

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA
Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică
Departamentul Ingineria Software și Automatică

Admis la susținere
Șef departament:
FIODOROV Ion dr., conf.univ.

„___” _____ 2026

ANALIZA MECANISMELOR DE ADAPTARE DINAMICĂ A GRADULUI DE DIFICULTATE A JOCULUI

Proiect de master

Student: _____ **Sandu Corneliu, TIA-241M**
Coordonator: _____ **Chirev Pavel, lect. univ.**
Consultant: _____ **Cojocarua Svetlana, asist.univ.**

Chișinău, 2026

REZUMAT

Lucrarea analizează adaptarea dinamică a dificultății în jocurile video, evidențiind modul în care tehnicile moderne de inteligență artificială pot optimiza experiența utilizatorului. Scopul cercetării este de a examina fundamentele teoretice ale dificultății în game design și de a identifica metode eficiente de ajustare automată a nivelului de provocare în funcție de caracteristicile jucătorului.

În prima parte sunt clarificate conceptele esențiale privind dificultatea în jocuri, evoluția sistemelor adaptive de la modele statice la soluții dinamice și rolul acestora în context social și economic. Sunt analizate teoriile relevante, în special conceptul de flow, precum și tipologiile și provocările asociate proiectării mecanismelor de adaptare.

Lucrarea continuă cu prezentarea principalelor metode de inteligență artificială utilizate pentru ajustarea dificultății, incluzând sisteme bazate pe reguli, tehnici de învățare automată, algoritmi de învățare prin întărire, rețele neuronale și arhitecturi hibride capabile să modeleze comportamentul jucătorului.

Ulterior sunt examinate strategiile concrete de implementare, precum adaptarea bazată pe performanță, modelarea profilului psihologic, predicția comportamentală și integrarea factorilor contextuali și narativi pentru realizarea unei personalizări multidimensionale.

O secțiune distinctă este dedicată impactului acestor sisteme asupra experienței utilizatorului, analizând efectele asupra stării de flow, retenției, satisfacției, percepției de echitate și diferențelor individuale dintre jucători.

În final, sunt discutate limitările tehnice și implicațiile etice ale sistemelor adaptive, inclusiv bias-ul algoritmic, costurile computaționale, protecția datelor și dificultățile de validare experimentală. Lucrarea propune un cadru conceptual pentru selectarea metodelor optime de inteligență artificială și conturează direcții viitoare de cercetare, precum explainable AI, federated learning și integrarea AI generative în dezvoltarea jocurilor video.

ABSTRACT

This paper analyzes dynamic difficulty adaptation in video games, highlighting how modern artificial intelligence techniques can optimize user experience. The main objective of the research is to examine the theoretical foundations of difficulty in game design and to identify effective methods for automatically adjusting the level of challenge according to player characteristics.

The first part clarifies the fundamental concepts related to difficulty in games, the evolution of adaptive systems from static models to dynamic solutions, and their social and economic relevance. Relevant theories are examined, particularly the concept of flow, along with the typologies and design challenges associated with adaptive mechanisms.

The study then presents the main artificial intelligence methods used for difficulty adjustment, including rule-based systems, machine learning techniques, reinforcement learning algorithms, neural networks, and hybrid architectures capable of modeling player behavior.

Subsequently, concrete implementation strategies are analyzed, such as performance-based adaptation, psychological profiling, behavioral prediction, and the integration of contextual and narrative factors to achieve multidimensional personalization.

A distinct section evaluates the impact of these systems on user experience, focusing on flow state, retention, satisfaction, perceived fairness, and individual differences among players.

Finally, the paper discusses technical limitations and ethical implications of adaptive systems, including algorithmic bias, computational costs, data privacy concerns, and challenges in experimental validation. A conceptual framework for selecting optimal artificial intelligence methods is proposed, and future research directions are outlined, including explainable AI, federated learning, and the integration of generative AI into video game development.

CUPRINS

INTRODUCERE	8
1 UNELE ASPECTE ALE ADAPTĂRII DINAMICE A DIFICULTĂȚII ÎN JOCURI VIDEO	9
1.1 Fundamentarea teoretică și rolul social al dificultății	9
1.1.1 Scopul și obiectivele	10
1.1.2 Rolul în societate și viața socio-economică	10
1.1.3 Conceptul de dificultate în designul jocurilor video	11
1.2 Evoluția și bazele conceptuale ale adaptării dinamice	12
1.2.1 Evoluția istorică: sisteme statice și sisteme dinamice	13
1.2.2 Teoria flow-ului	14
1.3 Clasificarea și tipologia sistemelor de adaptare	14
1.3.1 Taxonomia sistemelor de adaptare	15
1.3.2 Clasificări și tipologii	16
1.4 Provocări de proiectare și echilibru sistemic	17
1.4.1 Echilibrul între challenge și accesibilitate	18
1.4.2 Probleme în implementarea sistemelor dinamice	19
2 METODE ȘI TEHNICI DE AI PENTRU ADAPTAREA DIFICULTĂȚII	20
2.1 Sisteme simbolice și bazate pe reguli	20
2.1.1 Rule Based Systems	20
2.1.2 Arhitectură, implementare și limitări	21
2.2 Metode de învățare automată pentru modelarea jucătorului	24
2.2.1 Învățare supervizată și nesupervizată	24
2.2.2 Clustering	25
2.2.4 Modele predictive	27
2.3 Învățare prin întărire și aplicații în gaming	28
2.3.1 Q-learning	29
2.3.2 Deep Q-Networks (DQN)	30
2.3.3 Adaptare în timp real	31
2.4 Rețele neuronale și sisteme hibride	33
2.4.1 Deep Learning	33
2.4.2 Arhitecturi pentru modelarea comportamentului	34
2.4.3 Sisteme hibride și sisteme multi-agent	36
3 STRATEGII DE ADAPTARE DINAMICĂ: ABORDĂRI ȘI IMPLEMENTĂRI	39
3.1 Adaptarea pe bază de performanță	39
3.1.1 Metrici și praguri	40
3.1.2 Algoritmi de ajustare în timp real	41

3.2 Modelarea psihologică și comportamentală a jucătorului	42
3.2.1 Profil psihologic și stiluri de joc.....	43
3.2.2 Trăsături de personalitate	44
3.2.3 Analiza secvențelor de acțiuni.....	45
3.3 Adaptarea contextuală și personalizarea multidimensională	46
3.3.1 Factori temporali și narativi.....	47
3.3.2 Progresie în joc.....	48
3.3.3 Combinarea criteriilor de performanță, psihologice și comportamentale.....	49
4 IMPACTUL ADAPTĂRII DINAMICE ASUPRA EXPERIENȚEI UTILIZATORULUI.....	51
4.1 Flow, imersiune și engagement	52
4.1.1 Măsurarea stării de flow	53
4.1.2 Optimizarea experienței.....	54
4.2 Retenție, loialitate și satisfacție	55
4.2.1 Studii empirice	56
4.2.2 Date din industrie	57
4.3 Efecte cognitive și diferențe individuale	58
4.3.1 Motivație, frustrare și impactul vârstei.....	59
4.3.2 Experiența de gaming și preferințe personale.....	60
5 PROVOCĂRI, LIMITĂRI ȘI CONSIDERAȚII ETICE.....	62
5.1 Aspecte etice și autonomia jucătorului.....	62
5.1.1 Manipularea experienței	63
5.2 Bias algoritmic și echitate	64
5.2.1 Identificarea prejudecăților.....	65
5.2.2 Atenuarea bias-ului.....	65
5.3 Limitări tehnice și operaționale	66
5.3.1 Cost computațional.....	67
5.3.2 Optimizare și scalabilitate	68
5.4 Confidențialitate și evaluarea sistemelor.....	69
5.4.1 Colectarea datelor, stocare și utilizarea informațiilor.....	70
5.4.2 Metodologii de testare, validarea eficacității.....	71
CONCLUZII.....	73
BIBLIOGRAFIE.....	74

INTRODUCERE

Industria jocurilor video a cunoscut o evoluție spectaculoasă în ultimele decenii, transformându-se dintr-o formă de divertisment de nișă într-una dintre cele mai influente și profitabile ramuri ale economiei digitale globale. Pe măsură ce complexitatea mecanicilor de joc a crescut, iar publicul a devenit din ce în ce mai divers, dezvoltatorii s-au confruntat cu o provocare majoră ce vizează crearea unei experiențe echilibrate care să satisfacă simultan atât jucătorii începători, cât și pe cei experimentați. În modelele tradiționale de design, dificultatea este stabilită prin niveluri statice, o abordare care ignoră diferențele individuale de abilitate, ritmul de învățare sau starea emoțională a utilizatorului, conducând frecvent la apariția frustrării sau a plictiselii [1].

Pentru a depăși aceste limitări, cercetarea și industria s-au orientat către conceptul de Adaptare Dinamică a Dificultății, care presupune utilizarea unor sisteme capabile să monitorizeze în timp real performanța și comportamentul jucătorului pentru a ajusta automat parametrii jocului. Fundamentul teoretic al acestor mecanisme este reprezentat de teoria flow-ului, care susține că implicarea maximă apare atunci când provocarea este perfect calibrată cu nivelul de competență al individului. Actualitatea temei rezidă în integrarea tot mai profundă a algoritmilor de inteligență artificială, precum Machine Learning și Reinforcement Learning, care permit modelarea profilului psihologic al jucătorului și transformarea experienței de joc într-una profund personalizată.

Scopul principal al acestei lucrări este analiza detaliată a mecanismelor și tehnicilor de inteligență artificială utilizate pentru adaptarea dinamică a dificultății, evidențiind totodată avantajele, limitările tehnice și implicațiile etice ale acestora. Demersul științific începe cu o revizuire sistematică a literaturii de specialitate privind evoluția sistemelor de adaptare, trecând de la modelele rigide la cele flexibile, și continuă cu identificarea și clasificarea metodelor de inteligență artificială aplicate în gaming, de la sisteme bazate pe reguli simple până la algoritmi hibridi complecși. O atenție deosebită este acordată evaluării impactului acestor tehnologii asupra experienței utilizatorului, urmărind modul în care calibrarea automată influențează retenția și satisfacția generală.

În plus, cercetarea explorează provocările actuale legate de implementarea acestor sisteme, analizând aspecte precum bias-ul algoritmic, costul computațional ridicat și menținerea autonomiei jucătorului în fața unei mașini care decide nivelul de provocare. În final, lucrarea propune un cadru conceptual menit să ghideze selectarea metodelor optime de adaptare în funcție de contextul specific al fiecărui joc, contribuind astfel la înțelegerea modului în care tehnologiile inteligente pot crea medii interactive mai incluzive și mai captivante pentru toate categoriile de public. Prin această sinteză teoretică și practică, studiul oferă o perspectivă de ansamblu asupra viitorului designului de jocuri, unde personalizarea asistată de inteligența artificială devine elementul central al interacțiunii om-calculator.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Csikszentmihalyi, M. (1990). Flow: The Psychology of Optimal Experience.
<https://psycnet.apa.org/record/1990-98406-000>
- [2] Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2020). Self-Determination Theory.
<https://stia1.ie/resources/Ryan%20and%20Deci%202020%20self%20determination%20theory.pdf>
- [3] Yannakakis, G. N., & Togelius, J. (2018). Artificial Intelligence and Games.
<https://gameaibook.org>
- [4] Hunicke, R. (2005). The Case for Dynamic Difficulty Adjustment in Games.
<http://www.cs.northwestern.edu/~hunicke/pubs/HunickeAIIDE2005.pdf>
- [5] Novak, T. P., Hoffman, D. L., & Yung, Y.-F. (2000). Measuring the Customer Experience in Online Environments.
<https://www.researchgate.net/publication/220439296>
- [6] Drachen, A., Canossa, A., & Yannakakis, G. N. (2009). Player Modeling Using Self-Organization in Tomb Raider.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/5286483>
- [7] Andrade, G., Ramalho, G., Gomes, A., & Corruble, V. (2005). Dynamic Game Balancing: An Evaluation of User Satisfaction.
<https://www.researchgate.net/publication/220879411>
- [8] Charles, D., Black, M., Clarke, K., et al. (2005). Player-Centered Game Design: Player Modeling and Dynamic Difficulty Adjustment.
<https://www.researchgate.net/publication/220879522>
- [9] Silva, A., et al. (2020). A Survey on Player Modeling.
<https://arxiv.org/abs/2002.06824>
- [10] Zook, A., & Riedl, M. O. (2012). A Game-Theoretic Approach to Game Balancing.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10147669/>
- [11] Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). Reinforcement Learning: An Introduction (2nd ed.).
<http://incompleteideas.net/book/the-book-2nd.html>
- [12] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning.
<https://www.deeplearningbook.org>
- [13] Togelius, J., Yannakakis, G. N., Stanley, K. O., & Browne, C. (2011). Search-Based Procedural Content Generation: A Taxonomy and Survey.
<http://julian.togelius.com/Togelius2011Searchbased.pdf>
- [14] Hunicke, R. (2005). The Case for Dynamic Difficulty Adjustment in Games.

<http://www.cs.northwestern.edu/~hunicke/pubs/HunickeAIIDE2005.pdf>

[15] Bartle, R. (1996). Hearts, Clubs, Diamonds, Spades: Players Who Suit MUDs.

<https://mud.co.uk/richard/hcde.htm>

[16] Tondello, G. F., et al. (2016). The Gamification User Types Hexad Scale.

<https://www.researchgate.net/publication/308083575>

[17] Sweetser, P., & Wyeth, P. (2005). GameFlow: A Model for Evaluating Player Enjoyment in Games.

<https://www.researchgate.net/publication/220433894>

[18] Valve Corporation. Left 4 Dead AI Director.

<https://www.gdcvault.com/play/1305/Left-4-Dead-The-AI>

[19] John, O. P., & Srivastava, S. (1999). The Big Five Trait Taxonomy.

<https://pages.uoregon.edu/sanjay/pubs/bigfive.pdf>

[20] Belman, J., & Flanagan, M. (2010). Designing Games to Foster Empathy.

<https://tiltfactor.org/wp-content/uploads2/cog-tech-si-g4g-article-1-belman-and-flanagan-designing-games-to-foster-empathy.pdf>

[21] Friedman, B., & Nissenbaum, H. (1996). Bias in Computer Systems.

<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3110888>

[22] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning.

<https://www.deeplearningbook.org>

[23] Data Analytics in Games.

https://www.gamasutra.com/view/feature/130847/data_analytics_in_games.php