

УДК 004.942:376.1

ІМІТАЦІЙНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАКЦІЇ ОСВІТНЬОЇ СИСТЕМИ НА ЗАПИТИ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ З УРАХУВАННЯМ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ

А. М. Сивак, П. І. Шепіта

Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна

У статті висвітлено результати розробки та реалізації імітаційної моделі адаптивної інформаційної освітньої системи, здатної динамічно реагувати на індивідуальні запити здобувачів освіти в інклюзивному середовищі. Основною метою дослідження є формування підходу до аналізу та прогнозування поведінки освітньої платформи на етапі проєктування з урахуванням факторів часу, варіативності, інерційності та логіки умовного реагування. Імітаційна модель реалізована у середовищі MATLAB Simulink та базується на системі взаємопов'язаних блоків: генерації запитів, адаптації, фільтрації, перемикання, логічного контролю й візуалізації відповіді.

Модель враховує індивідуальні характеристики користувача через варіативний шумовий сигнал, що дозволяє відтворити когнітивні, сенсорні та поведінкові особливості взаємодії в цифровому освітньому середовищі. У статті запропоновано математичне формалізування основних компонентів системної реакції: сигналу запиту, адаптивного підсилення, обмежень реакції, логіки активації та інерційного згладжування. Побудовано графіки динаміки відповіді системи на змінні запити здобувачів освіти до та після застосування згладжування, що дало змогу продемонструвати вплив випадкових збурень на стабільність взаємодії.

Особливу увагу приділено візуалізації індивідуального ефекту на основі варіативних компонент, а також агрегованої реакції освітньої системи, що моделює фазовий розвиток взаємодії: від ініціалізації до стабілізації та реактивації. Експерименти проводилися з використанням реалістичних параметрів сигналу (амплітуда, частота, порогові значення, часові обмеження), що дозволяє апробувати модель у контексті реального освітнього процесу.

Отримані результати підтверджують ефективність використання імітаційного моделювання для побудови цифрових освітніх систем нового покоління, що забезпечують персоналізовану адаптацію навчального контенту відповідно до індивідуальних потреб здобувача освіти. Модель здатна виконувати функції прогнозування, адаптації до поведінки користувача, а також згладжування впливу випадкових збурень без втрати ключових характеристик навчальної взаємодії. Запропоноване рішення може слугувати базою для синтезу інтелектуальних освітніх середовищ з елементами нечіткої логіки, мультиагентної взаємодії та адаптивного управління в умовах інклюзивної освіти.

Ключові слова: імітаційне моделювання; інклюзивне середовище; адаптивна система; освітня взаємодія; Simulink; індивідуальні потреби; Matlab, часові умови, моделювання процесів.

Постановка проблеми. Розвиток інформаційних технологій значно розширив можливості освітнього середовища, зокрема в контексті підтримки інклюзивної освіти. Проте, попри наявність цифрових платформ, інструментів дистанційного навчання та адаптивних систем, ключовою проблемою залишається неготовність освітніх систем своєчасно й ефективно реагувати на індивідуальні запити здобувачів освіти із різними освітніми потребами.

У реальних умовах взаємодії учасників освітнього процесу часто не враховуються варіативність дій користувача, наявність когнітивних та сенсорних обмежень, а кож адаптивність відповіді з боку системи. Внаслідок цього цифрові освітні сервіси не забезпечують очікуваного рівня персоналізації, що є критичним у контексті інклюзії. Одним із підходів до вирішення цієї проблеми є застосування імітаційного моделювання для створення інформаційних моделей взаємодії в інклюзивному середовищі. Такі моделі дають змогу на етапі проєктування оцінити динаміку адаптації освітньої системи до змінних вхідних параметрів, зокрема – запитів користувачів, часових умов, обмежень доступності та індивідуальної варіативності. Створення подібних моделей у середовищі MATLAB Simulink дозволяє не лише візуалізувати поведінку цифрової системи, а й протестувати логіку її функціонування в різних сценаріях інклюзивної взаємодії.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Упродовж останнього десятиліття зросла увага до застосування інформаційних технологій для моделювання освітніх процесів, зокрема в інклюзивному контексті. Розробники цифрових освітніх платформ дедалі частіше інтегрують адаптивні механізми персоналізації навчання на основі аналізу поведінки користувачів та варіативних сценаріїв взаємодії [1-2].

У роботі [5] запропоновано гібридний підхід до моделювання когнітивної взаємодії на основі математичних моделей поведінки користувачів, що дозволяє підвищити точність прогнозування дій у віртуальному освітньому середовищі. Дослідження [2] присвячене застосуванню динамічного моделювання в Simulink для реалізації персоналізованих маршрутів навчання, що підтверджує ефективність даного підходу для різних категорій користувачів. У статті [1] розглянуто використання цифрових агентів у симуляціях адаптивної поведінки системи у змішаному навчанні.

Інклюзивна складова аналізується в дослідженні [4], де розглянуто адаптивні освітні інтерфейси, здатні змінювати алгоритм взаємодії відповідно до потреб користувача з порушеннями сприйняття. Також варто відзначити роботу [3], яка демонструє ефективність використання інструментів MATLAB Simulink для моделювання інтерфейсів з нечіткою логікою в інклюзивних освітніх системах.

Попри наявність значної кількості досліджень, усе ще недостатньо уваги приділяється саме моделюванню динамічної реакції освітньої системи на запити здобувачів освіти у режимі реального часу, з урахуванням індивідуальної

варіативності, інерційності та порогових умов. Це обумовлює необхідність створення повноцінної імітаційної моделі, яка дозволяє відтворити складну взаємодію в цифровому інклюзивному середовищі, оцінити ефективність адаптації та закласти основу для синтезу нових адаптивних освітніх платформ.

Мета статті. Метою цього дослідження є розроблення імітаційної моделі інформаційної взаємодії учасників освітнього процесу в інклюзивному середовищі з урахуванням індивідуальних особливостей здобувачів освіти, часових обмежень, інерційності реакції та логіки умовного реагування. Запропонована модель реалізується в середовищі *MATLAB Simulink* і дозволяє дослідити динамічну реакцію адаптивної освітньої системи на змінні запити здобувачів освіти, а також оцінити ефективність фільтрації та згладжування вихідного сигналу для підвищення точності інтерпретації результатів. Модель покликана стати основою для подальшого розвитку цифрових платформ з підтримкою персоналізованого навчання, прогнозування педагогічної ефективності та інтеграції в системи інклюзивної освіти.

Виклад основного матеріалу дослідження. З метою імітаційного моделювання адаптивної реакції освітньої системи на індивідуальні запити здобувачів освіти було побудовано динамічну модель у середовищі *MATLAB Simulink*, що реалізує ключові елементи інформаційної взаємодії в інклюзивному освітньому середовищі [2; 3].

Структура моделі включає блоки генерації запитів, обробки сигналу, адаптації, логіки перемикання, інерційної фільтрації та виведення результату у вигляді часової функції. Аналогічні підходи розглянуто в роботах [1; 4], однак в даній моделі акцент зроблено на часову логіку реагування.

Структурно модель складається з блоку *Signal Generator* який моделює запити студента як періодичні або випадкові імпульси різної амплітуди (наприклад, когнітивні або сенсорні потреби). Блок *Sum* реалізує підсумовування впливів з різних джерел: власне запит здобувача освіти та системний поріг (потреба – можливість). Блок *Gain* коефіцієнт адаптації, що моделює здатність системи масштабувати відповідь згідно з налаштуваннями або потенціалом. Блок *Saturation* — обмежує відповідь системи до фізіологічно або логічно допустимих меж [3]. Блок *Random Number* — додає компонент варіативності, що відображає індивідуальні особливості здобувачів освіти. Блок *Product* — моделює комбінований вплив адаптації та індивідуальності. Блок *Switch* — реалізує логіку умовного реагування системи залежно від інтенсивності запиту та часу. Блок *Transfer Function* — згладжує вихідний сигнал, враховуючи інерційність реакції системи [5]. Блоки *Clock + Relational Operator + Logical Operator* — використовуються для реалізації умовного перемикання реакції системи у певний момент часу (наприклад, лише після досягнення порогу активації) [16, 17].

Функціонування моделі реакції освітньої системи на індивідуальні запити студентів в інклюзивному середовищі базується на урахуванні змінного вхідного сигналу $u(t)$, адаптивного підсилення, порогових обмежень, інерційної динаміки та логіки умовного перемикання. Поведінка системи описується сукупністю диференціальних та алгебраїчних рівнянь [6, 7]:

Вхідний сигнал (запит студента)

Запит здобувача освіти моделюється як сума періодичної та стохастичної складової:

$$u(t) = A \cdot \sin(\omega t) + \xi(t), \quad (1)$$

де: A — амплітуда базового запиту, ω — кутова частота, $\xi(t) \sim N(0, \sigma^2)$ — стохастичний процес (біла шумова складова).

Адаптивне підсилення системної реакції. Відповідь системи масштабується адаптаційним коефіцієнтом:

$$y_1(t) = k_a \cdot u(t), \quad (2)$$

де $k_a \in R^+$ — коефіцієнт адаптації, залежний від налаштувань освітнього середовища.

Функція обмеження (saturation). Щоб уникнути неконтрольованої реакції, застосовується обмеження:

$$y_2(t) = \begin{cases} 0, & y_1(t) \leq 0, \\ y_1(t), & 0 < y_1(t) < y_{\max}, \\ y_{\max}, & y_1(t) \geq y_{\max}, \end{cases} \quad (3)$$

де $y_{\max}$ — максимально допустимий рівень реакції (наприклад, ресурс часу чи уваги викладача).

Умова перемикання (логіка активації). Система активується лише після певного часу t_0 , що відображає момент початку реакції:

$$s(t) = \begin{cases} 0, & t < t_0, \\ 1, & t \geq t_0. \end{cases} \quad (4)$$

Інерційне згладжування (динамічна відповідь). Фінальний вихід $y(t)$ формується через інерційне передавальне відношення першого порядку:

$$\frac{dy(t)}{dt} + ay(t) = b \cdot s(t) \cdot y_2(t), \quad (5)$$

де: $a > 0$ — коефіцієнт затухання (інерційність), b — коефіцієнт підсилення згладженого сигналу.

Сукупність рівнянь (1)–(5) утворює блокову модель, що реалізована у середовищі Simulink. Вона моделює реакцію освітнього середовища як адаптивну нелінійну систему з фільтрацією та умовним реагуванням, що здатна наближено відтворити сценарії поведінки цифрової інклюзивної платформи.

У ході дослідження було розроблено імітаційну блок-схему реакції інформаційної освітньої системи на запити здобувачів освіти з урахуванням індивідуальних особливостей, реалізовану у середовищі Simulink (MATLAB R2016a).

На схемі (рис. 1) реалізовано динамічну модель, яка включає: вхідні параметри — рівень активності здобувача освіти, зовнішні запити, поточний час моделювання; блок перевірки умов доступності ресурсу через логічне поєднання запиту і часових обмежень; блок адаптації — модулює реакцію викладача (або системи) згідно з коефіцієнтом адаптації; блоки обмеження та перемикання — реалізують умови активної/пасивної реакції; індивідуальні особливості — впливають на амплітуду системної відповіді; реакція з інерцією — описується передавальною функцією

типу $1/(s+0.1)$; візуалізаційні блоки (Score) – дозволяють спостерігати поведінку адаптивної реакції в часі, а також рівень індивідуального ефекту.

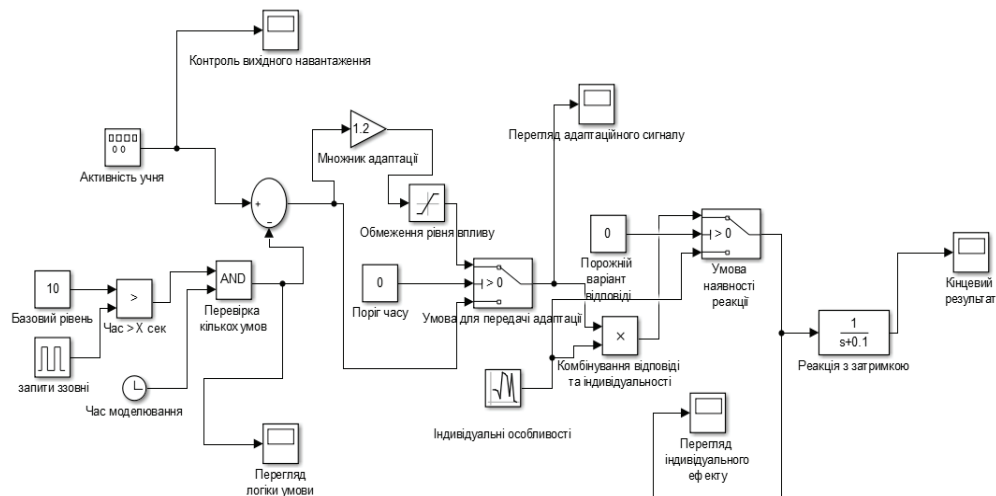


Рис. 1. Структурно-імітаційна модель реакції інформаційної освітньої системи на індивідуальні запити здобувачів освіти в інклюзивному середовищі

У процесі моделювання було застосовано такі числові параметри: амплітуда запиту — 1; частота — 0.5 Гц; коефіцієнт адаптації — 1.2; обмеження Saturation — від 0 до 1; параметри Transfer Function — $1s+3s+31$. Моделювання проводилося протягом 200 секунд із використанням методу інтегрування ode45.

Результати виводились у блоках Score для подальшого аналізу. Побудовано графіки «сирого» (незгладженого) сигналу та результату після обробки, що дозволило оцінити стабільність роботи моделі [7, 8]. Також сформовано таблицю фаз розвитку реакції з інтерпретацією основних етапів (ініціалізація, стабілізація, реактивація, завершення).

Блок «Перегляд індивідуального ефекту» у моделі виконує функцію візуалізації випадкових або варіативних характеристик, що відображають індивідуальні особливості здобувача освіти, які впливають на адаптивну реакцію освітньої системи.

На графіку видно: високу варіативність сигналу у межах амплітуди приблизно від -1.5 до 2.5, що є характерною ознакою випадкового або квазі-випадкового процесу (змодельовано через блок Random Number) [9]; нерівномірність амплітуди — інтенсивність ефекту змінюється з часом, що вказує на нелінійний або стохастичний вплив індивідуального чинника на систему; шумоподібна структура сигналу, що імітує непередбачувану природу когнітивних або поведінкових відхилень у запитах чи взаємодії учасника освітнього процесу [10].

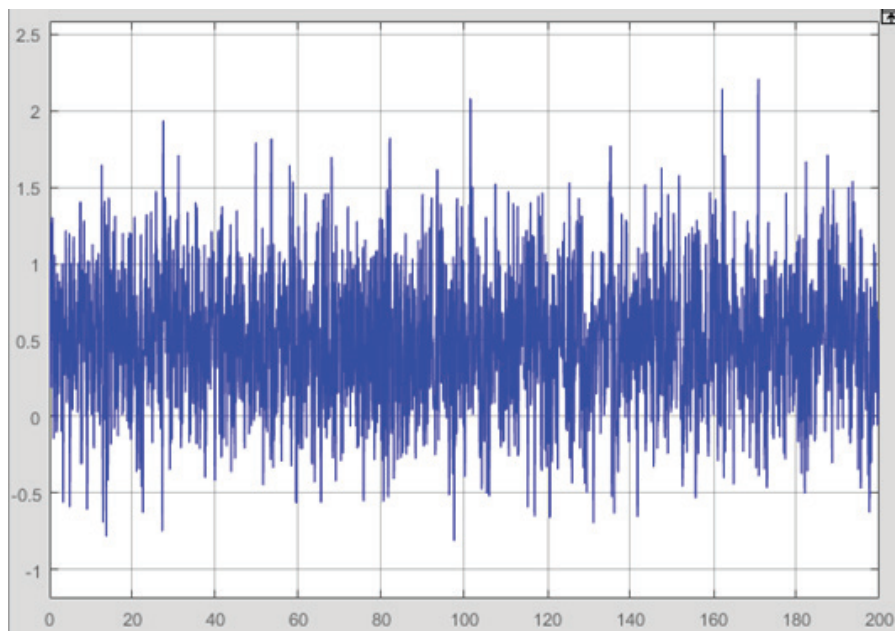


Рис. 2. Перегляд індивідуального ефекту

Такий результат є важливим для подальшого адаптивного налаштування освітньої системи, зокрема для реалізації механізмів персоналізації, що дозволяють ефективно реагувати на варіативні індивідуальні потреби в інклюзивному середовищі.

Графік (рис. 3) відображає агреговану реакцію освітньої системи, сформовану внаслідок дії багатьох чинників: активності здобувача освіти, індивідуальних особливостей, затримок реакції, порогових умов і адаптивних механізмів [11-15].

Основні характеристики: Форма кривої демонструє чітко виражене накопичення реакції у початковій фазі ($t = 0 \dots 30$ с), що відповідає фазі адаптації системи до початкових запитів.

Далі відбувається стабілізація з флуктуаціями навколо середнього рівня ($t = 30 \dots 200$ с), що свідчить про досягнення рівноваги між стимулом і адаптаційною відповіддю.

Амплітудні коливання в межах 4.5–5.5 свідчать про чутливість системи до індивідуальних ефектів здобувача освіти, однак вони є згладженими завдяки фільтрації в моделі.

Інтерпретація:

Такий результат підтверджує, що розроблена імітаційна система реагування освітнього середовища: забезпечує адаптивність до поведінки здобувача освіти; враховує індивідуальні особливості, не втрачаючи стабільності; ефективно пригнічує випадкові збурення, але не ігнорує їх повністю.

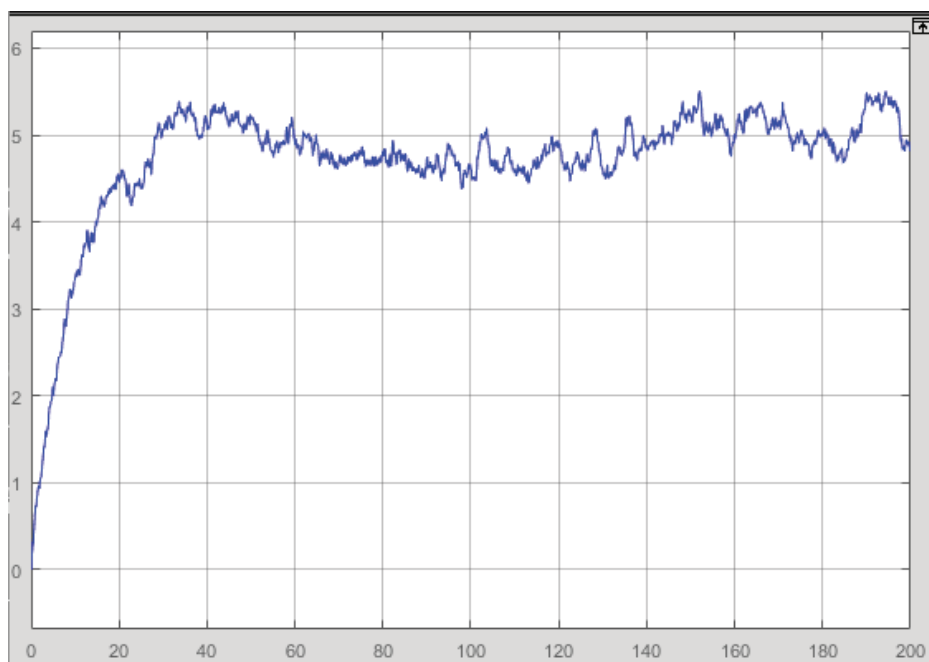


Рис. 3. Графік блоку кінцевий результат

Це дозволяє стверджувати про потенційну придатність моделі до інтеграції в адаптивні інформаційні освітні системи, зокрема в інклюзивному середовищі.

Характеристика графіка. Початкове зростання (0–30 сек). Різке зростання значення від 0 до ≈ 5.2 . Це відображає фазу ініціалізації, коли система накопичує реакції на зростаючу кількість запитів (вплив Signal Generator, Gain, Product) відображає перший пік адаптації до користувачів

Плато та флуктуації (30–120 сек).

Графік входить у стабілізацію, значення коливається навколо рівня 4.5–5.2. Це збалансована реакція системи з урахуванням індивідуальностей (Random Number) і обмежень (Saturation). Наявні дрібні коливання — очікувані через варіативність вхідних параметрів і логіку перемикання (Switch1).

Другий період активності (120–180 сек).

Знову спостерігається підйом із мікрострибками. Імовірно, у цей момент активується додатковий Pulse Generator або змінюється умова $Clock > X$, що призводить до активації Logical Operator $\rightarrow$ AND.

Кінцева частина (180–200 сек).

Значення трохи знижується до ≈ 4.6 –4.8, ймовірно, через вплив інерційного блоку Transfer Fcn або ослаблення запитів від Signal Generator.

Система адекватно реагує на вхідні запити, демонструючи ефективну адаптацію з урахуванням часу, варіативності та зовнішніх стимулів. Поведінка є динамічною, але контрольованою — видно згладження завдяки Transfer Fcn, що дозволяє уникати «скачків» або нестабільності. Наявність плато (≈ 4.7 –5.2) свідчить

про досягнення оптимального рівня інклюзивності або задоволеності учасників освітнього процесу. Сигнал містить периферійну флуктуацію, що типово для індивідуалізованих реакцій на запити здобувачів освіти з різними потребами.

Модель показала спроможність системи адаптивно реагувати на змінні освітні запити з урахуванням індивідуальної варіативності, умов активації та інерційних затримок, що відкриває перспективу її подальшого використання в інформаційних системах підтримки інклюзивної освіти.

Висновки. У результаті проведеного імітаційного моделювання реакції освітньої системи на індивідуалізовані запити здобувачів освіти було розроблено функціональну модель, яка враховує як рівень активності користувача, так і часові, адаптаційні й особистісні чинники. Побудована система дозволила сформувати адаптивну відповідь із затримкою, характерною для реальних освітніх процесів, а також здійснювати контроль вихідного навантаження на основі логічних умов та порогових параметрів.

Використання блоків перевірки кількох умов, обмеження сигналів, адаптивного перемикачання, а також механізмів поєднання з індивідуальними особливостями забезпечило гнучкість моделі та її наближеність до умов інклюзивної освіти. Отримані графіки результатів демонструють ефективність згладження випадкових впливів і стабілізацію реакції системи протягом тривалого періоду моделювання.

Модель може бути використана як основа для створення інтелектуальних інформаційних систем підтримки освітнього процесу, зокрема в інклюзивному середовищі, де важливо забезпечити адаптацію навчального контенту та темпу подачі матеріалу відповідно до потреб конкретного здобувача освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Olofsson A. D., Fransson G., Lindberg J. O. A study on the role of adaptive agents in hybrid educational systems // *Computers & Education*. – 2020. – Vol. 148. – P. 103788. – DOI: 10.1016/j.compedu.2019.103788.
2. Wang H., Li X., Zhang Y. Simulink-based modeling of personalized learning paths in digital education platforms // *IEEE Access*. – 2023. – Vol. 11. – P. 53012–53022. – DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3289234.
3. Sadiq M., Rehman M., Khan A. Fuzzy logic modeling in inclusive learning environments using MATLAB/Simulink // *Education and Information Technologies*. – 2022. – Vol. 27. – P. 8749–8764. – DOI: 10.1007/s10639-022-11089-1.
4. Caballero J., Rueda J. L., Gil D. Adaptive educational interfaces for students with special needs: design and implementation // *Computers in Human Behavior*. – 2022. – Vol. 130. – P. 107208. – DOI: 10.1016/j.chb.2021.107208.
5. Balzan F., Santos P. P., Gabbrielli M., Albarracin M., Lopes M. A Computational Model of Inclusive Pedagogy: From Understanding to Application // *arXiv*. – 2025. – May 2.
6. ДСТУ ISO 9241-210:2011. Ергономіка взаємодії людини і системи. Частина 210. Орієнтований на користувача процес проектування інтерактивних систем (ISO 9241-210:2010, IDT). – [Чинний від 2012-01-01]. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2012. – 36 с.

7. Винниченко О. М. Імітаційне моделювання в системах прийняття рішень : монографія / О. М. Винниченко. – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – 148 с.
8. B. Durnyak, P. Shepita, L. Tupyachak, A. Syvak, O Bohonis Fuzzy model of knowledge assessment in inclusive education information systems. Proceedings of the The 6th International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security (IntelITSIS 2025) P. 28-38.
9. Беляєв С. І., Задорожна І. М. Сучасні інформаційні технології в освіті: адаптивні моделі і системи / С. І. Беляєв, І. М. Задорожна. – К. : Педагогічна думка, 2019. – 224 с.
10. Ahuja S., Banga V. Adaptive Learning Systems: Framework and Techniques // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. – 2021. – Vol. 12(5). – P. 349–357. DOI: 10.14569/IJACSA.2021.0120545.
11. Wang Y., Yu H., Miao C. Deep Multi-Agent Reinforcement Learning for Adaptive Educational Systems // IEEE Transactions on Learning Technologies. – 2020. – Vol. 13(2). – P. 354–367. DOI: 10.1109/TLT.2019.2919545.
12. А.М. Сивак, Ю.С. Гупало Функціональна модель адаптивної інформаційної системи для інклюзивного навчання з використанням нечіткої логіки та механізмів персоналізації. Комп'ютерні технології друкарства. 2024, № 2 (52). С. 145-155.
13. Пелешко Д. Ю. Математичне моделювання інформаційних процесів : навч. посіб. / Д. Ю. Пелешко. – Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2017. – 216 с.
14. Пашко В. І., Горбатюк Р. М. Теорія інформації та кодування: навч. посіб. / В. І. Пашко, Р. М. Горбатюк. – К. : Каравела, 2014. – 264 с.
15. Шапошніков Д. С., Лазарев І. В. Використання Simulink для моделювання адаптивних систем управління / Д. С. Шапошніков, І. В. Лазарев // Збірник наукових праць «Системи управління, навігації та зв'язку». – 2020. – №2 (60). – С. 152–157.
16. Василенко Т. С., Мірошніченко І. І. Моделювання складних систем: навч. посіб. / Т. С. Василенко, І. І. Мірошніченко. – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 228 с.
17. Чернишов Ф. О., Костюк Г. Г. Сучасні підходи до реалізації індивідуального навчання у цифровому середовищі // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2022. – №2 (88). – С. 65–78. DOI: 10.33407/itlt.v88i2.5074.

REFERENCES

1. Olofsson, A. D., Fransson, G., & Lindberg, J. O. (2020). A study on the role of adaptive agents in hybrid educational systems. *Computers & Education*, 148, 103788. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103788>.
2. Wang, H., Li, X., & Zhang, Y. (2023). Simulink-based modeling of personalized learning paths in digital education platforms. *IEEE Access*, 11, 53012–53022. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3289234>.
3. Sadiq, M., Rehman, M., & Khan, A. (2022). Fuzzy logic modeling in inclusive learning environments using MATLAB/Simulink. *Education and Information Technologies*, 27, 8749–8764. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11089-1>.
4. Caballero, J., Rueda, J. L., & Gil, D. (2022). Adaptive educational interfaces for students with special needs: design and implementation. *Computers in Human Behavior*, 130, 107208. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.107208>.

5. Balzan F., Santos P. P., Gabbrielli M., Albarracin M., Lopes M. A Computational Model of Inclusive Pedagogy: From Understanding to Application // arXiv. – 2025. – May 2.
6. DSTU ISO 9241-210:2011. Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems (ISO 9241-210:2010, IDT). Kyiv: SE «UkrNDNC», 2012. – 36 p. [In Ukrainian].
7. Vynnychenko, O. M. (2020). Simulation modeling in decision support systems: monograph (in Ukrainian). Kharkiv: NTU «KhPI». – 148 p.
8. Durnyak, B., Shepita, P., Tupychak, L., Syvak, A., & Bohonis, O. (2025). Fuzzy model of knowledge assessment in inclusive education information systems. Proceedings of the 6th International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security (IntellITSIS 2025), 28–38.
9. Bieliayev, S. I., & Zadorozhna, I. M. (2019). Modern information technologies in education: adaptive models and systems (in Ukrainian). Kyiv: Pedahohichna Dumka. – 224 p.
10. Ahuja, S., & Banga, V. (2021). Adaptive Learning Systems: Framework and Techniques. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 12(5), 349–357. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120545>.
11. Wang, Y., Yu, H., & Miao, C. (2020). Deep Multi-Agent Reinforcement Learning for Adaptive Educational Systems. IEEE Transactions on Learning Technologies, 13(2), 354–367. <https://doi.org/10.1109/TLT.2019.2919545>.
12. Syvak, A. M., & Hupalo, Y. S. (2024). Functional model of an adaptive information system for inclusive learning using fuzzy logic and personalization mechanisms. Computer Printing Technologies, 2(52), 145–155. [in Ukrainian].
13. Peleshko, D. Yu. (2017). Mathematical modeling of information processes: textbook (in Ukrainian). Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House. – 216 p.
14. Pashko, V. I., & Horbatiuk, R. M. (2014). Information theory and coding: textbook (in Ukrainian). Kyiv: Karavela. – 264 p.
15. Shaposhnikov, D. S., & Lazaryev, I. V. (2020). Using Simulink for modeling adaptive control systems. Systems of Control, Navigation and Communication, (2)60, 152–157. [in Ukrainian].
16. Vasylenko, T. S., & Miroshnychenko, I. I. (2018). Modeling of complex systems: textbook (in Ukrainian). Kharkiv: KhNURE. – 228 p.
17. Chernyshov, F. O., & Kostiuk, H. H. (2022). Modern approaches to implementing individualized learning in the digital environment. Information Technologies and Learning Tools, 2(88), 65–78. <https://doi.org/10.33407/itlt.v88i2.5074>.

doi: 10.32403/0554-4866-2025-1-89-138-148

SIMULATION STUDY OF EDUCATIONAL SYSTEM RESPONSE TO STUDENTS' REQUESTS CONSIDERING INDIVIDUAL CHARACTERISTICS

A. M. Syvak, P. I. Shepita

*Lviv Polytechnic National University,
12 S. Bandera Street, Lviv, 79013, Ukraine*

arsen.m.syvak@lpnu.ua, petro.i.shepita@lpnu.ua

This article presents the results of developing and implementing a simulation model of an adaptive educational information system capable of dynamically responding to individual requests of students in an inclusive learning environment. The main objective of the study is to propose an approach for analyzing and predicting the behavior of an educational platform during the design phase, taking into account temporal factors, variability, inertia, and conditional response logic. The simulation model is implemented in MATLAB Simulink and is based on an interconnected system of blocks, including request generation, adaptation, filtering, switching, logical control, and output visualization.

The model incorporates individual user characteristics through a variable stochastic signal that reflects cognitive, sensory, and behavioral features of interaction within a digital educational environment. The article presents a formalized mathematical description of key components of the system's response: input request signal, adaptive amplification, response saturation, activation logic, and inertial smoothing. Graphs are constructed to depict the system's dynamic response to varying student requests before and after smoothing is applied, illustrating the impact of random disturbances on interaction stability.

Particular attention is given to the visualization of the individual effect based on variable input components, as well as the aggregated system response simulating the phase-based development of interaction—from initialization to stabilization and reactivation. The experiments were conducted using realistic signal parameters (amplitude, frequency, threshold values, time constraints), which allows the model to be tested in the context of real educational processes.

The obtained results confirm the effectiveness of simulation modeling for the design of next-generation digital educational systems that provide personalized adaptation of learning content in accordance with the individual needs of students. The model is capable of performing prediction, behavioral adaptation, and smoothing of random fluctuations without compromising the essential characteristics of educational interaction. The proposed solution can serve as a foundation for synthesizing intelligent learning environments that incorporate fuzzy logic, multi-agent interaction, and adaptive control mechanisms in inclusive educational settings.

Keywords: *simulation modeling; inclusive environment; adaptive system; educational interaction; Simulink; individual needs; Matlab; timing conditions; process modeling.*

Стаття надійшла до редакції 29.04.2025.

Received 29.04.2025.