

УДК400+504+519:37

Клочко Оксана Віталіївна
доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри математики та інформатики,
Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, м. Вінниця, Україна
ORCID ID 0000-0002-6505-9455
klochkoob@gmail.com

Федорець Василь Миколайович
Кандидат медичних наук, старший викладач кафедри психолого-педагогічної освіти та соціальних наук,
Комуніальний заклад вищої освіти “Вінницька академія безперервної освіти”
ORCID ID 0000-0001-9936-3458
bruney333@yahoo.com

Клочко Віталій Іванович
доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри вищої математики,
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна
ORCID ID 0000-0002-9415-4451
vi.klochko.7@gmail.com

ЦИФРОВЕ ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ СТУДЕНТІВ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ ПРОЯВУ ЕКОФОБНИХ ТЕНДЕНЦІЙ

Анотація. В статті представлені результати цифрового імітаційного моделювання екологічної свідомості студентів, проведеного на основі аналізу ризиків прояву екофобних тенденцій (інтенцій, цінностей). Методологічний і методичний інструментарій дослідження репрезентований: розроблено «Анкетою Федорця-Клочко визначення екофобної свідомості індустріальної епохи»; методом Монте-Карло; моделлю управління ризиками із застосуванням критерію Гурвіца; трикутним розподілом; вченням про стрес; уявленнями про екологічну й антропологічну кризи; феноменом повсякденної свідомості; екологічно-ціннісним осмисленням раціональності епохи просвітництва, модерну та постмодерну. На основі застосування цифрових засобів імітаційного моделювання визначено тенденції прояву ознак екофобії, передбачено можливі ризики. Модель управління ризиками прояву екофобних тенденцій розроблено на основі критерію Гурвіца та реалізації в методі Монте-Карло генератора вибірки випадкової величини, що має трикутний розподіл. З метою автоматизації усіх етапів процесу імітаційного моделювання методом Монте-Карло використано мову програмування Python. Такий підхід надав можливість реалізувати імітаційне моделювання на основі вказаної цифрової моделі, визначивши екофобні інтенції й цінності шляхом розкриття синергійної стратегії безпеки особистості, що має генетичний і смисловий зв'язок з базисною вітальною (життєвою) цінністю – харчовою безпекою (індивідуальною і колективною). Застосування цифрової імітаційної моделі екологічної свідомості студентів на основі аналізу ризиків прояву екофобних тенденцій може бути актуальним в освітній теорії та практиці та в умовах повсякденності (побут, робота). Співвідносно з актуалізацією цілей сталого розвитку, як провідного тренду сучасності, розроблена цифрова імітаційна модель екологічної свідомості студентів репрезентативно, системно, адекватно і прогностично відображає реально існуючі типові способи реагування людини в умовах стресу і в ситуації благополуччя. Цифрове імітаційне моделювання розкриває якісно нові можливості для моделювання психологічних, еколого-психологічних, антропоєкологічних феноменів та використання їх в наукових дослідженнях та педагогічній теорії й практиці. Впровадження цифрового імітаційного моделювання екофобної свідомості сприяє професіоналізації, інтелектуалізації, математизації, технологізації, екологізації освітнього процесу, що відповідає інноваційній, студентоцентричній та екоцентричній спрямованості української освіти та європоцентричним трансформаціям української освіти.

Ключові слова: цифрове моделювання, імітаційне моделювання, метод Монте-Карло, теорія ризиків, трикутний розподіл, екологізація, екологічна педагогіка, екологічна психологія, екологічна антропологія, екологічна свідомість, екофобність, екофільність, сталий розвиток, освіта.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Європоцентричні, екоцентричні, гуманістичні трансформації української освіти та її інтелектуалізація є інституціональними та інноваційними передумовами, які визначають необхідність застосування цифрових технологій як в наукових дослідженнях, так і в освітньому процесі. Співвідносно до вказаних тенденцій і методологічних установок цифровізація є значимим напрямом, в рамках якого відбувається інтеграція науки, освітніх практик. В даному контексті актуальними є дослідження В. Бикова, Р. Гуревича, М. Жалдака, А. Коломієць, Н. Лазаренко, Н. Морзе, В. Осадчого, Ю. Рамського, С. Семерікова, О. Спіріна, А. Стрюка, Л. Шевченко й ін. [1-10].

Важливою складовою розвитку сучасної науки й освіти, прогресу соціокультурної сфери, є проблематика екологізації, яка розглядається як значимий людський чинник реалізації цілей сталого розвитку. Відповідно, екологізація є наскрізною освітньою тенденцією. В рамках екологізації, як процесу екологічно-ціннісної трансформації людської свідомості [11], актуальним є розуміння феномену сучасної людини як істоти, яка визначає шляхи збереження Землі та її ресурсів. Відповідно, людина може бути носієм і транслятором як екофільних, так і екофобних цінностей, тенденцій, які, в кінцевому результаті, визначають, як особливості людської свідомості (екофобність чи екофільність), так і спрямування й специфіку культурно-освітнього простору та соціокультурної сфери.

Одним із потужних засобів дослідження систем і процесів різної природи є імітаційне моделювання, зокрема, цифрове імітаційне моделювання [12]. Для розуміння визначальних і системоорганізуючих аспектів свідомості та взаємозв'язаних з нею екологічних ризиків актуальним є аналіз екофобних тенденцій із використанням засобів цифрового імітаційного моделювання. Цифрове імітаційне моделювання ґрунтується на побудові цифрової моделі із використанням відповідного програмного забезпечення. В процесі імітації експеримент повторюється багато разів. Як правило, значення випадкової змінної генерується відповідно до закону розподілу ймовірностей. Цифрове моделювання надає можливості проведення значної кількості випробувань та генерування значення випадкових величин. В нашому дослідженні цифрова модель була розроблена на основі математичної моделі управління ризиками із використанням критерію Гурвіца [13, с. 379].

Значимість проблеми екофобної свідомості та її ймовірних впливів на соціокультурну сферу, включаючи освіту, визначається необхідністю врахування попередніх «екофобних традицій», притаманних індустріальній епосі. В своїй метафізичній, ціннісній та ідеологічній сутностях індустріальна епоха, в якій в трансформованому і «техноцентричному» форматі була реалізована просвітницька раціональність, що включає виклик природі (включаючи природу людини) і боротьбу з нею та тотальне домінування людини, була екофобною. Відповідно, вплив «екофобної» раціональності епохи просвітництва, яка формувалася й відтворювалася, починаючи з XVII століття, і згодом трансформувалася в екофобні традиції модерну, є значимим. В системах вказаних раціональностей, як просвітництва, так і модерну, відбувається, на думку О. Дольської, «... вихолощування цілісного розуміння природи, зведення її виключно до матеріального сприйняття» [14, с. 87]. Тому, для ефективної екологізації культурно-освітнього простору, актуальним є аналіз екофобних тенденцій, цінностей (в сучасному розумінні антицінностей) та свідомості.

В науковій педагогічній літературі проблематика аналізу екофобних тенденцій, цінностей (в сучасному розумінні антицінностей) та свідомості, з використанням цифрових та математичних методів і моделей, висвітлена недостатньо. Недостатньо розкрито застосування цифрових та математичних моделей в освітньому процесі для екологізації та формування екофільної свідомості. Вказані вище аспекти проблеми, співвідносно з необхідністю ефективної екологізації культурно-освітнього простору, а також, відповідно, юридично визначене (Указ Президента України від «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» від 30 вересня 2019 року № 722/201) [15] спрямування на реалізацію цілей сталого розвитку, висвітлюють дану проблематику як актуальну.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Розробка та використання моделей цифрового імітаційного моделювання є актуальною тематикою багатьох наукових досліджень в різних галузях освіти й науки та техніки. Зокрема, авторами М. Кезунович, А. Абур, Г. Хуан, А. Бозе, й К. Томсовіч розглянута тематика впровадження цифрового імітаційного моделювання, як основного методологічного підходу для підвищення рівня енергетичної освіти [16]. Ними схарактеризовано різні варіанти використання засобів цифрового імітаційного моделювання в інженерній освіті: оцінки стану функціонування системи, відмінностей в перебігу перехідних процесів, взаємозалежностей між ринковими та інженерними питаннями й ін. [16]. Одним із сучасних досліджень із використанням цифрового імітаційного моделювання на основі методу Монте-Карло є розробка та застосування для прогнозування відстані маховиків двох методів на основі дерев рішень – генетичного програмування (GP) та випадкового лісу (RF) [17]. Моделювання на основі методу Монте-Карло (MCS) було реалізовано із використанням розроблених рівнянь GP, які були визначені найбільш ефективним для розв'язування даної задачі. З'ясовано, що зона безпеки вибуху може бути чітко визначена для проведення вибухових робіт на досліджуваних майданчиках за допомогою цифрового імітаційного моделювання на основі методу Монте-Карло [17]. Автори зазначають, що розроблені моделі GP, RF та MCS можуть бути реалізовані в інших відповідних вибухонебезпечних екологічних питаннях. Одним з напрямів застосування цифрового імітаційного моделювання є програмна реалізація удосконаленого методу Монте-Карло, виконана засобами мови програмування Python, на основі інструментів підтримки стратегічного планування, який був реалізований О. Кузьміною, О. Клочко, С. Яремко та ін. [12]. Такий підхід надає можливість відобразити складні нелінійні взаємодії у бізнесі, оцінити наслідки реалізації різних сценаріїв, прогнозувати подальший розвиток подій в процесі діяльності підприємства.

Для реалізації цілей сталого розвитку [18] шляхом формування екологічної свідомості визначається необхідність діагностики, осмислення та корекції екофобних тенденцій (в розумінні – цінностей, установок, інтенцій, стереотипів, міфологем тощо) свідомості сучасної людини. Проблематика екофобності й екофільності висвітлена в роботах багатьох дослідників. А. Мое розкриває протиріччя між екофілією і екофобністю в контексті екологічних досліджень стану дерев в місті, актуалізуючи інтелектуальні та емоційні аспекти вказаної проблеми [19]. Сімон С. Есток з позицій екологічного підходу аналізує творчість В. Шекспіра [20]. З. Уїлмаз досліджує значимість екофобних тенденцій в мистецтві, зокрема в перфомансі [21]. І. Ралф аналізує інституціональні практики екофобії [22]. К. Машненков вивчає сутність екофільії та екофобії як особливості свідомості суб'єктів державного управління [23]. І. Книш з антропокультурних позицій аналізує екофільні аспекти українського етносу [24]. С. Зубков досліджує екофобність і екофільність, які притаманні різним релігійним і культурним традиціям [25]. Ю. Безверхий та В. Беркут вивчають екофобні тенденції в історичному аспекті [26]. В дослідженні М. Євтуха, В. Федорця, О. Клочко та ін. репрезентуються шляхи екологізації в контексті розвитку здоров'язбережувальної компетентності вчителя фізичної культури на основі концептів розроблених шляхом рецепції й еколого-ціннісної рефлексії ідей еліністичної духовно-світської системи пайдеї (дав. грец. – *παιδεία*) та концепції «Турботи про Землю» А. Гора [11].

Проте, тематика розробки цифрових імітаційних моделей розвитку екологічної свідомості студентів в наукових джерелах висвітлена недостатньо. Враховуючи значимість даної проблеми для екологізації освіти та реалізації цілей сталого розвитку нами обрано тему дослідження «Цифрове імітаційне моделювання екологічної свідомості студентів на основі аналізу ризиків прояву екофобних тенденцій».

Мета дослідження. Розробка цифрової імітаційної моделі екологічної свідомості студентів та здійснення на її основі аналізу ризиків прояву екофобних тенденцій.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розробка моделей цифрового імітаційного моделювання здійснювалась з використанням методу Монте-Карло. Теоретичні основи даного методу є такими [12; 13]:

Для шуканого значення m знаходимо таку випадкову величину X , математичне сподівання якої дорівнює m ,

$$M(X) = m.$$

З цією метою обчислюємо n незалежних значень m_1, m_2, \dots, m_n випадкової величини m та оцінюємо математичне сподівання як

$$M(X) \approx \frac{m_1+m_2+\dots+m_n}{n}.$$

Послідовність однаково розподілених випадкових величин, у яких існують математичні сподівання, підпорядковується закону великих чисел. Тому при $n \rightarrow \infty$ середнє арифметичне цих величин збігається до математичного сподівання, тобто, при великих n величина $M(X) \approx m$.

Похибка методу Монте-Карло оцінюється як $O(1/\sqrt{n})$, залежить від дисперсії, не залежить від розмірності задачі та повільно спадає.

В нашому дослідженні застосування методу Монте-Карло здійснюємо шляхом генерації вибірки величини, що має трикутний розподіл [12; 13]. Нами обрано трикутний розподіл (розподіл Сімпсона) тому, що він використовується у випадках відсутності або обмеженої кількості даних, побудови складних законів розподілу.

Для трикутного закону розподілу щільність ймовірності має вид [12; 13]:

$$\varphi(x) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } x < a; \\ \frac{4(x-a)}{(b-a)^2}, & \text{якщо } a \leq x \leq \frac{a+b}{2}; \\ \frac{4(b-x)}{(b-a)^2}, & \text{якщо } \frac{a+b}{2} < x \leq b; \\ 0, & \text{якщо } x > b. \end{cases}$$

Математичне сподівання та дисперсія випадкової величини X , що розподілена за трикутним законом, розраховуються за формулами відповідно [12; 13]:

$$M(X) = \frac{a+b}{2},$$

$$D(X) = \frac{(b-a)^2}{24}.$$

Функція розподілу випадкової величини X для трикутного закону розподілу має вид [12; 13]:

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } x < a; \\ \frac{2(x-a)^2}{(b-a)^2}, & \text{якщо } a \leq x \leq \frac{a+b}{2}; \\ 1 - \frac{2(b-x)^2}{(b-a)^2}, & \text{якщо } \frac{a+b}{2} < x \leq b; \\ 1, & \text{якщо } x > b. \end{cases}$$

В процесі прийняття рішень в педагогічних дослідженнях можуть виникати такі ситуації [13, с. 379]: наслідки функціонування педагогічної системи достовірно відомі – умови визначеності, відомі ймовірності настання наслідків – умови ризику, ймовірності настання наслідків не відомі – умови невизначеності.

В дослідженні екологічної свідомості студентів розглядаємо ризики прояву екофобних тенденцій. Тому в основу побудови цифрової імітаційної моделі нами покладено модель управління ризиками із застосуванням критерію Гурвіца. Який застосовуємо з точки зору мінімізації ризиків [13, с. 379].

Вхідні дані для прийняття рішень в умовах ризику задаємо матрицею. Рядки матриці відповідають можливим складовим синергійної стратегії безпеки особистості, що зв'язок з: продовольчою безпекою (індивідуальною й колективною); індивідуальною безпекою та захистом; колективізмом, соціальністю та колективною безпекою. Стовпці відповідають можливим станам системи цінностей та інтенцій (як складових свідомості), що сприяють

прояву екофільних тенденцій при відповідній стратегії. На перетині рядків і стовпів знаходяться результати (наслідки) реалізації стратегії при відповідному стані системи.

Вводимо позначення [13, с. 379]:

A_i – визначає i -ту стратегію, $i = \overline{1,3}$;

S_j – визначає j -ий стан системи цінностей та інтенцій, $j = \overline{1,2}$;

a_{ij} – результат, який відповідає i -ій стратегії та j -му стану системи, $i = \overline{1,3}$, $j = \overline{1,2}$.

Матриця стратегій та станів системи цінностей та інтенцій, яка описує процес прийняття рішень є такою:

	S_1	S_2
A_1	a_{11}	a_{12}
A_2	a_{21}	a_{22}
A_3	a_{31}	a_{32}

З метою розробки імітаційної моделі екологічної свідомості студентів та здійснення на її основі аналізу ризиків прояву екофобних тенденцій нами застосовано критерій Гурвіца. Критерій Гурвіца встановлює рівновагу між крайнім оптимізмом і крайнім песимізмом, порівнюючи ситуації за допомогою коефіцієнтів δ , та $(1-\delta)$, $0 \leq \delta \leq 1$ [13, с. 379]. В нашому випадку параметр δ є показником оптимізму (ступенем прояву оптимістичних умов формування екофільних тенденцій). При $\delta=1$ досягається крайній оптимізм критерію, при $\delta=0$ – крайній песимізм. Значення δ може визначатись залежно від стану системи, наприклад, в стані соціального благополуччя, відсутності соціальних і екологічних криз та стресів. Якщо ситуація є складною, то найкраще підстрахуватись і обрати δ ближчим до нуля, інакше, у разі більшої впевненості у отриманні бажаних результатів, δ обирають ближче до 1. При відсутності даних про стан системи, найкраще обрати $\delta=0,5$ [13, с. 379].

В нашому випадку a_{ij} характеризує прояв екофільних тенденцій, тому обираємо стратегію

$$R = \max_i [\delta \max_j \{a_{ij}\} - (1-\delta) \min_j \{a_{ij}\}].$$

3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Для проведення дослідження екофобних тенденцій свідомості (інтенцій, цінностей) нами сформована «Анкета Федорця-Ключко визначення екофобної свідомості індустріальної епохи». Дана анкета на рівні «побутової свідомості» (установок, уявлень і тенденцій) спрямована на діагностику як екофільних так і екофобних екологічних цінностей (антицінностей) та інтенцій.

Анкета Федорця-Ключко визначення екофобної свідомості індустріальної епохи

1. Є шкідливі тварини і рослини яких потрібно знищувати, щоб природа була окультурена і розвивалася для блага людини? (Так / Ні / Не можу визначитись)
2. Болота по можливості потрібно осушувати, щоб було більше земель і в болотах не розводилися шкідливі мікроорганізми і тварини? (Так / Ні / Не можу визначитись) Світ створений для забезпечення потреб людства? (Так / Ні / Не можу визначитись)
3. Світ створений для забезпечення потреб людства? (Так / Ні / Не можу визначитись)
4. Щоб забезпечити людство продуктами харчування потрібно відвойовувати землі для сільськогосподарських угідь в дикій природі. Це є показником розвитку цивілізації? (Так / Ні / Не можу визначитись)
5. Дикі рослини і тварини, які не можна використати в їжу і для потреб промисловості є не потрібними і займають місце в природі, на якому могли би бути корисні види? (Так / Ні / Не можу визначитись)

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Феномен екофобної свідомості був притаманний не тільки епосі модерну з її «індустріально-технічним духом», хоча на нашу думку саме вказана епоха найбільш виразно проявила «антиприродну» й експансивну сутність «нової» Homo technicus (людина технічна). Екофобні тенденції притаманні також й іншим епохам. Яскраво на це вказують Ю. Безверхий та В. Беркут. Зокрема, вони зазначають: «Упродовж тисячоліть екополітика, продиктована екофобною свідомістю, попри всі негативні наслідки й втрати, була ефективною, і лише в останній третині ХХ століття стало очевидним, що вона вичерпала свій прогресивний потенціал і стала таїти в собі глобальну екологічну катастрофу» [26, с. 57]. В значній мірі твердження про те, що екофобна свідомість є визначальним чинником в формуванні системних ризиків та екологічної [27] й атропологічної криз, має під собою історичні прецеденти і соціокультурні та психологічні витоки. В даному аспекті ми згадуємо «суму екофільної аксіології» представлену в класичній програмній і прогностичній за свою сутністю роботі А. Паччеї (Aurelio Pessè) «Людські Якості» («The Human Quality») [28]. А. Паччеї звертає увагу на значимість людських якостей та екологічно спрямованого Нового Гуманізму як особливої «нової» системи цінностей, яка по суті має бути спрямованою на «витіснення» «усталеної» екофобної свідомості.

Для концептуального й антиципатично орієнтованого (в розумінні прогностичного) осмислення екологічних проблем та визначення шляхів й умов реалізації цілей сталого розвитку [16], ми звертаємося до розгляду феномену людини кризової та цивілізаційних криз, які, на нашу думку, спровоковані наявністю в Homo Sapiens екофобної свідомості. Розглядаючи кризовий стан, як людини, так і суспільства, на основі використання вчення про стрес, ми можемо передбачити наявність в структурі екофобної свідомості типових тенденцій, які формуються саме під впливом «тиску» стресової ситуацій.

Використовуючи сучасні уявлення про стрес, як про системну, вітальну, захисну, наскрізну і мобілізуючу реакцію організму, можна вказати на те, що стрес сприяє актуалізації прихованих способів реагування та розкриває шляхи для реалізації примітивних, але, водночас, потужних й ефективних адаптивних поведінкових стереотипів. Це зумовлено тим, що біологічною сутністю стресу є виживання організму будь якою ціною. Зрозуміло, що під впливом культури та виховання, стресові реакції переважно набувають культурно й соціально прийнятних проявів. Відповідно, експансивні та агресивні установки вижити чи досягти цілі будь якою ціною нівелюються, приховуються та трансформуються в гіперсоціальні, конструктивні та інші. Методологічно й світоглядно цінним є те, що саме стрес може «висвітлити» латентно існуючі інтенції, цінності, установки. Тому для моделювання особливостей прояву екофобної свідомості, як і самої її наявності, в навчальних цілях застосовуємо імітаційні цифрові моделі. В даних цифрових імітаційних моделях задаються параметри, за допомогою яких регулюється рівень трансформації стану системи від стресового (несприятливого) до благополучного (сприятливого).

Нами проведено дослідження екофобної свідомості студентів закладів вищої освіти України на основі аналізу ризиків прояву екофобних тенденцій з використанням цифрових імітаційних моделей, в якому взяли участь 162 студенти. Респондентами були студенти – майбутні вчителі та вчителі, які навчалися на курсах підвищення кваліфікації в післядипломній освіті. Досліджувались ризики прояву екофобних тенденцій у вчителів та майбутніх вчителів різних спеціальностей, а саме: вчителів фізичної культури, інформатики, математики, екології, початкової школи. Дослідження проводилось у 4-х закладах вищої освіти України: Комунальному вищому навчальному закладі «Вінницька академія безперервної освіти», Вінницькому державному педагогічному університеті імені Михайла Коцюбинського, Комунальному закладі вищої освіти «Вінницький гуманітарно-педагогічний коледж», Бердянський державний педагогічний університет. У результаті тестування з використанням «Анкети Федорця-Клочко визначення екофобної свідомості індустріальної епохи» отримано результати, представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Відповіді студентів на питання «Анкету Федорця-Клочко визначення екофобної свідомості індустріальної епохи»

Номер питання анкети	Кількість відповідей «Так»	Кількість відповідей «Ні»	Кількість відповідей «Не можу визначитись»
№ 1	46	93	23
№ 2	20	121	21
№ 3	24	120	18
№ 4	19	131	12
№ 5	10	141	11

З метою обробки та інтерпретації експериментальних даних була розроблена матриця коефіцієнтів (ваг) для визначення екофобних інтенцій та цінностей (Таблиця 2). Ваги відображають значущість кожного показника в системі основних життєвих намірів та людських цінностей, які включають: 1) «Індивідуальну безпеку та захист»; 2) «Продовольчу безпеку (індивідуальну та колективну)»; 3) «Колективізм, соціальність, колективну безпеку». До процесу формування матриці коефіцієнтів (ваг) були залучені автори статті та галузеві експерти.

Таблиця 2

Матриця коефіцієнтів (ваг) для визначення екофобних інтенцій і цінностей на основі «Анкету Федорця-Клочко визначення екофобної свідомості індустріальної епохи»

Номер питання анкети	Індивідуальна безпека і захист, A1	Продовольча безпека (індивідуальна та колективна), A2	Колективізм, соціальність, колективна безпека, A3
№ 1	0,7	0,2	0,1
№ 2	0,7	0,2	0,1
№ 3	0,1	0,3	0,6
№ 4	0,1	0,4	0,5
№ 5	0,1	0,7	0,2

У процесі застосування матриці коефіцієнтів з метою визначення вектору розподілу результатів тестування, співвідносно до базисних інтенцій і цінностей, отримано такі результати: 1) прояв екофобних тенденцій (інтенцій і цінностей): «Індивідуальна безпека і захист» – 51,5; «Продовольча безпека (індивідуальна і колективна)» – 35; «Колективізм, соціальність, колективна безпека» – 32,5; 2) прояв екофільних тенденцій (інтенцій і цінностей): «Індивідуальна безпека і захист» – 189; «Продовольча безпека (індивідуальна і колективна)» – 229,9; «Колективізм, соціальність, колективна безпека» – 187,1.

Відповідно до критерію Гурвіца, нами визначено формули для розрахунку показників прояву екофільних тенденцій, які подано у таблиці 3.

Таблиця 3

Формули для визначення екофільних інтенцій і цінностей на основі «Анкету Федорця-Клочко визначення екофобної свідомості індустріальної епохи»

	\max_j	\min_j	$\delta \max_j \{a_{ij}\} - (1-\delta) \min_j \{a_{ij}\}$
A_1	189	-51,5	$\delta * 189 - (1-\delta) * (-51,5)$
A_2	229,9	-35	$\delta * 229,9 - (1-\delta) * (-35)$
A_3	187,1	-32,5	$\delta * 187,1 - (1-\delta) * (-32,5)$

Показник δ характеризує ступінь невизначеності стану системи. Значення показника δ генерується в процесі імітаційного моделювання випадковим чином на основі трикутного закону розподілу.

Нами розроблено схему алгоритму реалізації процесу імітаційного моделювання екологічної свідомості студентів на основі визначення стратегій безпеки особистості з урахуванням ризиків прояву екофобних тенденцій:

1. Задаємо послідовність значень n – кількостей ітерацій методу Монте-Карло від 100 до 1000 з кроком 100.

2. На кожному етапі реалізації ітераційного процесу на кожній ітерації здійснюємо дії у такій послідовності:

2.1. Генеруємо випадковим чином на основі трикутного розподілу значення величини δ (в лістингу програми позначено d).

2.2. Розраховуємо:

$$A1 = \delta * 189 - (1-\delta) * (-51,5);$$

$$A2 = \delta * 229,9 - (1-\delta) * (-35);$$

$$A3 = \delta * 187,1 - (1-\delta) * (-32,5).$$

2.3. За критерієм Гурвіца визначаємо $\max_i [\delta \max_j \{a_{ij}\} - (1-\delta) \min_j \{a_{ij}\}]$ та обираємо відповідну доміную стратегію.

2.4. Збільшуємо значення лічильника кількості вибору стратегії ($A1_counter/A2_counter/A3_counter$), що відповідає обраній доміную стратегії, на 1.

3. В кінці кожного етапу реалізації ітераційного процесу обираємо стратегію, яка домінує на даному етапі.

Розроблений алгоритм є модифікованим алгоритмом методу Монте-Карло, в якому генерування вибірок випадкової величини δ здійснюється за трикутним розподілом.

На основі даного алгоритму було розроблено програмний код його реалізації на мові програмування Python. Фрагмент лістингу програми подано на рисунку 1.

Імітаційне моделювання та дослідження ризиків прояву екофобних тенденцій також проводилось на основі зміни параметрів трикутного розподілу. З цією метою змінювались параметри функції $random.triangular(d1,d2,d3)$, за допомогою якої були генеровані значення показника оптимізму δ (ступеня прояву оптимістичних умов формування екофільних тенденцій): параметр $d1$ – найнижчий можливий результат (за замовчуванням $d1=0$), $d2$ – найвищий можливий результат (за замовчуванням $d2=1$), $d3$ – число, яке використовується для зважування результату в будь-якому напрямку (за замовчуванням середня точка знаходиться між низьким і високим значенням).

У результаті реалізації процесу імітаційного моделювання були отримані дані, подані в таблиці 4 та рисунку 2. В процесі моделювання значення параметру $d3$ були задані на проміжку $[0; 1]$ з кроком 0,1.

```
defMonteCarlo( n ):
    A1_counter = 0
    A2_counter = 0
    A3_counter = 0
    k=0
    for _ in range( n ):
        d = random.triangular(0,1,0.5)
        A1 = 189*d-(1-d)*(-51.5)
        A2 = 229.9*d-(1-d)*(-35)
        A3 = 187.1*d-(1-d)*(-32.5)
        if A1 > A2:
```

Рис. 1. Фрагмент лістингу програми реалізації алгоритму імітаційного моделювання екологічної свідомості студентів на мові Python.

Проаналізуємо отримані дані використовуючи для цього знання про природу людини (біологічну, індивідуально-психологічну, соціальну, культурно детерміновану) та уявлення про типові стереотипи реагування при стресі. Як видно з таблиці 4 та рисунку 2, на етапах ітераційних процесів при різних значеннях параметру $d3$, який був заданий на проміжку $[0; 1]$ з кроком 0,1, домінуючою є стратегія $A2$.

Результати імітаційного моделювання екологічної свідомості студентів на основі аналізу ризиків прояву екофобних тенденцій

d3=0					d3=0,1				
Ітерації	A1	A2	A3	Домінування	Ітерації	A1	A2	A3	Домінування
n = 100	50	50	0	A 2	n = 100	52	48	0	A 1
n = 200	106	94	0	A 1	n = 200	81	119	0	A 2
n = 300	165	135	0	A 1	n = 300	130	170	0	A 2
n = 400	214	186	0	A 1	n = 400	198	202	0	A 2
n = 500	251	249	0	A 1	n = 500	209	291	0	A 2
n = 600	301	299	0	A 1	n = 600	260	340	0	A 2
n = 700	366	334	0	A 1	n = 700	303	397	0	A 2
n = 800	413	387	0	A 1	n = 800	339	461	0	A 2
n = 900	435	465	0	A 2	n = 900	370	530	0	A 2
d3=0,2					d3=0,3				
Ітерації	A1	A2	A3	Домінування	Ітерації	A1	A2	A3	Домінування
n = 100	42	58	0	A 2	n = 100	29	71	0	A 2
n = 200	63	137	0	A 2	n = 200	64	136	0	A 2
n = 300	110	190	0	A 2	n = 300	86	214	0	A 2
n = 400	133	267	0	A 2	n = 400	97	303	0	A 2
n = 500	172	328	0	A 2	n = 500	136	364	0	A 2
n = 600	229	371	0	A 2	n = 600	156	444	0	A 2
n = 700	250	450	0	A 2	n = 700	198	502	0	A 2
n = 800	304	496	0	A 2	n = 800	213	587	0	A 2
n = 900	328	572	0	A 2	n = 900	256	644	0	A 2
d3=0,4					d3=0,5				
Ітерації	A1	A2	A3	Домінування	Ітерації	A1	A2	A3	Домінування
n = 100	23	77	0	A 2	n = 100	15	85	0	A 2
n = 200	39	161	0	A 2	n = 200	27	173	0	A 2
n = 300	62	238	0	A 2	n = 300	50	250	0	A 2
n = 400	96	304	0	A 2	n = 400	62	338	0	A 2
n = 500	103	397	0	A 2	n = 500	80	420	0	A 2
n = 600	117	483	0	A 2	n = 600	97	503	0	A 2
n = 700	153	547	0	A 2	n = 700	115	585	0	A 2
n = 800	157	643	0	A 2	n = 800	133	667	0	A 2
n = 900	193	707	0	A 2	n = 900	163	737	0	A 2
d3=0,6					d3=0,7				
Ітерації	A1	A2	A3	Домінування	Ітерації	A1	A2	A3	Домінування
n = 100	13	87	0	A 2	n = 100	9	91	0	A 2
n = 200	24	176	0	A 2	n = 200	19	181	0	A 2
n = 300	36	264	0	A 2	n = 300	39	261	0	A 2
n = 400	54	346	0	A 2	n = 400	52	348	0	A 2
n = 500	67	433	0	A 2	n = 500	63	437	0	A 2
n = 600	83	517	0	A 2	n = 600	59	541	0	A 2
n = 700	100	600	0	A 2	n = 700	77	623	0	A 2
n = 800	112	688	0	A 2	n = 800	115	685	0	A 2
n = 900	130	770	0	A 2	n = 900	101	799	0	A 2
d3=0,8					d3=0,9				
Ітерації	A1	A2	A3	Домінування	Ітерації	A1	A2	A3	Домінування
n = 100	8	92	0	A 2	n = 100	5	95	0	A 2
n = 200	18	182	0	A 2	n = 200	11	189	0	A 2
n = 300	23	277	0	A 2	n = 300	36	264	0	A 2
n = 400	40	360	0	A 2	n = 400	40	360	0	A 2
n = 500	42	458	0	A 2	n = 500	58	442	0	A 2
n = 600	74	526	0	A 2	n = 600	55	545	0	A 2
n = 700	74	626	0	A 2	n = 700	66	634	0	A 2
n = 800	89	711	0	A 2	n = 800	78	722	0	A 2
n = 900	72	828	0	A 2	n = 900	92	808	0	A 2
d3=1									
Ітерації	A1	A2	A3	Домінування					
n = 100	4	96	0	A 2					
n = 200	14	186	0	A 2					
n = 300	22	278	0	A 2					
n = 400	35	365	0	A 2					
n = 500	42	458	0	A 2					
n = 600	40	560	0	A 2					
n = 700	57	643	0	A 2					
n = 800	73	727	0	A 2					
n = 900	72	828	0	A 2					

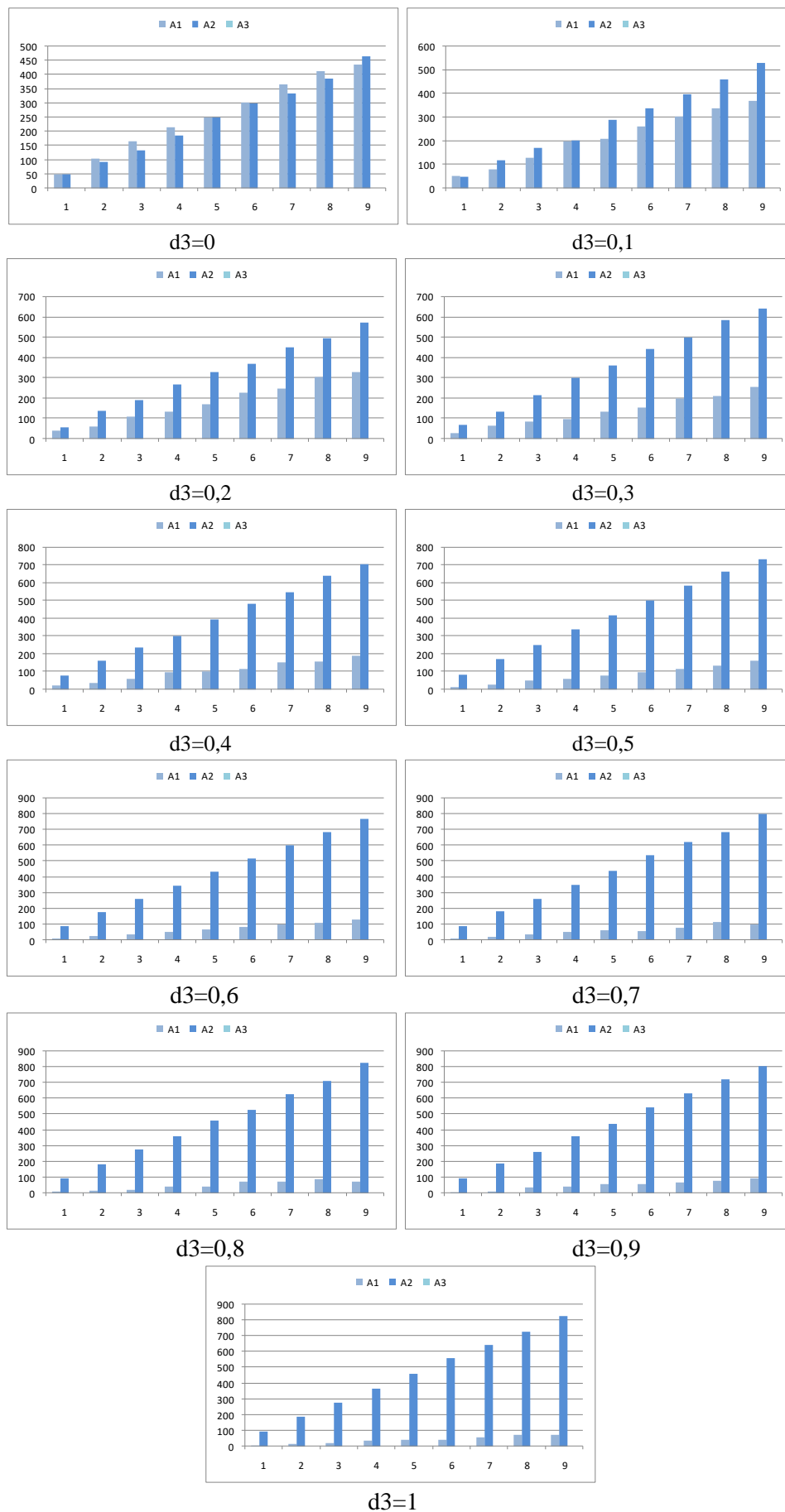


Рис. 2. Графічне представлення результатів імітаційного моделювання екологічної свідомості студентів на основі аналізу ризиків прояву екофобних тенденцій.

Даний результат вказує на те, що «Продовольча безпека» (стратегія A_2) є стратегією, в якій, в певній мірі, інтегровані стратегії «Індивідуальна безпека і захист» (стратегія A_1) та «Колективізм, соціальність, колективна безпека» (A_3), що існують контекстуально. Це зумовлено також тим, що забезпечення організму їжею є лімітуючим фактором й, одночасно, вітальною (життєвою) передумовою його розвитку. Тобто, ми можемо говорити, що стратегія A_2 («Продовольча безпека») є за своєю сутністю інтегративною, інтегруючою, вітальною, багатовимірною.

За результатами імітаційного моделювання, поданими в таблиці 4 та рисунку 2, в жодному випадку стратегія A_3 («Колективізм, соціальність, колективна безпека») не була домінантною. Це зумовлено тим, що природа людини є одночасно як соціальною, так й індивідуально-психологічною. Окрім цього, соціальність можлива як певний рівень організації життя виду *Homo sapiens* при умові деякої мінімальної сформованості кожного з членів соціуму. Людина *Homo sapiens* про достатньому рівні сформованості вищих психічних функцій осмислює себе як індивідуум, тобто вона є *Homo Individualis*, що визначає в краєвих станах можливість актуалізації стратегії «Індивідуальна безпека та захист». Водночас, в реальних кризисних ситуаціях це в значній мірі визначається пануючою ідеологією та культурою.

Проте, при значеннях параметру $d_3=0$ та $d_3=0,1$ спостерігаємо на окремих ітераціях домінування стратегії A_1 («Індивідуальна безпека і захист»). Значення параметру $d_3=0$ та $d_3=0,1$ характеризують крайній песимізм та низький ступінь прояву оптимістичних умов формування екофільних тенденцій. Отже, домінування в окремих випадках стратегії A_1 для даних значень показника оптимізму δ вказують на домінуючий характер індивідуально-психологічної складової в природі людини, яка розкривається в умовах стресових та кризових ситуацій і може проявлятися в форматі екофобної свідомості (актуалізація екофобних інтенцій і цінностей). Те, що стратегія A_1 переважає при $d_3=0$ майже на всіх етапах ітераційного процесу характеризує індивідуальний та екзистенційний характер прояву феномену виживання в стресових умовах.

Також при збільшенні значення параметру d_3 від 0 до 1 з кроком 0,1 спостерігаємо поступове зменшення на ітераціях вказаних етапів імітаційного моделювання кількості випадків вибору стратегії A_1 та відповідне збільшення кількості випадків вибору стратегії A_2 . Що вказує на базисний, вітальний, інтегративний й повсякденний характер стратегії «Продовольча безпека». Зазначений результат відповідає класичним уявленням про ієрархізацію потребнісної сфери, які представлені в дослідженнях А. Маслоу [29]. Відповідно до теорії мотивацій А. Маслоу, яка сформована на основі ієрархічної моделі потреб людини, забезпечення потреби в їжі є базисною потребою яка лежить в основі всієї «Піраміди потреб».

Аналізуючи результати імітаційного моделювання, можна зробити висновок про те, що розроблена в даному дослідженні цифрова імітаційна модель екологічної свідомості студентів на основі аналізу ризиків прояву екофобних тенденцій адекватно відображає реально існуючі тенденції реагування людини в умовах стресу та в ситуації благополуччя, які детермінуються її біологічною, психологічною, соціальною природою та культурними особливостями.

5. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Актуальним прикладним напрямом міждисциплінарних досліджень є застосування цифрового імітаційного моделювання.

При інтегративному застосуванні цифрового імітаційного моделювання та знань про природу людини (соціально, психологічно) для аналізу стратегій «Продовольча безпека», «Індивідуальна безпека та захист» і «Колективізм, соціальність, колективна безпека», які

розглядаються в системі аналізу ризиків проявів екофобної свідомості студентів отримано такі результати:

При імітаційному моделюванні, із використанням критерію Гурвіца, шляхом зміни параметру трикутного розподілу прояву оптимістичних умов формування екофільних тенденцій δ домінуючою є стратегія $A2$ «Продовольча безпека». Це зумовлено інтегруючим іншими стратегіями ($A1$ та $A3$) характером стратегії $A2$ та її інстинктивно визначеною здатністю актуалізувати життєвий і вітальний потенціали й можливості до виживання на основі мотиваційного чиннику, яким є їжа.

За результатами дослідження у жодному випадку стратегія $A3$ («Колективізм, соціальність, колективна безпека») не була домінантною, що зумовлено значимістю індивідуально-психологічного аспекту та домінуванням індивідуалізму над колективізмом.

В окремих випадках, при значеннях параметру функції трикутного розподілу $d3=0$ та $d3=0,1$ спостерігається домінування стратегії $A1$ («Індивідуальна безпека і захист»), що представляє крайній песимізм та низький ступінь прояву оптимістичних умов формування екофільних тенденцій. Відповідно, перевага в окремих випадках стратегії $A1$ розкриває домінуючий характер індивідуально-психологічної складової в природі людини, що проявляється в умовах стресових та кризових ситуацій та може супроводжуватися актуалізацією екофобної свідомості (інтенцій і цінностей).

При поступовому збільшенні значення параметру функції трикутного розподілу $d3$ від 0 до 1 з кроком 0,1 спостерігаємо поступове зменшення на ітераціях етапів імітаційного моделювання кількості випадків домінування стратегії $A1$ («Індивідуальна безпека і захист») та відповідне збільшення кількості випадків домінування стратегії $A2$ («Продовольча безпека»), що вказує на базисний, вітальний, інтегративний й повсякденний характер стратегії «Продовольча безпека».

Розроблена в даному дослідженні цифрова імітаційна модель екологічної свідомості студентів на основі аналізу ризиків прояву екофобних тенденцій системно, адекватно й прогностично відображає реально існуючі тенденції ймовірного реагування людини як в умовах стресу, так і в ситуації благополуччя.

Застосування цифрового імітаційного моделювання дає можливість змоделювати важливі психологічні, соціально-психологічні та еколо-психологічні феномени як з дослідницько-пізнавальних позицій так й освітньо-педагогічних, а саме, з метою застосування в умовах освітнього процесу при вивченні, як математичних та інформатичних дисциплін, так і природничих (еклогія, біологія, екологічна антропологія) та психологічних – екологічна психологія. Цифрове імітаційне моделювання дає можливість розкрити гносеологічний потенціал міждисциплінарної інтеграції та трансдисциплінарного й проблемного підходів при вирішенні екологічних, антропо-екологічних та психолого-екологічних проблем.

Цифрове імітаційне моделювання екофобної свідомості репрезентоване як складова інноваційного тренду української освіти, може бути застосоване для професіоналізації, інтелектуалізації, математизації, цифровізації, технологізації освітнього процесу, зокрема, при вивченні таких дисциплін як математика, інформатика, екологія, екологічна психологія, екологічна антропологія, біологія людини.

В подальшому ми плануємо проводити дослідження присвячені застосуванню цифрових і математичних методів, зокрема імітаційного моделювання, для вивчення екофобної та екофільної свідомості, а також впроваджувати результати наукових пошуків в методичну роботу та освітній процес.

6. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Биков, В. Ю. (2021). Формування компетентностей учасників освітнього процесу на основі хмаро орієнтованих інформаційно-освітніх систем. Вісник Національної академії педагогічних наук України, 3(1).

- [2] Гуревич, Р. С., Кадемія, М. Ю., & Опушко, Н. Р. (2020). Цифрові технології в закладах вищої освіти: виклики сучасного суспільства. In *The 5 th International scientific and practical conference – Modern science: problems and innovations*, SSPG Publish, Stockholm, Sweden.
- [3] Жалдак, М. І. & Франчук, В. М. (2020). Використання хмарних технологій у процесі навчання основ теорії ймовірностей у закладах загальної середньої освіти. *Комп'ютер у школі та сім'ї*. С. 3-13.
- [4] Lazarenko, N. I., Kolomiets, A. M., & Palamarchuk, O. N. (2018). Communication in the internet space: psychological aspect. *Information technologies and learning tools*, 65(3). p 249-261.
- [5] Morze, N., & Makhachashvili, R. (2020). Digital Competence in E-Governance Education: A Survey Study. *Information Technology and Interactions (IT&I-2020)*, 7. P. 264-266.
- [6] Striuk A. M., Semerikov S. O. (2019). The Dawn of Software Engineering Education. *CEUR Workshop Proceedings 2546*. P. 35–57.
- [7] Osadchyi, V. V., & Yeremieiev, V. S. (2021). Construction of cubic splines for interpolating functional dependencies and processing the results of experimental studies. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1946(1). P. 012006.
- [8] Рамський, Ю. С., Струтинська, О. В., & Умрик, М. А. (2020). Модернізація змісту навчання майбутніх вчителів інформатики в умовах становлення інформаційного суспільства. *Науковий часопис НПУ імені МП Драгоманова, Серія 2, Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*, 22(29). С. 17-25.
- [9] Spirin, O., & Burov, O. (2018). Models and Applied Tools for Prediction of Student Ability to Effective Learning. In *ICTERI Workshops*. P. 404-411.
- [10] Shevchenko, L. S. (2020). Implementing e-learning in the context of future professional activity. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training: Methodology, Theory, Experience, Problems: Collection of Scientific Papers*, 55. P. 239-249.
- [11] Yevtuch, M. B., Fedorets, V. M., Klochko, O. V., Kravets, N. P., & Branitska, T. R. (2021). Ecological and axiological reflection of the concept of sustainable development as a basis for the health-preserving competence of a physical education teacher. In *SHS Web of Conferences*, 104. P. 02008.
- [12] Kuzmina, E., Klochko, O., Savina, N., Yaremko, S., Akselrod, R., & Strauss, C. (2020). Risk Analysis of the Company's Activities by Means of Simulation. In *CITRisk*. P. 162-174.
- [13] Клочко, О. В., Клочко, В. І., & Потапова, Н. А. (2013). Методи оптимізації в економіці.
- [14] Дольская, О. А. (2013). Трансформации рациональности в современном образовании.
- [15] Про схвалення Стратегії розвитку сфери інноваційної діяльності на період до 2030 року : Розпорядження від 10 липня 2019 р. № 526-р. Кабінет Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/526-2019-%D1%80> (дата звернення: 08.05.2021).
- [16] Kezunovic, M., Abur, A., Huang, G., Bose, A., & Tomsovic, K. (2004). The role of digital modeling and simulation in power engineering education. *IEEE transactions on power systems*, 19(1). P. 64-72.
- [17] Ye, J., Koopialipoor, M., Zhou, J., Armaghani, D. J., & He, X. (2021). A novel combination of tree-based modeling and Monte Carlo simulation for assessing risk levels of flyrock induced by mine blasting. *Natural Resources Research*, 30(1). P. 225-243.
- [18] Sachs, J., Kroll, C., Lafortune, G., Fuller, G., & Woelm, F. (2021). *Sustainable Development Report 2021*. Cambridge University Press.
- [19] Moe, A. M. (2011). Trees, ecophilia, & ecophobia: a look at arboriculture along the front range cities of Colorado. *Journal of Ecocriticism*, 3(2). P. 72-82.
- [20] Simon, C. Estok. (2011). Ecocriticism and Shakespeare: Reading Ecophobia. Dan Brayton and Lynne Bruckner, eds. *Ecocritical Shakespeare*.
- [21] Yılmaz, Z. G. (2019). Ecophobia as Artistic Entertainment. *ISLE: Interdisciplinary Studies in Literature and Environment*, 26(2). P. 413-421.
- [22] Ralph, I. (2019). Ecophobia and the Porcelain Porcine Species. *ISLE: Interdisciplinary Studies in Literature and Environment*, 26(2). P. 401-412.
- [23] Машненко, К. (2014). Взаємодія екофільних та екофобних настанов у процесі розвитку свідомості суб'єктів державного управління. *Державне управління та місцеве самоврядування*, 4. С. 24-32.
- [24] Книш, І. В. (2012). Екофільність українського етносу та проблема формування екологічної свідомості. *Філософія науки: традиції та інновації*, 1(5). С.125–133.
- [25] Зубков, С. А. (2019). Релігія природи для техногенної цивілізації. *Філософія и культура*, 4. С. 12-19.
- [26] Безверхий, Ю. В., & Беркут, В. П. (2010). Экофобное сознание: история и современность. *Военно-исторический журнал*. С. 56-61.
- [27] Іващенко, О. А. (2018). Системна екологічна криза як предмет міждисциплінарних досліджень. Міждисциплінарність у міжнародних відносинах: теорія, методологія, практика: матеріали міжнародного наукового симпозіуму, 2. С. 28-36.
- [28] Peccei, A. (2013). *The human quality*. Elsevier.
- [29] Maslow, A., & Lewis, K. J. (1987). Maslow's hierarchy of needs. *Salenger Incorporated*, 14(17). P. 987-990.

DIGITAL SIMULATION MODELING OF STUDENTS' ECOLOGICAL CONSCIOUSNESS BASED ON RISK ANALYSIS OF ECOPHOBIC TENDENCIES

Klochko Oksana Vitaliivna

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Mathematics and Informatics, Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-6505-9455

klochkoob@gmail.com

Fedorets Vasyl Mykolaiovych

Candidate of Medical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Psychological-Pedagogical Education and Social Sciences,

Public higher educational establishment "Vinnytsia academy of continuing education", Vinnytsia, Ukraine

ORCID ID 0000-0001-9936-3458

bruney333@yahoo.com

Klochko Vitalii Ivanovych

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Higher Mathematics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

ORCID ID 0000-0002-9415-4451

vi.klochko.7@gmail.com

Abstract. The article presents the results of digital simulation modeling of ecological consciousness of students, conducted on the basis of risk analysis of ecophobic tendencies (intentions, values). Methodological and methodological tools of the study are represented by: developed "Questionnaire Fedorets-Klochko definition of ecophobic consciousness of the industrial era"; the Monte Carlo method; risk management model using the Hurwitz criterion; triangular distribution; the doctrine of stress; ideas about ecological and anthropological crises; the phenomenon of everyday consciousness; ecological and value understanding of the rationality of the Enlightenment era, Modern and Postmodern. On the basis of application of digital tools of simulation modeling the tendencies of manifestation of signs of ecophobia are defined, possible risks are prediction. The model of risk management of ecophobic tendencies is developed on the basis of Hurwitz's criterion and realization in the Monte Carlo method of the generator of sampling of random variable having triangular distribution. In order to automate all stages of the simulation process using the Monte Carlo method, the Python programming language was used. This approach made it possible to implement simulation based on this digital model, identifying ecophobic intentions and values by revealing a synergistic strategy of personal security, which has a genetic and semantic connection with the basic vital (life) value - food security (individual and collective). The use of digital simulation model of ecological consciousness of students on the basis of risk analysis of ecophobic tendencies may be relevant in educational theory and practice and in everyday life (life, work). In accordance with the actualization of the goals of sustainable development as a leading trend of our time, the developed digital simulation model of students' ecological consciousness representatively, systematically, adequately and prognostically reflects the real typical ways of human response to stress and well-being. Digital simulation opens qualitatively new opportunities for modeling psychological, ecological and psychological, anthropoecological phenomena and their use in research and pedagogical theory and practice. The introduction of digital simulation of ecophobic consciousness contributes to the professionalization, intellectualization, mathematization, technologization, greening of the educational process, which corresponds to the innovative, student-centered and ecocentric orientation of Ukrainian education and Eurocentric transformations of the Ukrainian education.

Key words: digital modeling, simulation modeling, Monte Carlo method, risk theory, triangular distribution, greening, ecological pedagogy, ecological psychology, ecological anthropology, ecological consciousness, ecophobia, ecophilia, sustainable development, education.

References (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] Bykov, V. Yu. (2021). Formuvannia kompetentnosti uchashykhiv osvithnoho protsesu na osnovi khmaro oriyentovanykh informatsiino-osvithnykh system [Formation of competencies of participants of educational process on the basis of cloud-oriented information-educational systems]. *Visnyk Natsionalnoi akademii pedahohichnykh nauk Ukrainy*, 3(1). (in Ukrainian).

- [2] Hurevych, R. S., Kademiia, M. Yu., & Opushko, N. R. (2020). Tsyfrovi tekhnolohii v zakladakh vyshchoi osvity: vyklyky suchasnoho suspilstva [Digital technologies in higher education institutions: challenges of modern society]. In *The 5 th International scientific and practical conference – Modern science: problems and innovations*, SSPG Publish. (in Ukrainian).
- [3] Zhaldak, M. I. & Franchuk, V. M. (2020). Vykorystannia khmarnykh tekhnolohii u protsesi navchannia osnov teorii ymovirnostei u zakladakh zahalnoi serednoi osvity [The use of cloud technologies in the process of learning the basics of probability theory in general secondary education]. *Kompiuter u shkoli ta simi*. P. 3-13. (in Ukrainian).
- [4] Lazarenko, N. I., Kolomiets, A. M., & Palamarchuk, O. N. (2018). Communication in the internet space: psychological aspect. *Information technologies and learning tools*, 65(3). P. 249-261.
- [5] Morze, N., & Makhachashvili, R. (2020). Digital Competence in E-Governance Education: A Survey Study. *Information Technology and Interactions (IT&I-2020)*, 7. P. 264-266.
- [6] Striuk A. M., Semerikov S. O. (2019). The Dawn of Software Engineering Education. *CEUR Workshop Proceedings 2546*. P. 35–57.
- [7] Osadchyi, V. V., & Yeremieiev, V. S. (2021). Construction of cubic splines for interpolating functional dependencies and processing the results of experimental studies. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1946(1). P. 012006.
- [8] Ramskyi, Yu. S., Strutynska, O. V., & Umryk, M. A. (2020). Modernizatsiia zmistu navchannia maibutnikh vchyteliv informatyky v umovakh stanovlennia informatsiinoho suspilstva [Modernization of the content of training of future teachers of computer science in the conditions of formation of information society]. *Naukovyi chasopys NPU imeni MP Drahomanova, Serii 2, Kompiuterno-orientovani systemy navchannia*, 22(29). P. 17-25. (in Ukrainian).
- [9] Spirin, O., & Burov, O. (2018). Models and Applied Tools for Prediction of Student Ability to Effective Learning. In *ICTERI Workshops*. P. 404-411.
- [10] Shevchenko, L. S. (2020). Implementing e-learning in the context of future professional activity. *Modern Information Technologies and Innovation Methodologies of Education in Professional Training: Methodology, Theory, Experience, Problems: Collection of Scientific Papers*, 55. P. 239-249.
- [11] Yevtuch, M. B., Fedorets, V. M., Klochko, O. V., Kravets, N. P., & Branitska, T. R. (2021). Ecological and axiological reflection of the concept of sustainable development as a basis for the health-preserving competence of a physical education teacher. In *SHS Web of Conferences*, 104. P. 02008.
- [12] Kuzmina, E., Klochko, O., Savina, N., Yaremko, S., Akselrod, R., & Strauss, C. (2020). Risk Analysis of the Company's Activities by Means of Simulation. In *CITRisk*. P. 162-174.
- [13] Klochko, O. V., Klochko, V. I., Potapova, N. A.: *Metody optymizatsii v ekonomitsi* [Methods of optimization in economics]. (in Ukrainian).
- [14] Дольская, О. А. (2013). Трансформации рациональности в современном образовании. (in Russian).
- [15] Pro skhvalennja Stratehiji rozvytku sfery innovatsijnoji diyalnosti na period do 2030 roku (2019). Rozporjadzhennja vid 10.07.2019 r. № 526-r [On approval of the Strategy for the development of innovation for the period up to 2030]. *Kabinet Ministriv Ukrainy*. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/526-2019-%D1%80> (accessed: 08.05.2021).
- [16] Kezunovic, M., Abur, A., Huang, G., Bose, A., & Tomsovic, K. (2004). The role of digital modeling and simulation in power engineering education. *IEEE transactions on power systems*, 19(1). P. 64-72.
- [17] Ye, J., Koopialipoor, M., Zhou, J., Armaghani, D. J., & He, X. (2021). A novel combination of tree-based modeling and Monte Carlo simulation for assessing risk levels of flyrock induced by mine blasting. *Natural Resources Research*, 30(1). P. 225-243.
- [18] Sachs, J., Kroll, C., Lafortune, G., Fuller, G., & Woelm, F. (2021). *Sustainable Development Report 2021*. Cambridge University Press.
- [19] Moe, A. M. (2011). Trees, ecophilia, & ecophobia: a look at arboriculture along the front range cities of Colorado. *Journal of Ecocriticism*, 3(2), 72-82.
- [20] Simon, C. Estok. (2011). *Ecocriticism and Shakespeare: Reading Ecophobia*. Dan Brayton and Lynne Bruckner, eds. *Ecocritical Shakespeare*.
- [21] Yılmaz, Z. G. (2019). Ecophobia as Artistic Entertainment. *ISLE: Interdisciplinary Studies in Literature and Environment*, 26(2). P. 413-421.
- [22] Ralph, I. (2019). Ecophobia and the Porcelain Porcine Species. *ISLE: Interdisciplinary Studies in Literature and Environment*, 26(2). P. 401-412.
- [23] Mashnenkov, K. (2014). Vzaiemodiia ekofilnykh ta ekofobnykh nastanov u protsesi rozvytku svidomosti subiektiv derzhavnoho upravlinnia [Interaction of ecophilic and ecophobic guidelines in the process of developing the consciousness of public administration]. *Derzhavne upravlinnia ta mistseve samovriaduvannia*, 4. P. 24-32. (in Ukrainian).
- [24] Knysh, I. V. (2012). Ekofilnist ukrainskoho etnosu ta problema formuvannia ekolohichnoi svidomosti [Ecophilicity of the Ukrainian ethnos and the problem of formation of ecological consciousness]. *Filosofii nauky: tradytsii ta innovatsii*, 1(5). P. 125–133. (in Ukrainian).
- [25] Zubkov. S. A. (2019). *Religiya prirody dlya tekhnogennoy tsivilizatsii* [The religion of nature for a technogenic civilization]. *Filosofiya i kultura*, 4. P. 12-19. (in Russian).

- [26] Bezverkhyy, Yu. V.. & Berkut, V. P. (2010). Ekofobnoe soznaniye: istoriya i sovremennost [Ecophobic Consciousness: History and Modernity]. *Voenno-istoricheskiy zhurnal*. P. 56-61. (in Russian).
- [27] Ivashchenko, O. A. (2018). Systemna ekolohichna kryza yak predmet mizhdystsyplinarnykh doslidzhen [Systemic ecological crisis as a subject of interdisciplinary research]. *Mizhdystsyplinarnist u mizhnarodnykh vidnosynakh: teoriia, metodolohiia, praktyka: materialy mizhnarodnoho naukovoho sympoziumu* [Interdisciplinarity in international relations: theory, methodology, practice: materials of the international scientific symposium], 2. P. 28-36. (in Ukrainian).
- [28] Peccei, A. (2013). *The human quality*. Elsevier.
- [29] Maslow, A., & Lewis, K. J. (1987). Maslow's hierarchy of needs. *Salenger Incorporated*, 14(17). P. 987-990.