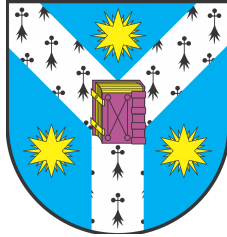


Facultatea de Informatică, Universitatea „Alexandru Ioan
Cuza” din Iași, România.



Către învățarea adaptivă personalizată: o abordare scalabilă și interoperabilă folosind tehnologiile web semantic

Rezumat

Autor: Ufuoma Chima Apoki

Conducator: Gloria-Cerasela-Crisan

2022

0.1 Continuturi

Authorship Declaration, Originality Statement, and Publications . . .	i
University Reports . . .	i
Journal Papers . . .	ii
Conference Proceedings and Book Chapters . . .	ii
Abstract . . .	iv
Acknowledgements . . .	vi
1 Introduction . . .	1
1.1 Motivation . . .	1
1.2 Research Hypothesis . . .	4
1.3 Aims and Objectives of this Research . . .	4
1.4 Research Questions . . .	5
1.5 Summary of Contributions . . .	7
1.6 Research Phases . . .	8
1.7 Organisation of Chapters . . .	11
2 Personalised E-Learning: A 21st Century Challenge . . .	13
2.1 Introduction . . .	13
2.2 The Changing Face of E-learning . . .	13
2.3 Learning Theories . . .	16
2.3.1 Behaviourism . . .	17
2.3.2 Cognitivism . . .	18
2.3.3 Constructivism . . .	18
2.3.4 The Application of Learning Theories in Personalised Learning . . .	19
2.4 A Personalised Approach to Learning . . .	21
2.4.1 Personalisation in E-learning . . .	23
2.4.2 Comparing the Forms of Personalisation in E-learning . . .	23
2.4.3 The Differences Between the Forms of Personalisation in E-learning . . .	26

2.4.4 Personalised Adaptive Learning . . .	27
2.4.5 Personalised Adaptive Learning Strategies . . .	28
2.4.6 The Framework of Personalised Adaptive Learning . . .	29
2.5 Chapter Synopsis . . .	31
3 Designing a Personalised Adaptive Learning System . . .	32
3.1 Introduction . . .	32
3.2 The Architecture of a Personalised Adaptive Learning System . . .	32
3.2.1 The Learner Model . . .	33
3.2.2 The Domain Model . . .	33
3.2.3 The Pedagogical Model . . .	33
3.2.4 The Interface Model . . .	34
3.3 Sources and Targets of Personalisation . . .	34
3.3.1 Input Variables . . .	34
3.3.2 Output Variables . . .	36
3.4 Adaptive and Intelligent Technologies in E-learning . . .	37
3.4.1 Adaptivity and Intelligence . . .	37
3.4.2 Adaptive and Intelligent Approaches to Personalising Instruction . . .	40
Macro-adaptive Approach . . .	40
Micro-adaptive Approach . . .	40
Aptitude-treatment Interaction (ATI) Approach . . .	41
Constructivist-collaborative Approach . . .	42
3.4.3 Adaptive and Intelligent E-learning Systems . . .	44
3.5 Current Trends in Adaptive and Intelligent E-learning Systems . . .	45
3.5.1 The Semantic Web: Web 3.0 . . .	45
Ontologies . . .	48
3.5.2 Standardisation . . .	49
From Digital Learning Resources to Learning Objects . . .	49
Standards and Specifications in E-learning . . .	51
3.5.3 Modular Frameworks . . .	54

Pedagogical Agents . . .	54
3.5.4 Data Mining and Machine Learning . . .	55
3.6 From Source to Target of Personalisation . . .	55
Learner Modelling: Scope, Design, and Time-frame . . .	55
Learner Modelling: Structure of Learner Models . . .	56
How to Adapt . . .	58
3.7 Survey of Personalised Adaptive Learning Systems . . .	59
3.7.1 Personalisation with Multi-Agent Systems . . .	59
MASHA-EL . . .	59
u-TA . . .	59
AELS-A/OPN . . .	61
AILS . . .	61
3.7.2 Custom Personalisation with Semantic Web Technologies .	
. . .	62
Protus 2.0 . . .	62
TANGRAM . . .	63
Rule-PAdel . . .	64
DIOGENE . . .	64
3.7.3 Personalisation by Extending LMSs or VLEs . . .	65
MAL . . .	65
AAST Moodle . . .	65
PLeMSys . . .	66
Providing Adaptivity in Moodle LMS Courses . . .	67
3.8 Chapter Synopsis . . .	67
4 The Design of WASPEC . . .	68
4.1 Introduction . . .	68
4.2 Justification of a Semantic Rule-based Approach and Modular Frameworks Towards Personalised Adaptive Learning . . .	68
4.2.1 The Specification and Accommodation of Multiple Parameters . . .	69
4.2.2 Learning Resources with Specified Levels of Context . . .	

	70
4.2.3 Flexibility and Interoperability . . .	70
4.3 The Set of Possible Criteria for Personalisation . . .	71
4.4 The Learner Model . . .	75
4.5 The Domain Model . . .	76
4.6 The Conceptual Architecture of WASPEC . . .	79
4.7 The Pedagogical Model . . .	80
4.7.1 The Structure of E-learning Ontology for Multi-Parameter Personalisation . . .	81
Domain Ontology . . .	81
Learner Model Ontology . . .	82
Task Ontology . . .	83
4.8 Personalising Courses on WASPEC . . .	83
4.8.1 Phase 1: Personalisation According to Personal Needs . . .	84
4.8.2 Phase 2: Personalisation According to Individual Charac- teristics . . .	84
Metrics for Selecting and Combining Relevant Parameters . . .	86
Interpreting the LOR-PD and CRLO-PD indexes . . .	89
Applying Dynamic Programming to Optimise LOR-PD Indexes for Selection . . .	90
4.8.3 Phase 3: Adaptivity According to Performance and Per- sonal Development . . .	91
4.9 A Use-Case of the Learning Process . . .	92
4.10 Chapter Synopsis . . .	94
5 Implementing WASPEC . . .	95
5.1 Introduction . . .	95
5.2 The Technical Architecture of WASPEC . . .	95
5.3 WASPEC Virtual Learning Environment . . .	96
5.3.1 Downloading and Installing Moodle . . .	97
5.3.2 Extending Moodle . . .	97

The Learner Profile Block . . .	97
Web Services . . .	98
5.4 WASPEC Service Framework . . .	100
5.5 WASPEC Semantic Framework . . .	103
5.5.1 Mapping RDBs to RDF Schemas . . .	103
5.5.2 Creating E-learning Ontology for Multi-Parameter Personalisation . . .	106
5.5.3 SWRL Rules . . .	108
5.6 Creating a Personalised Course on WASPEC . . .	109
5.6.1 Course Structure . . .	109
5.6.2 Personalisation on WASPEC Service Framework . . .	109
5.6.3 Visualising the Personalised Course . . .	116
5.7 WASPEC Multi-Agent System . . .	119
5.8 Chapter Synopsis . . .	120
6 Evaluation of the WASPEC Platform . . .	121
6.1 Introduction . . .	121
6.2 Review of Research Questions and Hypothesis . . .	121
6.3 Moving From Research Questions to Experimental Results . . .	123
6.4 Testing Hypothesis H1 with the Metrics for Selection and Combination of Relevant Parameters . . .	124
6.4.1 LOR-PD and CRLO-PD Values of the Personalised English Course . . .	124
Analysis of the Indexes for Selection and Combination . . .	127
6.5 Experiment 1: Hypothesis H1 Testing . . .	128
6.5.1 Participants' Demographics and Experiment Setup . . .	128
6.5.2 Participants' Responses . . .	129
Perceived Usefulness . . .	130
Perceived Ease of Use . . .	131
Perceived Intention to Use . . .	131
Perceived Attitude Towards Using . . .	132
6.5.3 Participants' Comments . . .	133

6.5.4 Satisfaction Rates and Internal consistency . . .	134
6.6 Experiment 2: Hypothesis H2 Testing . . .	135
6.6.1 Participants' Demographics and Experiment Setup . . .	135
6.6.2 Procedure . . .	136
6.6.3 Learner Experience Survey . . .	136
6.6.4 Students' Comments . . .	138
6.6.5 Internal Consistency and Acceptance Rates . . .	139
6.7 Discussion . . .	139
6.7.1 Comparing the WASPEC Platform to Surveyed Personalised Systems . . .	140
6.8 Chapter Synopsis . . .	141
7 Conclusions and Future Directions . . .	142
7.1 Introduction . . .	142
7.2 Review of Research Objectives . . .	142
7.2.1 RO1: The Literature Review . . .	143
7.2.2 RO2: The Proposal and Design of WASPEC . . .	144
7.2.3 RO3: Implementing WASPEC . . .	145
7.2.4 RO4: Experiments to Evaluate WASPEC . . .	146
7.3 Contribution to the State-of-the-art . . .	147
7.4 Implementation Challenges and Future Directions . . .	148
Appendix A Index of Learning Style Questionnaire . . .	151
A.1 Visual-Verbal Dimension of FSLSM . . .	152
A.2 Sensing-Intuitive Dimension of FSLSM . . .	153
A.3 Global-Sequential Dimension of FSLSM . . .	154
Appendix B Semantic Web Components . . .	155
B.1 EOMPP Classes and Properties . . .	155
B.2 SWRL Rules . . .	157
Personalisation Parameters and Data Elements . . .	157
Competencies, Courses, and Learning objects . . .	157
Learning Objects and Properties . . .	157
Learning Objects, Data Elements, and Personalisation Parameters . . .	157

Competencies and Personalisation Parameters . . .	158
Users, Groups, and Cohorts . . .	159
Users and Completed Assessments . . .	159
Appendix C Participant Information Sheet . . .	160
Appendix D Participant Consent Form . . .	162
Bibliography . . .	163

0.2 Introducere

O schimbare majoră pozitivă – și poate discutabilă – pe care a adus-o era Internetului a fost accesul pe scară largă și nerestricționat la materiale educaționale de înaltă calitate, deși nu într-un sens formal. Împreună cu îmbunătățirile continue și diverse ale tehnologiei informației și comunicațiilor (TIC), mijloacele și procesul de învățare evoluează constant. Odată cu evenimente precum pandemia COVID-19, această evoluție este accelerată, făcând activitățile care implică învățarea electronică, învățarea bazată pe web, învățarea online și învățarea la distanță o parte necesară a educației formale și tradiționale. Aceste forme de învățare propagă învățarea asincronă în care actorii principali (învățătorul, profesorul și mediul de învățare) nu sunt neapărat definiți de timp și loc prin utilizarea rețelelor, computerelor și dispozitivelor inteligente [9].

Tranziția de la formele tradiționale de învățare la alte forme bazate pe tehnologie, susținute de rețea, auto-ritm și asincron necesită rezolvarea mai multor probleme. Accesul la sistemele de învățare nu implică întotdeauna o învățare eficientă sau satisfăcătoare. Aceasta deoarece, învățarea, în mare măsură, este un proces care „poate fi recunoscut ca individualist, complex și uneori haotic” [3] și există în diferite etape. Calitatea interacțiunilor unu-la-unu dintre profesori și elevi este una dintre provocările cu care se confruntă atât formele de învățare tradiționale (bazate în clasă), cât și cele asincrone. Deși acest lucru poate fi realizat într-o oarecare măsură într-un sistem educațional tradițional, este o provocare uriașă într-un mediu de învățare asincron, deoarece factorii de mediu (care pot afecta învățarea) sunt numeroși și diverși.

Învățarea personalizată abordează această problemă prin înlocuirea unei paradigme de învățare universală cu un scenariu

în care cursantul se află în centrul procesului de învățare. Aceasta presupune luarea în considerare a preferințelor, intereselor, obiectivelor și abilităților cursantului în timpul procesului de învățare pentru a îmbunătăți satisfacția învățării, minimizând în același timp perturbarea. Potrivit lui Fischer [6], există o nevoie fundamentală de sisteme care interacționează cu utilizatorii pentru a oferi experiențe care sunt adaptate la mediul utilizatorului, experiența de învățare și obiectivele vizate. Acest lucru necesită prezentarea informațiilor utilizatorilor în cea mai potrivită formă și la cel mai potrivit moment, precum și în orice moment, loc sau mod. Astfel, personalizarea în învățare are sarcina de a satisface nevoile cursantului, iar preferințele depind de acesta și de a folosi informațiile despre cursant (explicit sau implicit) pentru personalizare ulterioară.

În comparație cu un mediu de învățare tradițional, mulți factori pot afecta procesul de învățare – și pot servi drept criterii de personalizare – într-un mediu de învățare electronică. Trăsăturile cognitive, trăsăturile comportamentale, abilitățile, factorii sociali și stările afective ale elevului sunt exemple de astfel de factori [10, 8, 1]. Astfel de date pot fi colectate fie folosind chestionare explicite, fie metode implicite (monitorizarea cursantului). Proiectanții de cursuri și instructorii se confruntă apoi cu provocarea de a echilibra timpul petrecut culegând astfel de informații cu procesul real de învățare pentru a evita interferența nejustificată. Procesul tipic este de a modela mediul de învățare cu câțiva parametri care sunt relevanți pentru contextul cursanților [5, 1]. Acest lucru reduce, de asemenea, efortul necesar pentru a oferi resurse de învățare pentru a satisface cea mai largă gamă de nevoi posibile.

Paragrafele precedente demonstrează că există unele probleme și provocări asociate cu tranziția de la învățare tradițională la e-learning. Următoarele sunt câteva dintre provocările și lacunele

actuale ale e-learning-ului personalizat în acest context:

- Lipsa învățării personalizate pe platformele de învățare electronică,
- Lipsa conținutului personalizat reutilizabil,
- Un raport ridicat elev-profesor și
- Cerința de a include mai multe criterii de personalizare.

0.2.1 Ipoteza cercetării

În loc să dezvolte o platformă de e-learning personalizată care să susțină câțiva parametri de personalizare fix care, în cele mai multe cazuri, nu pot fi aplicați unui alt domeniu de cunoștințe, o abordare care poate aplica un set de posibile criterii de personalizare și poate fi interfațată cu e-learning existente. pot fi utilizate sisteme de învățare, cum ar fi sistemele de management al învățării, care nu includ personalizarea în mod implicit. Prin urmare, ipoteza care stă la baza acestei cercetări poate fi formulată după cum urmează:

Diferitele cursuri pe o platformă de e-learning pot fi personalizate prin selectarea și combinarea parametrilor relevanți pentru fiecare curs într-o manieră reutilizabilă, iar acest conținut de învățare personalizat poate fi prezentat în mod dinamic cursanților, satisfacând nevoile și preferințele acestora.

0.2.2 Obiectivele cercetării

Pentru a testa ipoteza enunțată, scopul cercetării este definit după cum urmează:

Inițiativa de e-learning a programului WASPEC își propune să demonstreze selecția și combinarea parametrilor relevanți pentru diferite cursuri dintr-un curriculum, precum și modul în care conținutul de învățare personalizat poate fi adaptat în mod dinamic la preferințele, nevoile și capacitatea cursanților de a îndeplini învățarea specificată. obiective.

Pentru atingerea scopului declarat al cercetării au fost stabilite următoarele obiective:

- **RO1:** Efectuați o analiză extinsă a literaturii despre învățarea personalizată, criteriile de personalizare, adaptabilitatea și inteligența și sistemele de e-learning cu criterii multiple de personalizare.
- **RO2:** Folosind tehnologii web semantic și agenți pedagogici, propuneți și proiectați un model pentru încorporarea mai multor criterii de personalizare pe o platformă de e-learning. Și demonstrează cum modelul de design realizează personalizarea și adaptabilitatea într-o manieră dinamică și reutilizabilă.
- **RO3:** Implementarea unui prototip de lucru al modelului propus.
- **RO4:** Evaluați implementarea finală, mai întâi folosind o abordare euristică (cercetători și experți familiarizați cu învățarea personalizată), apoi cu cursanții (care urmează un curs personalizat).

0.2.3 Întrebări de cercetare

Următoarele întrebări apar ca urmare a obiectivelor declarate ale acestei cercetări:

- **RQ1:** *Cum pot fi selectați parametri relevanți pentru cursuri atunci când există un set de criterii multiple de personalizare?*

Din recenziile anterioare, s-a observat că majoritatea platformelor de învățare personalizate foloseau un număr fix de parametri pentru personalizare, deoarece aceasta era o abordare fezabilă. Incorporarea unui număr excesiv de parametri va duce la proiectarea unui număr nepractic de trasee de învățare [4, 7]. La încorporarea mai multor parametri, au fost propuse mai multe abordări pentru personalizare [4]. Astfel, mai degrabă decât abordarea personalizării cu un set fix de criterii, cursurile ar trebui să fie personalizate pe baza materialelor de învățare existente și a deciziilor instructorului sau expertului de domeniu.

- **RQ2:** *Cum pot fi implementate personalizarea și adaptabilitatea într-o manieră reutilizabilă și dinamică pe o platformă de e-learning?*

Personalizarea nu este inclusă în mod implicit în platformele de e-learning cele mai frecvent utilizate, conform unei examinări a diferitelor platforme de e-learning [2, 1]. Și este adesea dificil să aplicați abordarea personalizării într-un domeniu diferit în studiile care implementează personalizarea și adaptabilitatea prin sisteme de e-learning concepute la comandă, fără o reproiectare și implementare completă. Ca urmare, conținutul personalizat poate fi creat și partajat cu alte sisteme folosind o abordare de personalizare care este independentă de sistemul de e-learning, deoarece majoritatea platformelor utilizate pe scară largă trebuie proiectate în conformitate cu unele standarde.

Pentru a aborda problema raportului tutor-elev, unele sarcini trebuie să fie automatizate. Astfel de sarcini pot fi delegate agenților pedagogici, instructorii de curs ocupându-se de responsabilitățile mai complicate și mai complexe.

0.3 Organizarea capitolelor

Această teză se adresează e-learning-ului adaptativ personalizat, cu accent special pe LMS, pentru a se potrivi nevoilor și preferințelor cursanților, rezultând experiențe de învățare mai satisfăcătoare. De asemenea, este prezentată WASPEC, o platformă de învățare care acceptă parametri multipli de personalizare, cu tehnologii web semantic și agenți pedagogici, împreună cu proiectarea, implementarea și evaluarea acesteia. Teza este împărțită în șapte capitole, care sunt rezumate mai jos:

Capitolul 1, *Introduction*, dă tonul pentru restul tezei, oferind o introducere generală și fundal cercetării, contextul și domeniul de aplicare al acesteia. Principala întrebare care motivează această cercetare, precum și ipoteza care își propune să răspundă, sunt definite aici. De asemenea, sunt menționate scopurile și obiectivele cercetării, urmate de principalele contribuții. Aceasta oferă o imagine de ansamblu cuprinzătoare a tezei pentru a oferi audienței un sentiment al imaginii de ansamblu pe care încearcă să o abordeze această cercetare.

Capitolul 2, *Personalized E-Learning: A 21st Century Challenge*, oferă o trecere în revistă a literaturii de specialitate privind principalele concepte care stau la baza e-learning-ului personalizat și evoluția acesteia. Pentru început, oferă o privire de ansamblu asupra teoriilor majore ale învățării (behaviorism, cognitivism și constructivism) și impactul acestora asupra tranziției de la învățarea la clasă și e-learning tradițional la e-learning personalizat. În al doilea rând, descrie obiectivele, beneficiile și provocările învățării personalizate. În cele din urmă, examinează câteva criterii de personalizare utilizate în mediile de învățare personalizate. Scopul principal al capitolului este de a introduce problema pe care o abordează această cercetare.

Capitolul 3, *Designing a Personalised E-learning Platform*, ex-

tinde revizuirea literaturii din capitolul anterior, stabilind tonul pentru proiectarea platformei de învățare WASPEC. Acesta examinează diferite abordări ale proiectării sistemelor de e-learning personalizate, subliniind provocările asociate abordărilor rezumate.

Capitolul 4, *The Design of WASPEC*, descrie designul și arhitectura noii abordări de personalizare a conținutului pe sistemele de management al învățării care încorporează tehnologii web semantic, standardizare și agenți pedagogici. Capitolul descrie principiile și ideile care stau la baza acestei abordări semantice bazate pe reguli a personalizării, precum și ontologia care o susține. În continuare, se discută despre procesul de selectare și combinare a parametrilor de personalizare, precum și de metricile care permit acest lucru. În final, sunt descrise diferitele niveluri și proceduri de personalizare care au loc în timpul procesului de învățare.

Capitolul 5, *Implementarea WASPEC*, descrie dezvoltarea unui sistem prototip folosind abordarea descrisă în capitolul anterior. Tehnologiile și instrumentele utilizate în implementarea WASPEC, inclusiv Moodle, un LMS, sunt detaliate aici. Capitolul se încheie prin examinarea dificultăților întâmpinate în implementarea WASPEC.

Rezultatele validării abordării propuse în această teză sunt prezentate în **Chapter 6**, *Evaluation Methodology*. Acesta descrie experimentele folosite în procesul de evaluare, primul fiind o evaluare din perspectiva unui instructor de curs, iar al doilea implicând studenții care urmează un curs personalizat pe platforma de învățare WASPEC. Constatările sunt discutate în detaliu, iar capitolul se încheie cu o discuție generală a sistemului propus. În cele din urmă, platforma este comparată cu alte platforme de acest gen.

Această teză este încheiată în **Chapter 7**, *Conclusions and Fu-*

ture Directions. Capitolul oferă o imagine de ansamblu asupra obiectivelor și contribuțiilor cercetării, precum și o reflecție asupra măsurii în care au fost îndeplinite obiectivele enunțate în Capitolul 1. În cele din urmă, sunt discutate ideile viitoare de lucru și îmbunătățirile aduse acestei abordări.

0.4 Rezumatul contribuțiilor

Prin dezvoltarea unei abordări interoperabile de e-learning, acest studiu contribuie la îndeplinirea provocărilor personalizării și accesului la conținut educațional. Acest lucru facilitează partajarea conținutului de învățare personalizat și asigură o scalabilitate eficientă. Acest studiu contribuie la învățarea adaptativă personalizată prin proiectarea, implementarea și evaluarea platformei WASPEC. Principalele contribuții sunt enumerate mai jos:

1. **Proiectarea și dezvoltarea unei ontologii pentru a sprijini personalizarea multiplă a conținutului de învățare în domeniul e-learning**

O ontologie, E-learning Ontology for Multi-Parameter Personalization (EOMPP), a fost creată pentru a sprijini reutilizarea și interoperabilitatea între diferite platforme de e-learning. Relațiile dintre parametrii de personalizare și standardele de metadata care descriu materialele de învățare au fost definite de EOMPP. De asemenea, a descris relațiile într-un sistem de e-learning între un domeniu de cunoaștere și caracteristicile cursantului.

2. **Definirea unor metrici pentru selectarea și combinarea parametrilor relevanți pe baza conținutului de învățare existent**

Au fost definite două metrici pentru a determina parametri relevanți pentru fiecare curs pe baza conținutului acestuia. Aceste valori aplicate dinamic ajută un instructor de curs în selectarea parametrilor relevanți. Metricurile determină combinația adecvată și dinamică a acestor parametri în adaptivitate în timp real la diferitele niveluri de personalizare odată ce parametrii relevanți au fost selectați.

3. Dezvoltarea unui model bazat pe ontologie pentru a sprijini multipersonalizarea și adaptabilitatea materialelor de învățare într-un sistem de e-learning cu agenți pedagogici

În ciuda faptului că au o gamă largă de funcționalități, majoritatea sistemelor de e-learning, cum ar fi sistemele de management al învățării și mediile virtuale de învățare, nu acceptă personalizarea și adaptabilitatea în mod implicit. Modelul WASPEC a constatat din componente foarte modulare care au permis flexibilitate în personalizare fără a perturba funcționalitățile de bază ale sistemului de e-learning.

4. Implementarea platformei WASPEC pentru personalizare adaptivă și reutilizabilă Moodle a fost extinsă pentru a crea o platformă de e-learning pentru a testa abordarea propusă de WASPEC.

Ontologia propusă, metricile pentru selectarea și combinarea parametrilor relevanți pentru personalizare și agenții pedagogici au fost toate incluse în această platformă.

5. Evaluarea platformei de învățare WASPEC

Au fost efectuate două experimente pentru a evalua WASPEC. Primul obiectiv a fost acela de a evalua cât de bine sistemul își îndeplinește funcționalitatea de bază din perspectiva

instructorilor de curs. Al doilea pas a fost testarea ipotezei cu studenții în scenarii de învățare din lumea reală. Descoperirile indică faptul că această abordare oferă perspective noi și valoroase asupra învățării adaptative personalizate în sistemele de e-learning.

6. Contribuție la corpul de cunoștințe privind învățarea personalizată

Mai multe rapoarte, recenzii și lucrări bazate pe această cercetare au fost prezentate, publicate și revizuite de către experți în domeniile e-learning personalizat și adaptivitate.

Bibliography

- [1] U. C. Apoki, H. K. M. Al-Chalabi, and G. C. Crisan. From Digital Learning Resources to Adaptive Learning Objects: An Overview. In Dana Simian and Laura Florentina Stoica, editors, *Modelling and Development of Intelligent Systems*, volume 1, pages 18–32. Springer International Publishing, 2020.
- [2] U. C. Apoki, S. Ennouamani, H. K. M. Al-Chalabi, and G. C. Crisan. A Model of a Weighted Agent System for Personalised E-Learning Curriculum. In Dana Simian and Laura Florentina Stoica, editors, *Modelling and Development of Intelligent Systems*, volume 1126 of *Communications in Computer and Information Science*, pages 3–17. Springer International Publishing, Cham, 2020.
- [3] R. Costello and D.P. Mundy. The adaptive intelligent personalised learning environment. In *2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pages 606–610, 2009.
- [4] F. Essalmi, L. J. B. Ayed, and M. Jemni. An Ontology Based Approach for Selection of Appropriate E-learning Personalization Strategy. In *2010 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, number August, pages 724–725. IEEE, jul 2010.
- [5] F. Essalmi, L. J. B. Ayed, M. Jemni, S. Graf, and Kinshuk. Generalized metrics for the analysis of E-learning person-

Bibliography

- alization strategies. *Computers in Human Behavior*, 48:310–322, jul 2015.
- [6] G. Fischer. User modeling in human–computer interaction. 11:65–86, 2001.
- [7] R. Haddaji, F. Essalmi, S. Hamzaoui, and A. Tlili. Toward the selection of the appropriate e-learning personalization strategy. In Elvira Popescu, Kinshuk, Mohamed Koutheair Khribi, Ronghuai Huang, Mohamed Jemni, Nian-Shing Chen, and Demetrios G. Sampson, editors, *Innovations in Smart Learning*, Lecture Notes in Educational Technology, pages 59–68. Springer Singapore, Singapore, 2017.
- [8] S. Thalmann. Adaptation criteria for the personalised delivery of learning materials: A multi-stage empirical investigation. *Australasian Journal of Educational Technology*, 30(1):45–60, mar 2014.
- [9] S. Tsai and P. Machado. E-learning basics: Essay. *eLearn Mag.*, 2002:3, 2002.
- [10] M. Vandewaetere, P. Desmet, and G. Clarebout. The contribution of learner characteristics in the development of computer-based adaptive learning environments. *Computers in Human Behavior*, 27(1):118–130, jan 2011.