nauczaniem zdalnym zajmowali się m.in. Galwas [92], Hyla [93], Beetham i Sharpe [94], Freedman [11], Hojnacki [95], So i Bonk [12], Juszczak [57][56]. Konstruowaniem materiałów dydaktycznych oraz wykorzystaniem nowoczesnych technologii w nowoczesnych systemach nauczania wykorzystujących ICT zajmowali się m.in. Hyla [96], Hojnacki [95], Clark i Mayer [97]. Konstruowaniem i analizą testów egzaminacyjnych także pod kątem jakości zajmowali się m.in. Beevers, Milligan i Thomas [98], Kehoe [99], McAlpine [100]. Kognitywistyka, która łączy się z omawianymi zagadnieniami zajmowali się m.in. Mayer [101], Mayer i Moreno [102], Siemieniecki [87], Siemieniecka [88].

Zagadnieniami symulacji układów elektronicznych i mikrosystemów zajmowali się m.in. Porębski i Korochoła [103], Ogrodzki [104], Saleh, Jou i Newton [105], Baranowski, Bukat i Ogrodzki [106], Erdman i in. [107], Saviz i Wing [108], Chua i Lin [109], Plaskura [5, 110].

Analiza dotychczasowego stanu wiedzy wskazuje, że dotychczas nie sformalizowano opisu procesu dydaktycznego w sposób w jaki zaprezentowano w pracy. Nie stworzono środowiska wspomagającego projektowanie procesu dydaktycznego wykorzystującego symulator mikrosystemów i modele opisane równaniami różniczkowymi. Co prawda od kilku lat obserwuje się działania mające na celu stworzenie inteligentnych środowisk nauczania zdalnego (*Smart Learning Environments*, *SLE* [76]), jednak systemy te są wciąż na etapie rozwoju³. Analiza powyższych danych doprowadziła do opracowania własnego podejścia do modelowania procesu dydaktycznego.

Środowisko modelowania procesu dydaktycznego Głównym zastosowaniem przedstawionego w pracy [1] sformalizowanego opisu procesu dydaktycznego jest monitorowanie (projektowanie, symulacja i optymalizacja) procesu dydaktycznego. Głównymi zagadnieniami są:

- symulacja procesu w czasie pod kątem osiągnięcia założonych rezultatów,
- wnioskowanie dotyczące procesu dydaktycznego na podstawie wyników symulacji,
- przewidywanie wyników procesu dydaktycznego,
- zapewnienie jakości procesu zarówno na etapie projektowania jak i podczas jego realizacji, przez wprowadzanie odpowiednich zmian korygujących,
- ustalenie prawidłowej sekwencji jednostek dydaktycznych i wzajemnego wpływu na siebie,
- wykrywanie nieprawidłowej struktury procesu.

Od strony użytkownika symulacja procesu dydaktycznego umożliwia jego bardziej optymalne zaplanowanie. Do symulacji i optymalizacji całego procesu wykorzystano symulator mikrosystemów, co jest nowością. Zagadnienia symulacji procesu kształcenia zostały zaimplementowane i wykorzystane w praktyce dzięki stworzonej autorskiej platformie zarządzania i obsługi procesu dydaktycznego *Quela* [17], zawierającej m.in. platformę e-learningową.

Platforma *Quela* została stworzona do prac nad symulacją i optymalizacją procesu dydaktycznego. Technologie zaimplementowane na platformie można wykorzystać jako środek

³Zadaniem inteligentnego środowiska uczenia jest m.in.: eliminacja zbędnych aktywności, sterowanie procesem optymalnego powtarzania materiału, wyznaczenie potrzeb szkoleniowych.

modelowania procesu dydaktycznego. Wykorzystanie platformy *Quela* umożliwi modelowanie dydaktyczne, czyli wykształcenie pewnego, pożądanego sposobu postępowania związanego z obsługą procesu dydaktycznego. Narzuca to odpowiedni sposób pracy modelując w ten sposób cały proces dydaktyczny.

Przy projektowaniu platformy *Quela* zastosowano model *DIKW* [111–113]). Model ten pokazuje zależności pomiędzy czterema poziomami: danymi, informacjami, wiedzą i mądrością (*ang. 1-Data, 2-Information, 3-Knowledge, 4-Wisdom*). Ma bardzo duże znaczenie w przypadku projektowania i implementacji systemów informatycznych. Przedstawiany jest w postaci piramidy. Pierwsze trzy poziomy są łatwe do modelowania. Poziom *danych* reprezentowany jest przez bazę materiałów dydaktycznych zgromadzonych na platformie. Dane mogą być przechowywane w różnych formach. Najczęściej są to materiały dydaktyczne w postaci plików tekstowych, prezentacji czy materiałów multimedialnych. Na poziomie danych można je opisać na różne sposoby. Na przykład można określić ilość jednostek danych związanych z materiałem lub określić czas potrzebny na nauczanie się danego materiału. Prezentacja danych związana jest z przepływem *informacji* (poziom 2). Informacja jest gromadzona i przetwarzana przez studentów w procesie uczenia. Efektem procesu uczenia jest *wiedza* (poziom 3). Wiedza zmienia się dynamicznie i ulega zapomnieniu. Proces uczenia jest procesem indywidualnym. Powtarzanie zdobytej wiedzy umożliwia jej trwałe zapamiętanie. Wiedzę można traktować w kategoriach celów dydaktycznych, które zostały zdefiniowane przez Bloom'a [64] (taksonomia Blooma). Wprowadził on sześć kategorii celów kształcenia: *ang. knowledge - wiedza, ang. comprehension - zrozumienie, ang. application - aplikacja (zastosowanie), ang. analysis - analiza, ang. synthesis - synteza, ang. evaluation - ocena*.

Wraz z nabywaniem doświadczenia użytkownik jest w stanie przetwarzać i stosować w praktyce zdobytą wiedzę, co prowadzi do mądrości - 4-ty poziomu modelu *DIKW*. Mądrość jest umiejętnością analizy, syntezy i oceny zdobytej wiedzy. Umożliwia różne spojrzenie na dane zagadnienie. Mądrość nabywana jest wraz z wiekiem i zdobytym doświadczeniem.

Na platformie *Quela* dekompozycja danych na poziomie 1 modelu *DIKW* realizowana jest w postaci bazy danych materiałów dydaktycznych możliwych do wykorzystania w ramach zajęć. Bardzo ważną kwestią jest ortogonalność danych gromadzonych w bazie danych tak, aby nie powielać danych.

Przepływ i gromadzenie informacji (uczenie) opisane są za pomocą równań różniczkowych. Reprezentowane są one w postaci sieci połączonych elementów opisujących poszczególne składowe procesy dydaktycznego. Modelowane są zjawiska dynamiczne uczenia i zapominania oraz przepływy informacji. Odpowiada to poziomowi 2 i 3 modelu *DIKW*.

Poziom 4 (*mądrość*) modelowany jest przez profilowanie użytkownika wykorzystując kategorie celów kształcenia. Wprowadzając odpowiednie wagi dla poszczególnych kategorii celów kształcenia i porównując osiągnięte efekty w poszczególnych kategoriach można określić profil użytkownika.

Uogólnione środowisko edukacyjne Najważniejszym zagadnieniem w pracy jest formalizacja opisu procesu dydaktycznego. Opracowanie uogólnionego środowiska edukacyjnego daje możliwość łatwego opisywania procesu dydaktycznego jako sieci dydaktycznej w języku symulatora mikrosystemów. Opracowana analogia edukacyjna ma postać ogólną [1]. Podejście takie umożliwia automatyczne układanie równań różniczkowych opisujących proces dydaktyczny dzięki wykorzystaniu szablonów równań [114]. Sieć stanowi graficzne przedstawienie układu równań różniczkowych opisujących proces dydaktyczny. Obecnie układy równań różniczkowych rozwiązuje się numerycznie. Automatyczne układanie i numeryczne rozwiązywanie układów równań różniczkowych sieci w różnych dziedzinach (czasu, częstotliwości) realizowane jest

dzięki wykorzystaniu opracowanego symulatora mikrosystemów *Dero* [5]. Umożliwia to opisanie wszystkich etapów procesu dydaktycznego.

Podstawą tworzenia sieci są elementy opisane odpowiednimi modelami. Symulator *Dero* posiada wbudowany behawioralny język opisu modeli *MDL* (*ang. Model Definition Language*) [5]. Z poziomu modeli *MDL* istnieje możliwość sterowania procesem symulacji. *MDL* posiada wbudowany język programowania, co umożliwia dynamiczną zmianę równań opisujących model.

Równania sieci mogą opisywać zależności pomiędzy elementami. Umożliwiają np. wyznaczanie wzajemnego wpływu jednostek dydaktycznych na siebie. Zaimplementowane w symulatorze algorytmy optymalizacji umożliwiają dobieranie różnych parametrów modeli elementów pod kątem spełnienia wymagań projektowych.

Opisane cechy umożliwiają wspieranie projektowania procesu dydaktycznego. Możliwa jest także jego optymalizacja, np. przez wyznaczanie czasów powtórek materiału dydaktycznego. Możliwe jest także wyznaczanie czasu trwania nauki (wydłużania lub skracania czasu) pod kątem np. utrzymania założonego poziomu wiedzy.

Do zdefiniowania środowiska edukacyjnego wykorzystano zasadę analogii⁴ [2–4]. Zdefiniowano podstawowe zmienne sieciowe (wiedza i informacja) oraz elementy wchodzące w skład sieci opisane odpowiednimi równaniami różniczkowymi. Środowisko edukacyjne modeluje przepływ i gromadzenie informacji. Umożliwia modelowanie procesów poznawczych. Do reprezentacji równań opisujących procesy poznawcze wykorzystano schematy sieci elektrycznych jako powszechnie znane i intuicyjne. Układanie i rozwiązywanie równań sieci opisane jest w [5, 114].

Środowisko edukacyjne w języku symulatora *Dero* Omawiane środowisko edukacyjne można zapisać w języku wejściowym symulatora mikrosystemów *Dero*. Wymagane jest zdefiniowanie odpowiednich zmiennych sieciowych i gałęziowych, wejść i wyjść modeli elementów oraz samych modeli elementów w języku *MDL* symulatora *Dero*. Na potrzeby symulacji procesu dydaktycznego stworzono szereg modeli: model jednostki dydaktycznej, model uczenia i zapominania o zmiennych wartościach parametrów, model ewaluacji wiedzy, model egzaminu. Szczegółowy opis języka *MDL* zamieszczony jest w [5]. Modele elementów można znaleźć w [1].

Implementacja Opracowane techniki wykorzystano do modelowania procesu dydaktycznego. Do analizy sieci reprezentującej proces dydaktyczny wykorzystano symulator *Dero*. Do zarządzania procesem wykorzystano platformę *Quela*. Materiały kursowe zorganizowane w formie jednostek dydaktycznych zostały udostępnione studentom. Dane o aktywności studentów były rejestrowane w logach aktywności. Na podstawie logów aktywności generowany był opis procesu dydaktycznego w postaci omówionej wcześniej sieci edukacyjnej. Na podstawie wyników symulacji proces dydaktyczny można odpowiednio modelować. Wyniki symulacji można wykorzystać na etapie projektowania procesu, a także podczas realizacji do przewidywania efektów.

Modelowanie krzywych zapominania Wspomniane wcześniej krzywe uczenia/zapominania mają swoją reprezentację układową. W pracy badane były różne znane z literatury modele wykorzystujące funkcje: potęgowe, wykładnicze, superpozycje funkcji wykładniczych, modele *MCM*. Przeprowadzono badania porównawcze modeli funkcyjnych (symulator *Dero* umożliwia symulację modeli funkcyjnych) oraz ich reprezentacji układowej. Modele zbudowane zostały z elementów opracowanej sieci edukacyjnej. Wartości parametrów modeli wyliczono na podstawie danych z literatury, np. [20]. Sprawdzono dopasowanie do krzywych zapominania.

⁴np. elektrycznej, mechanicznej, termicznej, chemicznej, ...

Następnie zoptymalizowano parametry elementów aby uzyskać najlepsze dopasowanie (optymalizacja deterministyczna z wykorzystaniem symulatora *Dero*). Na podstawie reprezentacji układowej stwierdzono, że stosowane w praktyce modele są zbyt uproszczone. Wyliczone w praktyce parametry mają interpretację fizyczną i są intuicyjne.

Wykorzystanie opracowanego systemu w badaniach procesu dydaktycznego Zaprezentowany opis procesu dydaktycznego sprawdził się w praktyce. Pokazano, że możliwe jest zastosowanie opracowanych technik w środowisku zarządzania procesem dydaktycznym platformy *Quela* i ich wykorzystanie w procesie projektowania i optymalizacji procesu dydaktycznego. W pracy pokazano zastosowanie systemu do wyznaczanie powtórek materiału dydaktycznego pod kątem utrzymania odpowiedniego poziomu wiedzy. Przedstawiony system umożliwia rozwiązanie problemu obiektywizacji oceniania procesu dydaktycznego. Pokazano zastosowanie systemu w rzeczywistych sytuacjach pedagogicznych do [115, 116]:

- symulacji procesu uczenia i zapominania,
- wyznaczenia efektów kształcenia kursu,
- projektowania kursu pod kątem utrzymania odpowiedniego poziomu wiedzy,
- projektowania aktywności studenta pod kątem utrzymania odpowiedniego poziomu wiedzy,
- bieżącego śledzenia poziomu wiedzy studentów,
- bieżącego śledzenia poziomu wiedzy dla całych grup studentów,
- przewidywanie poziomu wiedzy studentów w przyszłości, także w chwili egzaminu.

Zastosowanie schematów podobnych do elektrycznych znacznie upraszcza sposób reprezentacji procesu dydaktycznego, czyniąc go intuicyjnym. Wyniki badań pokazały, że modelowanie i symulacja procesu dydaktycznego z wykorzystaniem symulatora mikrosystemów daje dobre wyniki. Czasy analiz i przewidywania wyników obejmują długie okresy czasu, rzędu dni, miesięcy i lat. Dokładności symulacji należy uznać za bardzo dobre. Wyniki symulacji dają możliwość odczytania aktywności studentów, symulacje w dłuższym okresie czasu pokazują szybkość zapominania. Widać strategie zaliczania przedmiotu, np. wykorzystanie pamięci krótkotrwałej dzięki nauce tuż przed egzaminem. Różnice pomiędzy uzyskiwanymi a symulowanymi rezultatami mogą być podstawą do ponownego sprawdzenia wiedzy. Mogą także świadczyć o posiadanej wiedzy lub zdolnościach ponad przeciętną. Mogą świadczyć także o niechęci studentów do korzystania z nowoczesnych technologii (praca z platformą wymaga zalogowania, odszukania kursu, ...).

Przedstawione wyniki symulacji dla całych grup studentów umożliwiają porównywanie aktywności oraz poziomu wiedzy poszczególnych studentów w ramach danej grupy. Umożliwiają porównanie zaangażowania w proces dydaktyczny całych grup. Wykorzystanie symulacji dla dłuższych okresów czasu po zakończeniu procesu dydaktycznego umożliwia wyłowienie studentów, którzy byli rzeczywiście zaangażowani w proces dydaktyczny. Umożliwia także oszacowanie okresu zapominania i odpowiedniego projektowania innych kursów.

Integracja systemu symulacji z platformą *Quela* daje możliwość łatwego wykonania symulacji i optymalizacji całego procesu. Zastosowanie modelowania behawioralnego umożliwia tworzenie własnych modeli, i co za tym idzie, badanie procesu dydaktycznego. Przedstawienie procesu dydaktycznego w postaci schematu blokowego i/lub schematu sieci umożliwia łatwiejsze zrozumienie zaprojektowanego procesu.

2.2 Rozwój systemów symulacji

Działalność naukową w dziedzinie symulacji układów elektronicznych rozpocząłem jeszcze na studiach magisterskich pod kierunkiem *dr. inż. Jana Ogrodzkiego*. W trakcie studiów magi-

sterskich oraz w ramach doktoratu zajmowałem się metodami symulacji układów elektronicznych i mikrosystemów. Stworzyłem kilka symulatorów. Brałem udział w rozwoju symulatora *Optima 4*. Po zakończeniu studiów doktoranckich zająłem się tworzeniem własnego symulatora mikrosystemów *Dero* [5]. W symulatorze *Dero* częściowo zapożyczono składnię języka opisu modeli elementów (*EMDL*) symulatora *Optima* [117]. Opracowałem i zaimplementowałem rozwinęty język opisu modeli (*MDL*) rozbudowany m.in. o:

- definiowanie stałych,
- definiowanie nowych typów danych skalarnych,
- definiowanie nowych zmiennych sieciowych,
- definiowanie nowych wejść i wyjść modeli elementów,
- szereg zmiennych oraz funkcji dostępnych w modelach *MDL*, umożliwiających łączność z silnikiem symulacyjnym i sterowanie procesem symulacji,
- możliwość korzystania z wyrażeń regularnych (szablony nazw) w niektórych komendach.

Symulator posiada zaimplementowane podstawowe rodzaje analiz, tzn.: analizę punktu pracy, klasyczną analizę czasową, analizę stanu ustalonego, analizę charakterystyk, małosygnałową analizę częstotliwościową, optymalizację deterministyczną.

Symulator został zaimplementowany całkowicie obiektowo w języku *C++*. Na potrzeby symulatora opracowałem szereg własnych bibliotek obsługujących różne aspekty działania programu. Celem było uniezależnienie się od błędów związanych z różną implementacją języka *C++* na różnych platformach i ujednoczenie sposobu obsługi błędów. Implementacja algorytmów obliczeniowych jest niezwykle kłopotliwa, ze względu na algorytmy iteracyjne i duże trudności z wykrywaniem błędów. Z tego powodu w symulatorze zastosowałem szereg technik zwiększających niezawodność symulatora [118], w tym m.in.: silną kontrolę typów zmiennych i ich zakresów, sprawdzanie poprawności wykonywanych obliczeń, mechanizmy śledzenia pracy symulatora i pełnego raportowania błędów wykonania z rejestracją ścieżki powstania błędu, możliwość łatwego tłumaczenia komunikatów na języki narodowe.

Słabą stroną symulatorów z modelami behawioralnymi jest konieczność liczenia pochodnych cząstkowych funkcji układowych po czasie i po zmiennych wejściowych. Najczęściej symulatory wyposażone są w modele elementów z podanymi wprost wzorami obliczające pochodne cząstkowe (np. modele elementów w symulatorze *SPICE* [119]). Opracowałem i zaimplementowałem technikę liczenia pochodnych cząstkowych funkcji układowych dla kodu *MDL* modelu elementu. Obliczone pochodne używane są przez niektóre algorytmy, np.: algorytm analizy punktu pracy, algorytm analizy czasowej.

Uproszczony algorytm obliczania pochodnych został także zaimplementowany w programie *Deriv*, który jest wykorzystywany przez serwis *DerivWWW* [120] do obliczania pochodnych w postaci symbolicznej (poprzez stronę *WWW*). System ten wykorzystywany był w procesie dydaktycznym przez studentów i wykładowców.

Do obsługi symulatora stworzyłem interfejs *DeroWWW* [121] umożliwiający symulację przez Internet i tworzenie tzw. wirtualnych laboratoriów [122]. Obecnie jest on zintegrowany z platformą *Quela*. *DeroWWW* jako samodzielny system nie jest dalej rozwijany i nie jest dostępny.

2.3 Podsumowanie

Moje prace doprowadziły do opracowania nowego podejścia do problemu wykorzystania technologii informacyjnych jako środka modelowania i monitorowania jakości procesu dydaktycznego. Pokazano, że możliwy jest sformalizowany opis procesu dydaktycznego. Pokazano, że do opisu

procesu dydaktyczno-poznawczego można wykorzystać platformę *Quela*. Stworzona platforma obsługi i zarządzania procesem dydaktycznym *Quela* jest oryginalnym podejściem do rozwiązania celów badawczych. Porządkuje i narzuca sposób postępowania przy projektowaniu procesu, modelując w ten sposób proces dydaktyczny. Jeżeli proces dydaktyczny realizowany jest w środowisku edukacyjnym z wykorzystaniem technologii informacyjnych i platformy *Quela*, to można identyfikować jakość wiedzy studentów na podstawie analizy danych o aktywności, tzn.: częstości korzystania z materiałów, długości czasu korzystania z materiałów, rodzaju materiałów jakie były wykorzystywane.

W przypadku rozbieżności pomiędzy oceną przewidywaną i otrzymaną należy wykonać analizę przyczyn tego zjawiska. Jeżeli wykładowca nie jest pewien jakości oceniania powinien zastosować mechanizmy sprawdzania wiedzy, w tym np. dodatkowe sprawdzenie wiedzy, powtórny test czy np. wywiad diagnostyczny narracyjny. Wyniki dodatkowego sprawdzenia wiedzy studenta zapewniają obiektywne podejście do ich oceniania oraz podnoszą jakość kształcenia. Wykorzystanie systemu umożliwia obiektywną realizację indywidualnego podejścia do monitoringu poziomu wiedzy studentów i zapobieganiu negatywnym skutkom procesu uczenia. W sensie etyki zachowania studentów i wykładowców ocena egzaminacyjna nie jest przypadkowa, a przewidywalna i zależy od nakładów poniesionych przez studenta. Jest to sprawiedliwe i realizuje demokratyczne zasady oświaty.

W pracy porównano metody klasyczne (bez wykorzystania *IT*) oraz metody wykorzystujące nowoczesne technologie do oceny procesu dydaktycznego. Porównując oba podejścia można stwierdzić, że zastosowanie nowoczesnych technologii umożliwia wyposażenie uczestników procesu dydaktycznego w wiedzę umożliwiającą podniesienie efektywności i jakości procesu dydaktycznego.

Przedstawione osiągnięcia nie wyczerpują tematyki ze względu na swoją rozległość i złożoność zarówno w dziedzinie nauk społecznych jak i technicznych. Wymagają dalszych badań i pogłębienia, z czego zdają sobie sprawę. Są jednak próbą przeniesienia różnych technik i technologii na grunt pedagogiki (przede wszystkim dydaktyki). Implementacja opracowanych technik w systemach informatycznych daje możliwość ich upowszechnienia, jeśli możliwe będzie uproszczenie obsługi systemów. Można to zrealizować przez wprowadzenie bardziej intuicyjnej notacji stosowanej do opisu procesu dydaktycznego (co nie jest łatwe) oraz odpowiednie zaprojektowanie bardziej ergonomicznego interfejsu użytkownika.

Prezentacja zagadnień na konferencjach naukowych Omawiane wyżej zagadnienia były prezentowane na konferencjach, m.in.:

- P. Plaskura, “Wykorzystanie nowoczesnych technologii do monitorowania procesu dydaktycznego”, V Ogólnopolska Konferencja Naukowa Cyberprzestrzeń i światy wirtualne, Akademia Pedagogiki Specjalnej im. Marii Grzegorzewskiej, Poland, czer. 2018
- P. Plaskura, “Wykorzystanie krzywych zapominania do analizy procesu dydaktycznego (The use of forgetting curves to analysis the didactic process)”, DIDMATTECH 2018, Poland, czer. 2018, adr.: https://didmattech.uniwersytetradom.pl/pliki/Didmattech_program.pdf
- P. Plaskura, “Monitorowanie jakości procesu dydaktycznego z wykorzystaniem ICT”, I Międzynarodowa Konferencja Naukowa nt. Globalne i regionalne konteksty w edukacji wczesnoszkolnej, Piotrków Trybunalski, Poland, czer. 2018
- P. Plaskura, “Wykorzystanie technologii informacyjno-komunikacyjnych w celu zapewnienia efektywnego zarządzania procesem dydaktycznym”, II International scientific-practical conference: Creative heritage of A. S. Makarenko in the context of innovative development of education of the XXI century, mar. 2018

- P. Plaskura, “The use of ICT in improving the effectiveness of the didactical process”, angielski, Формальна і неформальна освіта у вимірах педагогіки добра Івана Зязюна (Międzynarodowa Konferencja Naukowa: Formalna i nieformalna edukacja w pomiarach diagnostycznych pedagogiki dobra Ivana Zyazyuna), Poltava, Ukraina, mar. 2018
- M. Stiepanienko i M. Grinowoji, red., *Quela - a platform for managing the didactical process*, Materials of the International Scientific and Practical Conference: Methodology of teaching natural sciences in secondary and high school (XXIII Karischinskiy reading), Poltava, Ukraina: Poltava V.G. Korolenko National Pedagogical University, maj 2016, s. 337–340, ISBN: 378.016:5-028.31(063)
- P. Plaskura, “Dero WWW - Internetowy system do symulacji mikrosystemów”, Konferencja Naukowa: Technologie Informacyjne w Dydaktyce i Zarządzaniu Oświatą, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Piotrków Trybunalski, grud. 2011
- P. Plaskura, “Wnioski z realizacji projektu EduPro - Nowoczesne technologie w oświacie”, Konferencja Naukowa: Technologie Informacyjne w Dydaktyce i Zarządzaniu Oświatą, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Piotrków Trybunalski, grud. 2011
- A. Góralski i P. Plaskura, “Podejście interdyscyplinarne to lepsze wyniki w nauczaniu jak i w biznesie”, Konferencja Naukowa: Technologie Informacyjne w Dydaktyce i Zarządzaniu Oświatą, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego, czer. 2010

2.4 Kierunki dalszych prac

Planowane jest dalsze rozwijanie systemu zarządzania procesem dydaktycznym *Quela* oraz systemu symulacji *Dero*. Dalsze prace uzależnione są od możliwości pozyskania środków zewnętrznych na prace badawczo-rozwojowe. Do interesujących zagadnień związanych z systemem *Quela*, które będą rozwijane w następnej kolejności należą:

- weryfikacje, tworzenie i udoskonalanie modeli elementów opisujących proces kształcenia,
- opracowanie modułu do wyszukiwania *talentów*,
- wykorzystanie do projektowania procesu dydaktycznego dla osób ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi,
- poszukiwanie innych obszarów zastosowań.

Opracowane technologie są wykorzystywane w badaniach nad procesem dydaktycznym w prowadzonym przeze mnie projekcie (P. Plaskura, *Inteligentne systemy uczenia się (Smart learning systems)*, 617342, 2018-2020). Dalsza realizacja projektu jest jednak zagrożona na skutek zmiany przepisów.

Symulator *Dero* jest stale rozwijany. Główne kierunki prac nad systemem będą obejmowały:

- wprowadzenie nowych rodzajów analiz,
- rozbudowanie biblioteki modeli elementów,
- rozbudowę i implementację systemu obliczania i śledzenia błędów numerycznych algorytmów w trakcie ich pracy.

2.5 Wpływ spodziewanych rezultatów na rozwój nauki

Opracowane środowisko edukacyjne jest uniwersalne. Umożliwia łatwy opis procesu dydaktycznego. Daje dostęp do zaawansowanych metod i algorytmów symulacji zaimplementowanych w symulatorach, tym samym umożliwiając wykorzystanie ich w projektowaniu i monitorowaniu procesu dydaktycznego. Opracowany system można traktować jako narzędzie badawcze. Opis

procesu dydaktycznego jest na tyle ogólny, że można go zastosować w inteligentnych systemach nauczania i zarządzania procesem dydaktycznym.

Opracowany sformalizowany opis procesów poznawczych może być zastosowany w wielu dziedzinach omawianych na początku autoreferatu. Znakomicie upraszcza opis czyniąc go bardziej intuicyjnym.

3 Inne pośrednie efekty prac

Efektom ubocznym moich różnych prac są inne projekty, m.in.:

- Jestem autorem projektu *EduPro - Nowoczesne Technologie w Oświacie* dofinansowane z funduszy unijnych programu POKL. Opracowałem program studiów podyplomowych i kursów prowadzonych w ramach projektu. Jestem autorem większości programów przedmiotów prowadzonych w ramach studiów podyplomowych oraz specjalistycznych kursów.
- Jestem autorem pomysłu, który zmaterializował się w postaci projektu *Piotrkowskiej Platformy E-learningowej*. dofinansowanego z funduszy unijnych (<http://elearning.piotrkow.pl>). Kadry zostały przeszkolone w ramach opracowanego i prowadzonego przeze mnie projektu *EduPro - Nowoczesne Technologie w Oświacie*.
- Opracowałem i prowadziłem kurs obsługi platformy *Moodle* dla pracowników UJK Filii w Piotrkowie Tryb. w 2012 roku. Celem było wprowadzenie nowoczesnych metod w dydaktyce, pozyskanie odpowiednich danych o aktywnościach studentów. Projekt ten zakończył się niepowodzeniem.
- Jestem *Koordynatorem ds. E-learningu* na *Wydziale Nauk Społecznych (UJK)*.
- Zarządzam platformami *Moodle* (w UJK od 2003 roku) oraz *Quela* (w UJK od 2010 roku).
- Administruję serwerami *Linux (Debian)* [131] (w UJK od 2003 roku).

Organizacja konferencji naukowych związanych z tematyką prac

- Konferencja Naukowa: *Technologie Informacyjne w Dydaktyce i Zarządzaniu Oświatą*, 2011, UJK, Piotrków Tryb., 2 gru. 2011, (przewodniczący/komitet naukowy)
- Konferencja Naukowa: *Technologie Informacyjne w Dydaktyce i Zarządzaniu Oświatą*, 2011, UJK, Piotrków Tryb., 10 czer. 2010, (przewodniczący/komitet naukowy)

Literatura

- [1] P. Plaskura, *Wykorzystanie technologii informacyjnych do modelowania i monitorowania jakości procesu dydaktycznego (The use of information technology for modelling and monitoring the quality of the didactical process)*. Piotrków Trybunalski: Wydawnictwo Uniwersytetu Jana Kochanowskiego, 2018, ISBN: 978-83-7726-148-4 (cyt. na s. 4, 8–10).
- [5] —, *Symulator mikrosystemów Dero v4. Metody i algorytmy obliczeniowe, modelowanie behawioralne, przykłady. (Microsystems simulator Dero v4. Computational methods and algorithms, behavioral modelling, examples.)* AIVA, 2013, ISBN: 978-83-937245-1-2. adr.: <http://epub.aiva.pl/?isbn=978-83-937245-1-2> (cyt. na s. 4, 8, 10, 12).
- [6] —, “*Quela 2 - podręcznik użytkownika*”, AIVA, 2012 (cyt. na s. 4).
- [110] —, “*Kierowana zdarzeniami symulacja systemów analogowych o opisie behawioralnym (Event-driven simulation of analog systems with behavioral description)*”, praca doktorska (PhD dissertation), Politechnika Warszawska (Warsaw University of Technology), Warszawa, 2001 (cyt. na s. 8).

- [114] —, *Zaawansowane metody symulacji układów elektronicznych. Metody i algorytmy obliczeniowe. (Advanced methods of electronic circuit simulation. Computational methods and algorithms.)* AIVA, 2013, ISBN: 978-83-937245-0-5. adr.: <http://epub.aiva.pl/?isbn=978-83-937245-0-5> (cyt. na s. 9, 10).
- [115] —, “Assessing the quality of the didactic process on the base of its monitoring with the use of ICT”, angielski, *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології (Pedagogical Sciences: Theory, History, Innovative Technologies)*, t. 76, nr. 2, s. 185–196, 2018, ISSN: 2312-5993,2414-9799(Online). DOI: 10.24139/2312-5993/2018.02/185-196 (cyt. na s. 11).
- [116] —, “The use of ICT in improving the effectiveness of the didactical process”, angielski, *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, s. 152–159, 17 2018, ISSN: 2226-4051. adr.: <http://dspace.pnpu.edu.ua/handle/123456789/9739> (cyt. na s. 11).
- [118] —, “Niezawodność i koszty tworzenia oprogramowania”, w *Dydaktyka informatyki*, ser. Piotrkowskie Studia Pedagogiczne, M. Pindera, red., t. 10, Piotrków Trybunalski: Naukowe Wydawnictwo Piotrkowskie, 2003, s. 97–120 (cyt. na s. 12).
- [120] —, “DerivWWW - web-based symbolic differentiation system”, angielski, *Information Technologies and Learning Tools*, t. 60, nr. 4, s. 254–263, 2017, ISSN: 2076-8184. adr.: <https://journal.iitta.gov.ua> (cyt. na s. 12).
- [121] —, “Dero WWW - Internetowy system do symulacji mikrosystemów”, w *Technologie Informacyjne w Teorii i Praktyce*, Piotrków Trybunalski: Naukowe Wydawnictwo Piotrkowskie, 2013, ISBN: 978-83-7726-059-3 (cyt. na s. 12).
- [122] —, “Dero 4 simulator as a didactical tool”, angielski, *ABID*, t. XXIII, nr. 1, s. 44–51, 2018, ISSN: 2392-1765. adr.: <http://abid.cobrabid.pl> (cyt. na s. 12).
- [131] —, *System operacyjny Linux*. Piotrków Trybunalski: AIVA, 2016, ISBN: 978-83-937245-2-9. adr.: <http://epub.aiva.pl/?isbn=978-83-937245-2-9> (cyt. na s. 15).

Inne publikacje wymienione w pracy

- [2] S. Senturia, “CAD challenges for microsensors, microactuators and microsystems”, *Proc. of the IEEE*, t. 86, s. 1611–1626, 1998 (cyt. na s. 4, 6, 10).
- [3] L. Gabbay i S. Senturia, “Automatic generation of dynamic macro-models using quasistatic simulations with modal analysis”, *Tech. Dig. IEEE Solid-State Sensor and Actuator Workshop*, s. 197–200, czer. 1998 (cyt. na s. 4, 6, 10).
- [4] S. Senturia, “Simulation and design of microsystems: a 10-year perspective”, *Sensors and Actuators*, t. A67, s. 1–7, 1998 (cyt. na s. 4, 6, 10).
- [7] (2017). Web 2.0, adr.: https://pl.wikipedia.org/wiki/Web_2.0 (cyt. na s. 5).
- [8] (2005). What Is Web 2.0, Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software, adr.: <http://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html> (cyt. na s. 5).
- [9] N. Walter, “Pedagogika 2.0. O potrzebie kształcenia specjalistów z zakresu e-learningu”, w *Neodidagmata*, W. Strykowski, red., Poznań: Adam Mickiewicz University Press, 2014, s. 145–150, ISBN: 978-83-232-2685-7 (cyt. na s. 5).
- [10] B. Gates. (2012). Education 2.0. angielski, adr.: <https://www.gatesnotes.com/Education/Education-2> (cyt. na s. 5).
- [11] T. Freedman, *Coming of Age: An introduction to the (new) world wide web*, angielski. Ilford, England: Terry Freedman Ltd, 2006 (cyt. na s. 5, 8).
- [12] H.-J. So i C. J. Bonk, “Examining the Roles of Blended Learning Approaches in Computer-supported Collaborative Learning (CSCL) Environments: A Delphi Study”, angielski,

- Journal of Educational Technology & Society*, t. 13, nr. 3, s. 189–200, 2010, ISSN: 11763647, 14364522. DOI: 10.2307/jeductechsoci.13.3.189 (cyt. na s. 5, 8).
- [13] J. Maldonado-Mahauad, M. Pérez-Sanagustín, R. F. Kizilcec, N. Morales i J. Munoz-Gama, “Mining theory-based patterns from Big data: Identifying self-regulated learning strategies in Massive Open Online Courses”, *Computers in Human Behavior*, t. 80, s. 179–196, 2018, ISSN: 0747-5632. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.11.011>. adr.: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563217306477> (cyt. na s. 5).
- [14] M. F. Panadero, A. Pardo, J. F. Panadero i M. Andreas, “A mathematical model for reusing student learning skills across didactical units”, angielski, *32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, list. 2002, ISSN: 0-7803-7444-4/02 (cyt. na s. 5, 7).
- [15] H. El-Bakry, “Handling Big Data in E-Learning”, *International Journal of Advanced Research in Computer Science & Technology*, t. 3, s. 47–51, sty. 2015 (cyt. na s. 5).
- [16] M. Birjali, A. Beni-Hssane i M. Erritali, “A novel adaptive e-learning model based on Big Data by using competence-based knowledge and social learner activities”, *Applied Soft Computing*, t. 69, s. 14–32, 2018, ISSN: 1568-4946. DOI: 10.1016/j.asoc.2018.04.030. adr.: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494618302217> (cyt. na s. 5).
- [18] H. Ebbinghaus, “Memory: A contribution to experimental psychology”, angielski, 1913, Original work published 1885. adr.: <https://web.archive.org/web/20051218083239/http://psy.ed.asu.edu:80/%20classics/Ebbinghaus/index.htm> (cyt. na s. 6).
- [19] W. Wickelgren, “Single-trace fragility theory of memory dynamics”, *Memory and Cognition*, t. 2, s. 775–780, 1974 (cyt. na s. 6).
- [20] M. Jaap, J. Murre i J. Dros, “Replication and Analysis of Ebbinghaus’ Forgetting Curve”, angielski, *Plus One*, t. 2, s. 396–408, lip. 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0120644 (cyt. na s. 6, 10).
- [21] H. Ebbinghaus, “Urmanuskript: Über das Gedächtniß”, niemiecki, 1880 (cyt. na s. 6).
- [22] —, “Über das Gedächtniß”, niemiecki, 1885 (cyt. na s. 6).
- [23] P. Woźniak, E. Gorzelańczyk i J. Murakowski, “The two-component model of long-term memory. Symbolic formula describing the increase in memory stability for varying levels of recall”, angielski, *Cybernetic Modelling of Biological Systems*, 2005 (cyt. na s. 6).
- [24] (2017). SuperMemo. angielski, adr.: <https://www.supermemo.com> (cyt. na s. 6).
- [25] (2017). SuperMemo. angielski, adr.: <https://www.supermemo.pl> (cyt. na s. 6).
- [26] (2017). Anki. angielski, adr.: <https://apps.ankiweb.net> (cyt. na s. 7).
- [27] J. R. Anderson, “Acquisition of cognitive skill”, *Psychological Review*, t. 89(4), s. 369–406, 1982 (cyt. na s. 7).
- [28] P. S. Adler i K. B. Clark, “Behind the learning curve: a sketch of the learning process”, *Management Science*, t. 37 (3), s. 267–281, 1991 (cyt. na s. 7).
- [29] S. Pananiswami i R. Bishop, “Behavioral implications of the learning curve for production capacity analysis”, *International Journal of Production Economics*, t. 24 (1-2), s. 157–163, 1991 (cyt. na s. 7).
- [30] D. Nembhard i M. Uzumeri, “An individual-based description of learning within an organization”, *IEEE Trans Eng Manage*, t. 47(3), s. 370–378, 2000 (cyt. na s. 7).
- [31] D. Nembhard i N. Osothsilp, “Task complexity effects on between-individual learning/forgetting variability”, *Int. J. Ind. Ergon.*, t. 29, s. 297–306, 2002 (cyt. na s. 7).
- [32] J. Vits i L. Gelders, “Performance improvement theory”, *Int. J. Prod. Econ.*, t. 77, s. 285–298, 2002 (cyt. na s. 7).
- [33] R. Hamade, H. Artail i M. Jaber, “Evaluating the learning process of mechanical CAD students”, *Computers and Education*, t. 49 (3), s. 640–661, 2007 (cyt. na s. 7).

- [34] M. Jaber i A. Saadany, “The production, remanufacture and waste disposal model with lost sales”, *International Journal of Production Economics*, t. 120(1), s. 115–124, 2009 (cyt. na s. 7).
- [35] A. Janiak i R. Rudek, “A new approach to the learning effect: beyond the learning curve restrictions”, *Computers and Operations Research*, t. 35 (11), s. 3727–3736, 2008 (cyt. na s. 7).
- [36] M. Wahab i M. Jaber, “Economic order quantity model for items with imperfect quality, different holding costs, and learning effects: a note”, *Computers and Industrial Engineering*, t. 58 (1), s. 186–190, 2010 (cyt. na s. 7).
- [37] R. Anderson i R. Tweney, “Artifactual power curves in forgetting”, angielski, *Memory and Cognition*, t. 25(5), s. 724–730, 1997. DOI: 10.3758/BF03211315. adr.: <http://link.springer.com/article/10.3758/BF03211315> (cyt. na s. 7).
- [38] J. Wixted i E. Ebbesen, “Genuine power curves in forgetting: A quantitative analysis of individual subject forgetting functions”, *Memory and Cognition*, t. 25(5), s. 731–739, 1997. DOI: 10.3758/BF03211316 (cyt. na s. 7).
- [39] (2016). WebCT. angielski, adr.: <https://en.wikipedia.org/wiki/WebCT> (cyt. na s. 7).
- [40] D. L. Alkon, “Memory storage and neural systems”, *Sci. Am.*, t. 7, s. 42–50, 1989 (cyt. na s. 7).
- [41] R. F. Thompson, *The brain, Single Neurons, Populations, Plasticity*, angielski, Second. New York: W. H. Freeman i Company, 1993 (cyt. na s. 7).
- [42] S. W. Kuffler, J. G. Nicholls i A. R. Martin, *From neuron to brain, Single Neurons, Populations, Plasticity*, angielski, Second. Sunderland Mass.: Sinauer, 1984 (cyt. na s. 7).
- [43] W. Gerstner i W. Kistler, *Spiking Neuron Models, Single Neurons, Populations, Plasticity*, angielski. Cambridge University Press, 2002 (cyt. na s. 7).
- [44] R. Gu, F. Shen i Y. Huang, “A parallel computing platform for training large scale neural networks.”, angielski, *IEEE International Conference on Big Data*, s. 376–384, 2013 (cyt. na s. 7).
- [45] M. Beckerman, “Cooperativity and Parallelism In Mathematical Models of Brain Function”, angielski, *SIAM News*, t. 31, nr. 5, s. 615–635, 2001 (cyt. na s. 7).
- [46] P. Farrand, F. Hussain i E. Hennessy, “The efficacy of the ‘mind map’ study technique”, angielski, *Medical Education*, t. 36, nr. 5, 2002, ISSN: 1365-2923. DOI: 10.1046/j.1365-2923.2002.01205.x (cyt. na s. 7).
- [47] K. J. Anil, L. Hong i S. Pankanti, “ACT 2012 retention completion summary tables”, angielski, ACT, Report, 2012. adr.: www.act.org (cyt. na s. 7).
- [48] R. Bekele i W. Menzel, “A Bayesian approach to predict performance of a student (BAPPS): A case with Ethiopian students”, angielski, *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and Applications*, 2005 (cyt. na s. 7).
- [49] A. Jonsson, J. Johns, H. Mehranian, I. Arroyo, B. Woolf, A. Barto, D. Fisher i S. Mahadevan, “Evaluating the feasibility of learning student models from data”, angielski, American Association for Artificial Intelligence, Technical report, 2005 (cyt. na s. 7).
- [50] M. Lopez, J. Luna, C. Romero i S. Ventura, “Classification via clustering for predicting final marks based on student participation in forums”, angielski, *Proceedings of the Fifth International Conference on Educational Data Mining*, s. 148–151, 2012 (cyt. na s. 7).
- [51] F. Marton i R. Saljo, “Approaches to Learning”, angielski, *In The Experience of Learning*, 2005, <http://www.tla.ed.ac.uk/resources/EoL.html> (cyt. na s. 7).
- [52] Z. Pardos, R. Baker, S. Gowda i N. Heffernan, “The sum is greater than the parts: Ensembling models of student knowledge in educational software.”, angielski, *SIGKDD Explorations*, t. 13, nr. 2, s. 37–44, 2011 (cyt. na s. 7).

- [53] M. Bauer, P. Gmytrasiewicz i J. Vassileva, “User Modelling”, angielski, *LNAI*, t. 2109, 2001, ISSN: 1375-1384 (cyt. na s. 7).
- [54] G. Fioretti, “The organizational learning curve”, angielski, *European Journal of Operational Research*, mar. 2007, ISSN: 1375-1384. DOI: 10.1016/j.ejor.2005.04.009 (cyt. na s. 7).
- [55] E. Gardner. (2017). Learning Curves. angielski. reduction of manufacturing costs, adr.: <http://slideplayer.com/slide/8270953> (cyt. na s. 7).
- [56] S. Juszczak, “Neuronauki w edukacji. Nowe możliwości w procesie nauczania-uczenia się”, w *Problemy edukacji w społeczeństwie wiedzy*, S. Juszczak, red., t. 2, Chowania, 2012, s. 39–57 (cyt. na s. 7, 8).
- [57] —, *Edukacja na odległość, Kodyfikacja pojęć, reguł i procesów*. Toruń, Poland: Wyd. Adam Marszałek, 2002 (cyt. na s. 7, 8).
- [58] S. Bergin, “Statistical and machine learning models to predict programming performance”, angielski, prac. dokt., National University of Ireland, Maynooth, 2006 (cyt. na s. 7).
- [59] R. Baker, Z. Pardos, S. Gowda, B. Nooraei i N. Heffernan, “Ensembling predictions of student knowledge within intelligent tutoring systems”, angielski, *Proceedings of Nineteenth International Conference on User Modeling, Adaptation, and Personalization*, s. 13–24, 2011 (cyt. na s. 7).
- [60] S. S. Buckingham i C. R. Deakin, “Learning dispositions and transferable competencies: Pedagogy, modelling and learning analytics”, angielski, *Second International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, 2012 (cyt. na s. 7).
- [61] R. Mislevy, J. Behrens i K. Dicerbo, “Design and discovery in educational assessment: Evidence-centered design, psychometrics, and educational data mining.”, angielski, *Journal of Educational Data Mining*, t. 4, nr. 1, s. 11–48, 2012 (cyt. na s. 7).
- [62] W. Horton, *E-learning by design*, angielski. Pfeiffer, 2011 (cyt. na s. 7).
- [63] R. M. Gagne, W. Wager, K. Golas i J. Keller, *Principles of Instructional Design*, angielski, 5th. Belmont, CA: Thomson/Wadsworth, 2005, ISBN: 978-0534582845 (cyt. na s. 7).
- [64] B. Bloom, *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals: Handbook I: Cognitive domain*, angielski. Longmans, Green, 1956 (cyt. na s. 7, 9).
- [65] P. Pin-Shan Chen, red., *Entity Relationship approach to Systems Analysis and Design*, angielski. John Wiley & Sons, 1980, t. 12, s. 495 (cyt. na s. 7).
- [66] R. Aviv, Z. Erlich, G. Ravid i A. Geva, “Network analysis of knowledge construction in asynchronous learning networks”, angielski, *Journal for Asynchronous Learning Networks*, t. 7, s. 1–23, 2003 (cyt. na s. 7).
- [67] R. Baker i K. Yacef, “The state of educational data mining in 2009: A review and future visions”, angielski, *Journal of Educational Data Mining*, t. 1(1), s. 3–17, 2010 (cyt. na s. 7).
- [68] G. Gray, C. McGuinness, P. Owende i A. Carthy, “A Review of Psychometric Data Analysis and Applications in Modelling of Academic Achievement in Tertiary Education”, angielski, *Journal of Learning Analytics*, t. 1, nr. 75-106, s. 219–245, 2014, ISSN: 1929-7750 (cyt. na s. 7).
- [69] K. Arnold i M. Pistilli, “Course signals at Purdue: Using learning analytics to increase student success”, angielski, *Second International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, 2012 (cyt. na s. 7).

- [70] P. Baelpler i C. Murdoch, “Academic analytics and data mining in higher education”, angielski, *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, t. 2, nr. 4, s. 1–9, 2010 (cyt. na s. 7).
- [71] M. Chatti, A. Dychhoff, U. Schroeder i H. Thus, “A reference model for learning analytics.”, angielski, *International Journal of Technology Enhanced Learning.*, s. 318–331, 2012, Special Issue on State of the Art in TEL (cyt. na s. 7).
- [72] B. Minaei-Bidgoli, D. Kashy, G. Kortemeyer i W. Punch, “Predicting student performance: An application of data mining methods with educational web-based system loncapa.”, angielski, *Proceedings of the 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, 2003 (cyt. na s. 7).
- [73] J. Liu i L. Lu, “An integrated approach for main path analysis: Development of the Hirsch index as an example”, angielski, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, t. 63, s. 528–542, 2012 (cyt. na s. 7).
- [74] M. DiBenedetto i H. Bembenutty, “Within the pipeline, self-regulated learning, self-efficacy, and socialization among college students in science courses.”, angielski, *Learning and Individual Differences*, t. 23, s. 218–224, 2013 (cyt. na s. 8).
- [75] S. Herzog, “Estimating student retention and degree-completion time: Decision trees and neural networks vis-a-vis regression.”, angielski, *New Directions for Institutional Research*, t. 131, s. 17–33, 2006 (cyt. na s. 8).
- [76] A. Essa, “A possible future for next generation adaptive learning systems”, angielski, *Smart Learning Environments*, t. 3, nr. 1, s. 16, list. 2016, ISSN: 2196-7091. DOI: 10.1186/s40561-016-0038-y (cyt. na s. 8).
- [77] J. Atherton, *Learning and teaching: Motivation*, angielski, 2009. adr.: <http://www.learningandteaching.info/learning/motivation.htm> (cyt. na s. 8).
- [78] J. Allick i A. Realo, “Intelligence, academic abilities, and personality”, angielski, *Personality and Individual Differences*, t. 23(5), s. 809–814, 1997 (cyt. na s. 8).
- [79] M. Apter, “Reversal theory: Motivation, emotion and personality”, angielski, 1989 (cyt. na s. 8).
- [80] D. Laurillard, *Teaching as a Design Science: Building Pedagogical Patterns for Learning and Technology*, angielski. Routledge, Taylor & Francis Group, 2012, ISBN: 978-0-4158-0385-4 (cyt. na s. 8).
- [81] J. Bednarek i E. Lubina, *Kształcenie na odległość. Podstawy dydaktyki*. Warszawa: PWN, 2008 (cyt. na s. 8).
- [82] S. Dylak. (2018). prof. dr hab. Stanisław Dylak, adr.: <https://20.kmwi.pl/10-prelegenci/187-prof-dr-hab-stanislaw-dylak> (cyt. na s. 8).
- [83] L. Cifuentes i S. Dylak, “Trigger visuals for cross-cultural online learning”, *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*, t. 17, sty. 2007. DOI: 10.1504/IJCEELL.2007.013659 (cyt. na s. 8).
- [84] M. Tanaś, red., *Technologia informacyjna w procesie dydaktycznym*. Warszawa: Mikom, 2005, ISBN: 837279488X (cyt. na s. 8).
- [85] M. Tanaś, red., *Pedagogika @ środki informatyczne i media*. Warszawa: IMPULS, 2005 (cyt. na s. 8).
- [86] M. Tanaś, red., *Cyfrowa przestrzeń kształcenia*. Warszawa: IMPULS, 2015 (cyt. na s. 8).
- [87] B. Siemieniecki. (2018). prof. zw. dr hab. Bronisław Siemieniecki, adr.: <http://www.edukacja.torun.pl/prof-zw-dr-hab-bronislaw-siemieniecki-dzialalnosc-naukowa/> (cyt. na s. 8).
- [88] (2018). Centrum Badań Edukacyjnych nad Mediami, adr.: <http://www.edukacja.torun.pl/obszary-badan/> (cyt. na s. 8).

- [89] S. Weinbrenner, A. Gienza i H. U. Hoppe, “Engineering heterogeneous distributed learning environments using tuple spaces as an architectural platform.”, angielski, *Proceedings from ICALT 2007: 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, s. 434–436, lip. 2007 (cyt. na s. 8).
- [90] T. Anderson i F. Elloumi, *Theory and Practice of Online Learning*, angielski. Athabasca University, Canada, 2004, ISBN: 0-919737-59-5 (cyt. na s. 8).
- [91] P. Różewski, E. Kusztnina, R. Tadeusiewicz i O. Zaikin, *Intelligent Open Learning Systems: Concepts, Models and Algorithms*, angielski, ser. Intelligent Systems Reference Library. Springer Berlin Heidelberg, 2011, ISBN: 9783642226670. adr.: <https://books.google.pl/books?id=Mnz4zY9T2CIC> (cyt. na s. 8).
- [92] B. Galwas, “Otwarte uniwersytety, otwarte zasoby edukacyjne, otwarty dostęp do wiedzy”, w *Postęp e-edukacji, praca zbiorowa pod redakcją Ośrodka Kształcenia na Odległość OKNO PW*, R. Rak, B. Galwas i E. Piwowarska, red., Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2008 (cyt. na s. 8).
- [93] M. Hyla, *Przewodnik po e-learningu*. Warszawa, Poland: Wolters Kluwer Polska, 2016, ISBN: 978-83-264-9515-1 (cyt. na s. 8).
- [94] H. Beetham i R. Sharpe, *Rethinking Pedagogy for a Digital Age: Designing for 21st Century Learning*, angielski, R. Sharpe, red. Routledge, 2007, ISBN: 978-0415539975 (cyt. na s. 8).
- [95] L. Hojnacki, red., *M-LEARNING, czyli (r)ewolucja w nauczaniu*. Warszawa: Think Global sp. z o.o., 2011. adr.: https://www.edunews.pl/images/pdf/Mobilna_edukacja_nauczyciel_2011.pdf (cyt. na s. 8).
- [96] M. Hyla, *Przewodnik po e-learningu*. Warszawa, Poland: Wolters Kluwer Polska, 2007 (cyt. na s. 8).
- [97] R. C. Clark i R. E. Mayer, *E-learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning*, angielski. Wiley, 2016, ISBN: 978-1-119-15868-4 (cyt. na s. 8).
- [98] C. Beevers, C. Milligan i R. Thomas, “Item Analysis”, angielski, *December 2003*, paź. 2004. adr.: <http://www.scrolla.hw.ac.uk/focus/ia.html> (cyt. na s. 8).
- [99] J. Kehoe, “Basic Item Analysis for Multiple-Choice Tests”, angielski, *ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation.*, 1995. adr.: http://www.ericfacility.net/databases/ERIC_Digests/ed398237.html (cyt. na s. 8).
- [100] M. McAlpine, “A Summary of Methods of Item Analysis”, angielski, *CAA Centre Blueprint, Number 2, Robert Clark*, 2002. adr.: <http://caacentre.lboro.ac.uk/dldocs/BP2final.pdf> (cyt. na s. 8).
- [101] R. E. Mayer, “Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning”, angielski, 2009 (cyt. na s. 8).
- [102] R. E. Mayer i R. Moreno, “Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning”, *Educational psychologist*, nr. 38(1), s. 43–52, 2003 (cyt. na s. 8).
- [103] J. Porebski i P. Korochocka, *SPICE program analizy nieliniowej układów elektronicznych*, Warszawa: WNT, 1992,1996 (cyt. na s. 8).
- [104] J. Ogrodzki, *Circuit simulation methods and algorithms*. Boca Raton, USA: CRC Press, 1994 (cyt. na s. 8).
- [105] R. Saleh, S. Jou i A. Newton, *Mixed-mode simulation and analog multilevel simulation*. Norwell, Massachusetts 02061, USA: Kluwer Academic Publishers, 1994, ISBN: 0-7923-9473-9 (cyt. na s. 8).

- [106] J. Baranowski, D. Bukat i J. Ogrodzki, “OPTIMA tool for device modelling towards a bank of models: tunnel and charge diodes”, *TOiUE PROCEEDINGS*, s. 84–90, 1992 (cyt. na s. 8).
- [107] D. Erdman i in., *CAzM - Circuit AnalyZer with Macromodeling Version Realize 4.1*, MCNC Center for Microelectronics i Duke University, USA, 1990 (cyt. na s. 8).
- [108] P. Saviz i O. Wing, “PYRAMID - A hierarchical waveform relaxation-based circuit simulation program”, *IEEE Int. Symp. Circuits and Systems*, maj 1988 (cyt. na s. 8).
- [109] L. Chua i P. Lin, *Computer-aided analysis of electronic circuits, Algorithms and computational techniques*. Warszawa: Prentice-Hall, 1975 (cyt. na s. 8).
- [111] J. Rowley, “The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy”, *Journal of Information Science*, t. 33, nr. 2, s. 163–180, 2007. DOI: 10.1177/0165551506070706 (cyt. na s. 9).
- [112] S. Baškarada i A. Koronios, “Data, Information, Knowledge, Wisdom (DIKW): A Semiotic Theoretical and Empirical Exploration of the Hierarchy and its Quality Dimension”, *Australasian Journal of Information Systems*, t. 18, nr. 1, 2013, ISSN: 1326-2238. adr.: <http://journal.acs.org.au/index.php/ajis/article/view/748> (cyt. na s. 9).
- [113] E. Kamhawi. (2017). The three tiers architecture of knowledge flow and management activities, adr.: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1471772710000321> (term. wiz. 12.10.2010) (cyt. na s. 9).
- [117] D. Bukat i J. Ogrodzki, *OPTIMA v.2.0: uniwersalny analizator układów elektronicznych*. Warszawa: WNT, 1995, ISBN: 83-204-1816-X (cyt. na s. 12).
- [119] (2016). Spice 3F5, adr.: <https://embedded.eecs.berkeley.edu/pubs/downloads/spice/spice.html> (cyt. na s. 12).

