

DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2026-1\(43\)-22-33](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2026-1(43)-22-33)  
УДК 004.03

### Євгеній Юрійович Сахно

доктор технічних наук, професор кафедри геодезії, картографії та землеустрою  
Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна).

E-mail: [evsakhno@ukr.net](mailto:evsakhno@ukr.net). ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9789-7242>. SCOPUS ID: 57190493489

## КОНЦЕПЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ ПРИРОДНИХ І ШТУЧНИХ СИСТЕМ

У науковій статті наведені дослідження процесів взаємодії природних і штучних систем, запропоновано механізм їх трансформації, який дозволяє визначити природу їхнього поєднання та знайти підходи до управління процесом створення та закріплення корисних ознак в середовищі існування людської цивілізації. Розглянуто обмін між енергетичними потенціалами та створення інтегрованої, сумісної системи на підставі моделі взаємодії природних і штучних систем, а своєю чергою сумісна система є ланкою в їхньому переході на новий, вищий ступінь розвитку. Головною рисою запропонованої моделі є застосування теорії потоків енергії та апарату диференціальних рівнянь, які описують стійкість систем та зміни їхніх параметрів із часом, а розв'язком таких рівнянь є фазові траєкторії, що визначають рух систем у просторі, й відповідно, вектор їхнього зростання.

**Ключові слова:** природні системи; штучні системи; взаємодія; фазові траєкторії.

Рис.: 7. Табл.: 1. Бібл.: 9.

*Єдина відмінність між часом і будь-яким із трьох просторових вимірів полягає в тому, що наша свідомість рухається вздовж нього.*

Г. Дж. Уэлс

**Актуальність теми.** Процес розвитку природних систем на планеті Земля характеризується зростанням потенціалу людського суспільства відповідно до його потреб та викликами перед навколишнім простором. Відомо, що еволюція завдяки природному відбору є випадковою, при цьому трапляються мільйони мутацій, з яких корисними виявляються одиниці, і як наслідок, механізм еволюції завдяки природному відбору має досить повільний характер – мусять змінитись десятки поколінь, перш ніж корисна ознака закріпиться в популяції. Проте людству для виживання на планеті потрібне зменшення часу для появи корисної ознаки того чи іншого природного явища, і вирішенням таких завдань мають слугувати штучні системи [1; 2].

**Постановка проблеми.** Відомо, що штучні системи визначаються як системи, які утворюються і розвиваються безпосередньо людьми, або можуть являти собою будь-які матеріальні продукти і технології, сотворені людьми. Проте коли хоча б один елемент був цілеспрямовано змінений чи створений людиною, систему можна вважати штучною, і якщо брати до уваги середовище, що оточує сучасну людину, з погляду викладеного підходу, то людство існує у практично створеному штучному світі. У процесі еволюції цивілізації створювався і розвивався певний «кокон» штучних систем, що охоплював кожен людину, групи людей, а також усе людство загалом [1]. Водночас підґрунтям сучасної теорії створення штучних систем є еволюційне моделювання, яке можна визначити як відтворення процесу природної еволюції за допомогою спеціальних комп'ютерних програм. Чинники, що визначають неминучість еволюції, містять:

- спадкову мінливість як передумову еволюції, її матеріал;
- боротьба за існування як керуючий та спрямовуючий фактор;
- природний відбір як перетворюючий чинник.

Сучасна теорія еволюції спирається на теорію загальної і популяційної генетики; у популяціях відбуваються мікроеволюційні процеси, що ведуть до зміни їхнього генофонду, трансформації генетичного складу популяції. До ключових напрямів розвитку еволюційного моделювання на сучасному етапі можна віднести такі:

- генетичні алгоритми (ГА), призначені для оптимізації функцій дискретних змінних, які призначені для оптимізації функцій дискретних змінних, у яких використовуються аналогії природних процесів рекомбінації та відбору;

- системні класифікації (КС), сформовані на основі генетичних алгоритмів, які застосовуються як системи контролю навчання;
- генетичне програмування (ГП), засноване на використанні еволюційних методів удосконалення створюваних комп'ютерних програм;
- еволюційне програмування (ЕП), спрямоване на оптимізацію неперервних функцій без застосування рекомбінацій;
- еволюційні методи (ЕМ), на які націлена оптимізація неперервних функцій за допомогою рекомбінацій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботі [3] розглянуто ключові поняття та основні положення теорії систем, а також методи системного аналізу. Особливий акцент зроблено на застосуванні сучасних комп'ютерних технологій для моделювання систем у межах системного аналізу. У монографії [4] авторами розглянуто виявлені закономірності розвитку штучних систем. Проаналізовано етапи еволюції ряду нетехнічних систем, зокрема, на їхніх прикладах підтверджено гіпотезу Г. С. Альтшуллера про ймовірне існування універсальних законів розвитку будь-яких штучних систем. Також сформульовано основи теорії розвитку штучних систем (ТРШС) як складової частини загальної теорії систем. У працях [5; 6] наведено сучасне бачення ключових теоретичних основ екосистемології. Дослідник розглядає теоретичні й практичні аспекти будови та роботи природних систем, різних видів їхньої зміни й математичного моделювання, а також глобальних напрямків опису різноманітності. Розглянуто головні аспекти сучасної класифікації екосистем, стисло охарактеризовано недоліки та переваги деяких з них. Проаналізовано розмаїття природних систем і запропоновано фрагмент уніфікованої класифікації на прикладі регіонального ландшафтного парку. У роботі [7] визначено сутність природних і штучних екосистем і відмінності між ними.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Еволюційні методи доречно застосовувати в тих випадках, коли прикладну задачу складно викласти у формі, що дозволяє отримати аналітичне розв'язання, або коли потрібно завчасно знайти приблизний результат. А для успішного розвитку штучних систем потрібне глобальне економічне зростання, і країнам, які прагнуть до лідерства в багатополлярному світі, варто створити продукт, який матиме попит на довгі роки, здійснюючи прориви в тих галузях, які здатні очолити всю світову економіку. У найближчі роки сформується низка продуктів, яка докорінно змінить ринок; системи штучного інтелекту, що створюються або вже застосовуються, 3D-системи, біо-, нано-, кріо-, робототехніки, екотехнології, що сприяють трансформації та розвитку штучних систем. Усе це призведе до того, що країни, які стануть носіями цих технологій, опиняться серед світових лідерів, а ті, хто гає з розробкою штучних систем, не знайдуть своїх споживачів та відстануть на чимало років.

**Мета роботи.** Це дослідження присвячено вивченню процесів взаємодії природних та штучних систем, динаміки їх розвитку та обміну енергетичними потенціалами з метою виявлення механізму їх інтеграції та переходу систем на вищий рівень розвитку. Також важливим питанням цієї роботи є моделювання процесів їх взаємодії з використанням теорії потоків енергії та комплексу диференціальних рівнянь для визначення фазових траєкторій руху систем у просторі та часі.

**Результати досліджень.** Досліджуючи історію техніки, можна припустити уявну випадковість появи того чи іншого винаходу чи всього процесу розвитку техніки [4; 8], але є тісний зв'язок між випадковими та природними процесами розвитку. Науковці з усього світу намагаються стерти межу між штучними й живими організмами, аби створити роботів, здатних самостійно виробляти собі подібних. При цьому процес переходу від природних до штучних систем можна поділити на чотири етапи (рис. 1, а). Слід також зауважити, що описана теорія доволі спрощена й не бере до уваги величезний спектр обмежень, які накладаються на процес еволюції. Вивчаючи механізми руху систем та

їхніх частин, можна навчитися спрямовувати процес розвитку та взаємодії природних і штучних систем, зберігаючи таким чином розумну рівновагу в поступі людства під час переходу на новий рівень зростання. На першому етапі відбувається перенесення ознак з природних систем у сферу штучних, де на основі наявних характеристик природних систем формуються штучні.

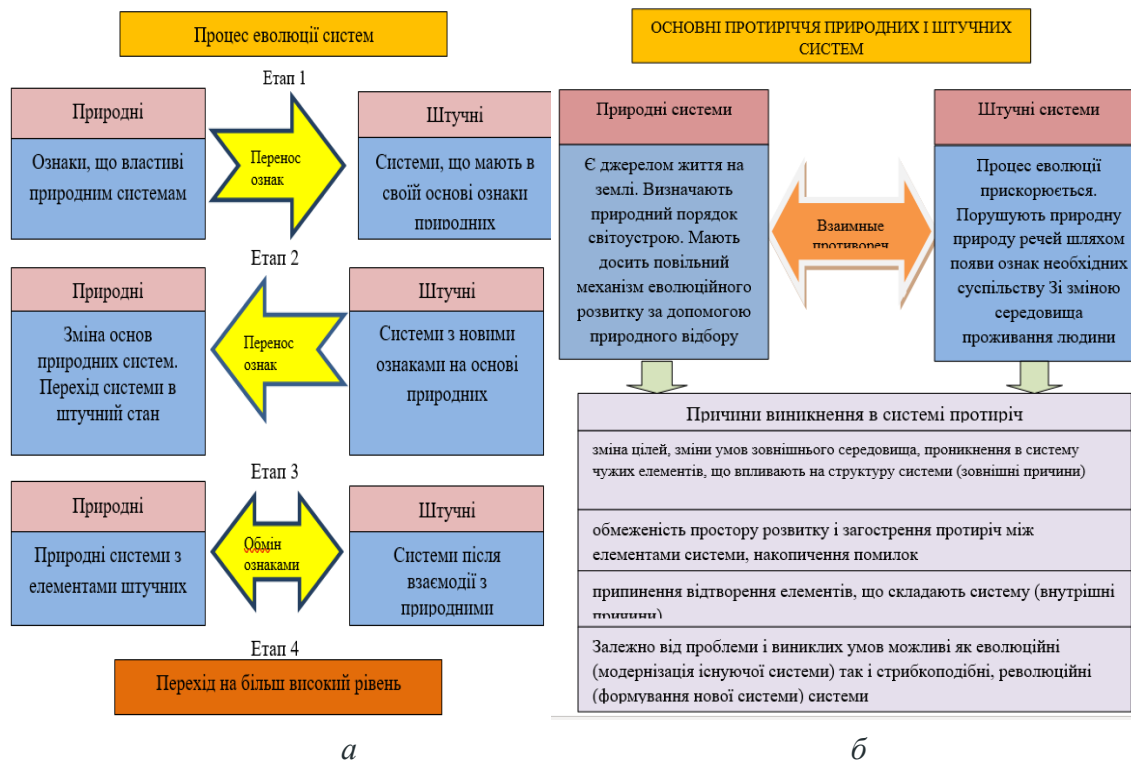


Рис. 1. Процес еволюції природних і штучних систем:

а – схема взаємодії систем;

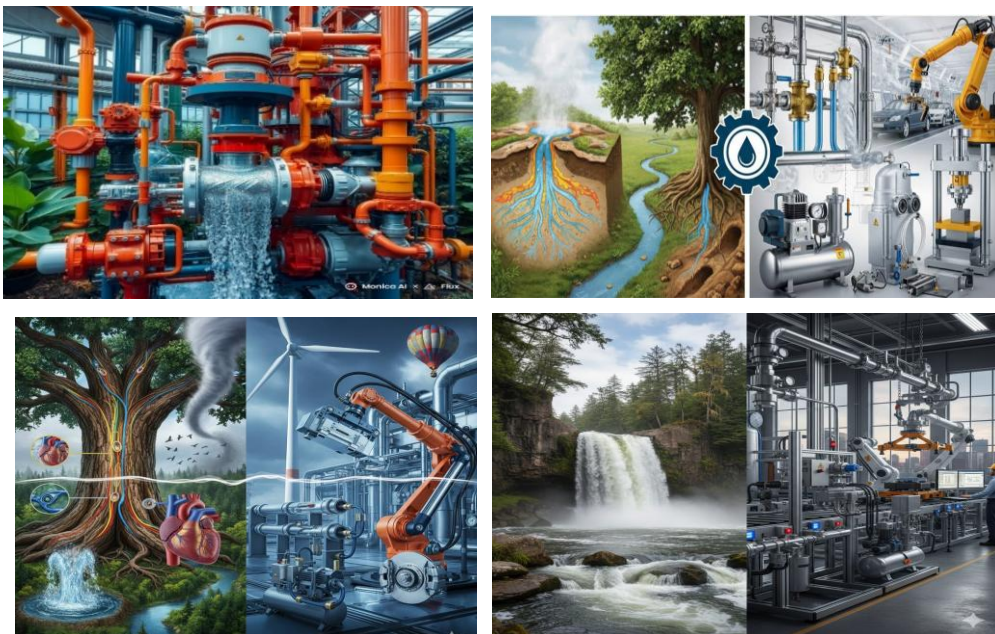
б – основні суперечності природних і штучних систем

Однак у зв'язку з розвитком науково-технічного прогресу людство на основі наявного технологічного арсеналу шукає можливості змінити природну основу речей. Такі технології, як генна інженерія, управління природними явищами, створення штучного інтелекту дало поштовх до зміни самої основи створеного природою середовища проживання людини. У цьому випадку можна виділити другий етап взаємодії природних і штучних систем, коли людина безпосередньо своїми діями змінює природні закони, і в цьому випадку природні системи втрачають своє первісне призначення (свої вихідні функції), перетворюючись, по суті, у штучні з окремими елементами природних систем. Проводячи такий технологічний уклад життя, в оточенні втрачається (стирається) межа між двома системами. Людство опиняється у світі, який створено штучно, в залежності від його бажання (і значною мірою від його егоїстичних забаганок). Таким чином, ми наближаємося до третього етапу взаємодії природних (змінених людиною), але, по суті, неприродних систем з новоствореними технологічними об'єктами.

У цьому випадку коло руху замикається і інтегрована система виходить на новий, вищий рівень розвитку, де рух повторюється. Вважаємо, що цей процес відбуватиметься доти, поки в навколишньому середовищі залишаться природні системи з початковими ознаками, створеними природою спочатку. З часом людство практично повністю змінить свою природу, а може й форму існування, залежно від потреби суспільства або своїх егоїстичних прагнень. Проте, вивчаючи механізми руху систем та їхніх елементів, можна

навчитися керувати процесом еволюційної взаємодії природних та штучних систем, таким чином дотримуючись раціонального балансу розвитку людства при переході на новий рівень розвитку.

На рис. 1, б показані головні суперечності, що виникають у процесі взаємодії природних і штучних систем, які полягають у тому, що природні системи розвиваються за власними еволюційними законами з доволі тривалим періодом появи потрібної ознаки системи. Штучні системи мають коротший період появи необхідної ознаки, проте вони призводять до глобальної зміни навколишнього простору з невизначеними наслідками таких дій. Проведені попередні дослідження дозволили з'ясувати, що еталоном взаємодії штучних та природних систем є галузь яка близька та улюблена автором даного наукового дослідження – галузь промислової гідравліки та пневматики, де в ролі штучних систем виступають машини та механізми, а природним є елемент передачі енергії у вигляді природного мастила, води та повітря, що пов'язано з тим, що закони гідравліки діють як у природі, так і у створених людиною пристроях. Наприклад, гідравлічні та пневматичні системи можуть бути природними (природні гідродинамічні об'єкти, океани та моря, геотермальні джерела, водопровідна система коренів дерев, кровообіг у живих організмах або атмосферні процеси) та штучними (пристрої та механізми, що створені людиною). Природні системи використовують рідини або гази для виконання функцій, тоді як штучними є гідросилові пристрої, механізми, які використовують гідравлічну енергію для передачі механічної, що відбувається під час роботи машин, автоматизації процесів виробництва. На рис. 2 представлена взаємодія штучних та природних систем гідравліки та пневматики, яка створена штучним інтелектом. Крім того, штучні та природні мастила дозволяють перетворювати енергію потоку рідини в кінетичну енергію вала, що обертається, і цей ефект використовуються в різних галузях, включаючи машинобудування, енергетику, сільське господарство, будівництво та інших.



*Рис. 2. Зображення природні та штучні системи гідравліки та пневматики, яке створено ШІ*

Процес взаємодії між природними та штучними системами представлений на рис. 3, і щоб розкрити процес взаємодії між взаємними об'єктами, необхідно:

- 1) простежити механізми взаємодії між системами у зв'язку з характеристиками їхніх енергій;
- 2) виявити особливості злиття точок біфуркації та синергічного ефекту взаємодії систем.

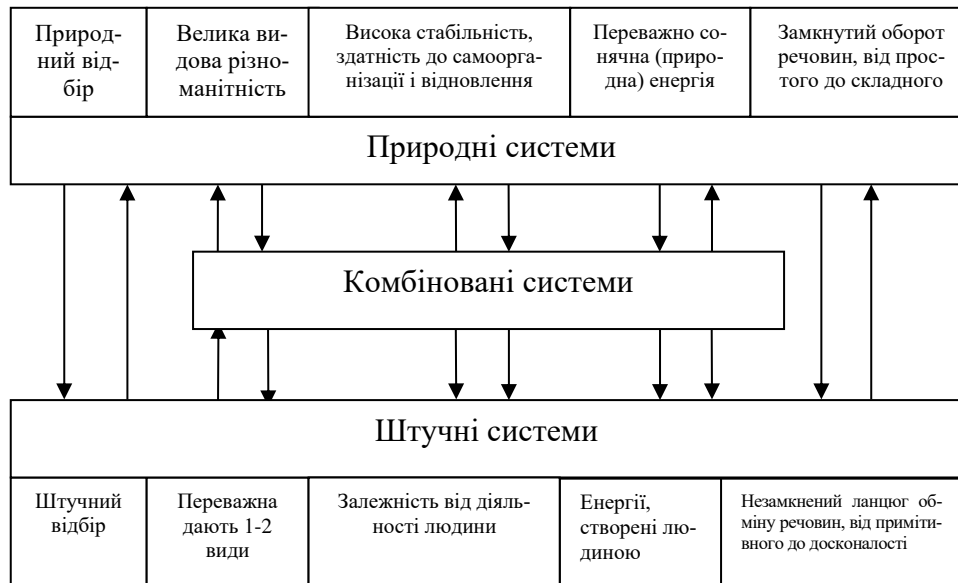


Рис. 3. Схема взаємодії штучних та природних систем

На основі створеної схеми взаємодії штучних та природних систем (рис. 3) розглянемо питання їх інтеграції та обмін ознаками при їхньому розвитку і формуванні єдиної комбінованої системи [9]. Приймемо, що інтеграція систем буде неповною, і загалом системи будуть функціонувати індивідуально і контактувати лише в точках їх дотику. Розглянемо випадок, коли енергетичний потенціал системи розподілений вздовж границі, яка визначає параметри системи (рис. 4, а), у результаті руху систем назустріч одна до одній зі швидкостями  $V_1$  та  $V_2$ , (рис. 4, б) відбувається їх взаємопроникнення і утворюється область  $x_0$ , (зі станом рівноваги  $oo'$ ), де відбувається їх злиття та об'єднання з можливими синергетичними ефектами. У реальних умовах енергія систем розподілена вздовж їхніх границь нерівномірно, а в деяких випадках - хаотично. Тому в залежності від існуючих законів розподілу енергії будуть формуватися виступи та западини на поверхні систем. У цьому випадку при зустрічному русі двох систем зі швидкостями  $V_1$  та  $V_2$  можуть формуватися різні конфігурації області  $x_0$ , за параметрами яких можна робити висновки про процеси інтеграції та кінцеві результати їх сумісної діяльності.

Розглянемо деякі типові випадки (рис. 4,б,в), коли в результаті взаємопроникнення (дифузії) потоків енергії, об'єднуються виступи систем з площами  $S_1, S_2, S_3$  (рис. 4,б), де енергетичні потоки доповнюють одне одного та утворюють точки біфуркації на основі принципів синергізму [9]. Тут також виникають області з площами  $F_1$  та  $F_2$ , де чітко виражені енергетичні потенціали відсутні. У цьому випадку виникають локальні енергетичні порожнини, які негативно впливають на загальну допустиму область  $x_0$ , у результаті чого її площа зменшується. Альтернативний варіант, коли виступи та западини двох систем збігаються (рис. 4, б). У цьому випадку енергетичний простір заповнюється повністю. Цікавим є випадок, коли енергетичні потенціали однополосні, тоді виступ із більшим потенціалом може зруйнувати виступ із меншим потенціалом і виникає локальний енергетичний потенціал 1, а енергія буде розсіюватися в деякій області  $x_p$ , доповнюючи суміжні енергетичні смуги (рис. 4, в).

Унаслідок руху компонентів системи стається впорядковане перерозподілення енергетичних потоків через зіткнення великої кількості мікроскопічних часток, що ґрунтується на базових системних засадах, притаманних добре організованим об'єктам будь-якого походження.

Математичну модель роботи системи за теорією потоку можна подати рівняннями балансу щодо змінних стану. Інтегральне рівняння балансу для будь-якого досліджуваного часового інтервалу  $(t_0, t_N)$  буде:

- для статистичних систем рівняння балансу:

$$U = UA + Y, \tag{1}$$

- для динамічних систем рівняння запишемо в такому виді:

$$X(t_N) = X(t_0) + U(t_0, t_N) - Y(t_0, t_N) \pm K(t_0, t_N), \tag{2}$$

де  $U$  – енергія, що входить у систему;  $Y$  – енергія, що виходить із системи;  $A$  – матриця коефіцієнта;  $t_0, t$  – досліджувані інтервали;  $X$  – змінний стан системи;  $U$  – вхідні параметри;  $K$  – коефіцієнт, що з'явилася в результаті діяльності системи.

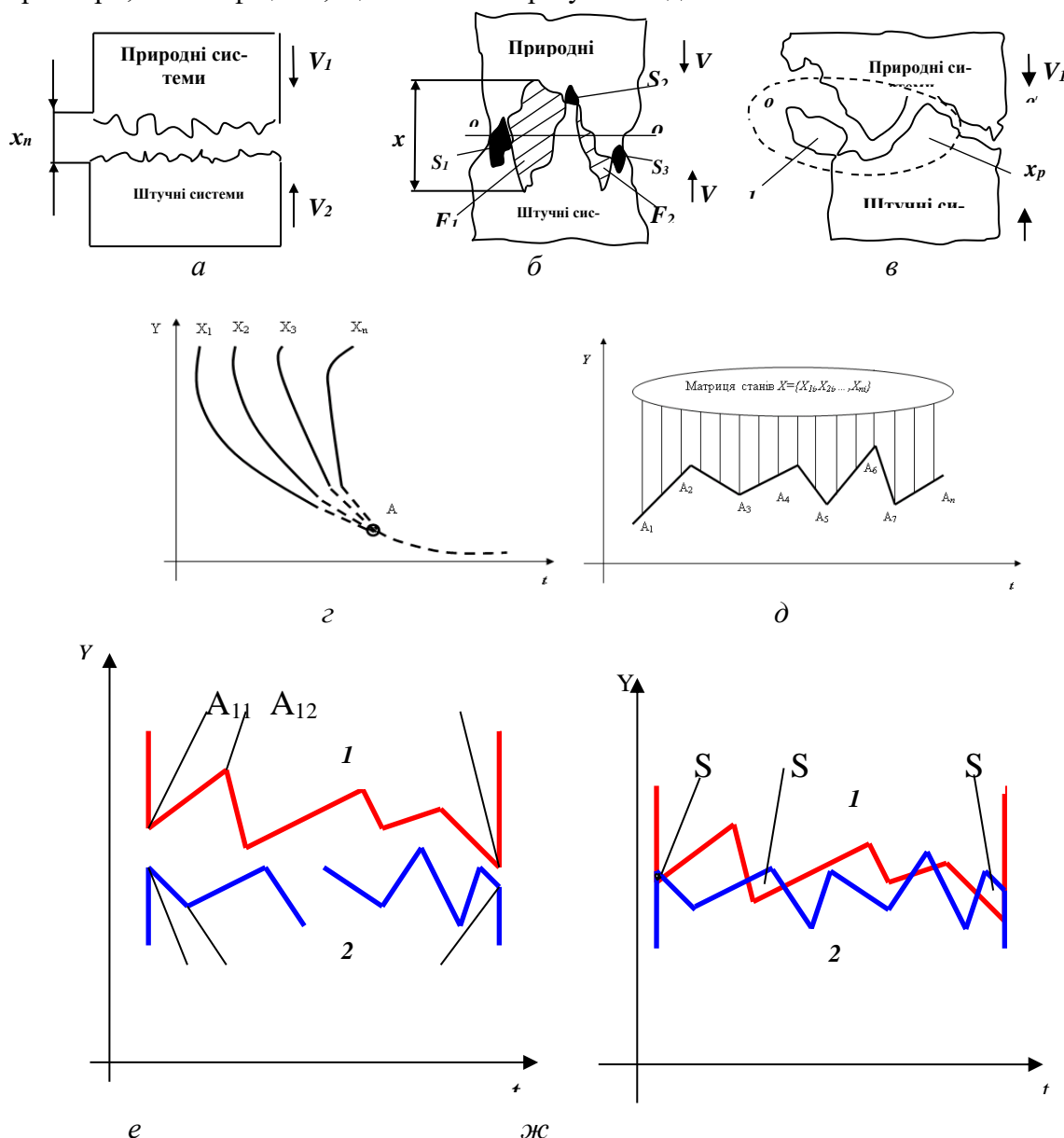


Рис. 4. Схема інтеграції штучних та природних систем:

а – початковий стан

систем; б – взаємопроникнення двох систем; в – заповнення енергетичних просторів; г – фазові траєкторії у просторі станів (А-атрактор типу «центр») та інтеграція систем; д – динамічний розподіл станів; е) до взаємодії; ж – після взаємодії;

Найбільш доцільним для дослідження теорії систем є апарат диференціальних рівнянь, який описують зміни системи в часі у вигляді:

$$\frac{dY}{dt} = f(X, B, t), \tag{3}$$

де  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$  – вектор залежних змінних, які описують стан системи;  $\frac{dY}{dt}$  – швидкість зміни факторів системи;  $f(X, B, t)$  – нелінійна вектор-функція;  $B = \{b_0, b_1, b_2, \dots, b_n\}$  – вектор параметрів системи, в загальному випадку залежних від часу. Розв’язки рівнянь виду (3) звичайно представляють фазовими траєкторіями в просторі станів системи (рис. 4).

Аналіз фазових шляхів дозволяє зробити висновки про розвиток систем у часі, визначити зони детермінованої поведінки та зони біфуркацій (зони невизначеності та зони нестійких станів системи), а також атрактори системи (зони стійких станів, наприклад, типу «центр») [9]. Переважно перехід від стабільного стану до нестабільного (і навпаки) трапляється при зміні параметрів  $b_i$  системи (3), які можна назвати «керівними параметрами». Завдання аналізу стану можна сформулювати так: визначення таких параметрів, за допомогою яких можлива зміна поведінки системи та її станів чи керівних параметрів, що визначають стійкість до зовнішніх впливів. Розглядаючи поведінку системи в множині станів, можна говорити про наявність множини точок біфуркації  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ . Це означає, що функція поведінки системи (рис. 4, г, д) описується у просторі станів у вигляді загальної траєкторії з розподіленими у часі точками біфуркації чи атракторами та площами перетину систем  $S_1, \dots, S_N$  (рис. 4, е, ж) [9]. Визначені в таких точках параметри управління чи «параметри порядку» утворюють матрицю  $V = \{B_1, \dots, B_n\}$ , за допомогою якої можна оцінювати стійкість (нестійкість) системи. Тоді на вказаній множині станів система може бути описана системою диференціальних рівнянь виду (3) з врахуванням кількості станів. Якщо в системі відомий (заданий) її початковий стан  $X(t_0)$ , то існує єдиний розв’язок рівняння (3), за допомогою якого можна визначити прогнозні значення станів системи для будь-яких  $t > t_0$ . Якщо число змінних (станів) два або більше, то система може бути описана системою 2-х і більше рівнянь виду:

$$\begin{cases} \frac{dY_1}{dt} = f_1(X_1, X_2, B_1); \\ \frac{dY_2}{dt} = f_2(X_1, X_2, B_2); \\ \dots\dots\dots \\ \frac{dY_n}{dt} = f_n(X_1, X_2, B_n), \end{cases} \tag{4}$$

де  $B_1, B_2, \dots, B_n$  – параметри стійкості системи.

Розглядаючи загальну систему людства та культуру людської цивілізації, хотів би вашу увагу звернути на науково-фантастичний роман, детектив американського письменника Айзека Азімова «Сталеві печери» (англ. *The Caves of Steel*) з циклу творів «Роботи», 1954 р. (рис. 5, а). На основі цих творів створено відомий науково-фантастичний фільм «Я, робот» (англ. *I, Robot*) 2004 року режисера Алекса Пройаса, з Віллом Смітом у головній ролі, де показано «Три закони робототехніки» в майбутньому, де роботи стали повсюдною частиною людського життя (рис. 5, б). У цьому романі показано, що вуглець є основою людини (близько 21 %), а залізо – елементи робота. Тому співвідношення:

$$C/Fe \tag{5}$$

символізує зв’язок живої та неживої природи, штучних та природних систем, культуру, яка поєднує в собі найкращі якості обох систем, але паралельній основі.



Рис. 5. Структура людської цивілізації:

а – обкладинка роману «Сталеві печери»;  
 б – кадр з блокбастера «Я робот»; в – хімічна структура людської цивілізації

Адаптуючи цю теорію до умов суспільного розвитку, хотілося б визнати її раціональною основою існування людської цивілізації. Але, розглядаючи цю теорію на сучасному етапі еволюції, вважаю правильним додати до неї клас полімерних, легко формованих матеріалів, з яких можна виготовляти тверді, міцні, стійкі до корозії вироби. Ці речовини складаються переважно з вуглецю С, водню Н, кисню О, азоту N. Тепер можна з упевненістю сказати, що високомолекулярні сполуки підкорили людство, тому сучасну культуру цивілізації можна описати такими основними хімічними елементами (рис. 4, в):



На цій діаграмі в порожньому секторі спеціально розміщений знак питання як символ майбутніх хімічних елементів (уже існуючих або новостворених), які доповнять або замінять існуючу культуру цивілізації. Отже, теорія взаємозв'язку природних і штучних систем, живої та неживої природи продовжить свою еволюцію та рух у напрямку розвитку людського суспільства.

Ґрунтуючись на цій елементній базі, розглянемо процес створення технічних систем та їхніх елементів, опис яких може мати декілька варіантів, тому проаналізуємо чотири з них (табл. 1). У рядку 1 табл. 1 показано варіант створення спочатку технічної системи, а потім під її структуру елементної бази. Умовно цей процес можливо представити у вигляді людини, яка наздоганяє потяг, тобто структура системи створена, чи вже вдосконалюється, а потім підбирається елементна база. Такий порядок дій у вигляді готового будинку, під який підбирають його конструкції, та алгоритм створення системи показано у рядку 1. У рядку 2 (табл. 1) наведено паралельний варіант створення системи (людина бежить поряд з потягом). Множина елементів, порядок дій у вигляді будівлі та алгоритм створення системи наведено там само. У варіанті 3 спочатку відбувається створення елементів системи, а потім з них будується її структура (умовно представлено, як людину наздоганяє потяг). Порядок дій створення системи, приналежність множин її елементів та відповідний алгоритм наведено в стовпчиках 4 та 5. І четвертий варіант, у якому умовно представлено комбінаторика варіантів 1, 2, 3 (людина та потяг можуть рухатися в будь-якому напрямку, що відображають кути  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ ). Крім того, елементи однієї системи можуть бути також елементами іншої, і навпаки, а знов створені елементи можуть не підходити за технічними характеристиками до системи, що проектується. Порядок дій та алгоритм створення системи наведено в рядку 4. І якщо в цьому процесі виділяти окремо штучні та природні системи, то опис процесів їх взаємодії значно ускладнюється.

При цьому в процесі проектування виникає відомий парадокс Зенона «Ахіллес і черепаха» (рис. 6).

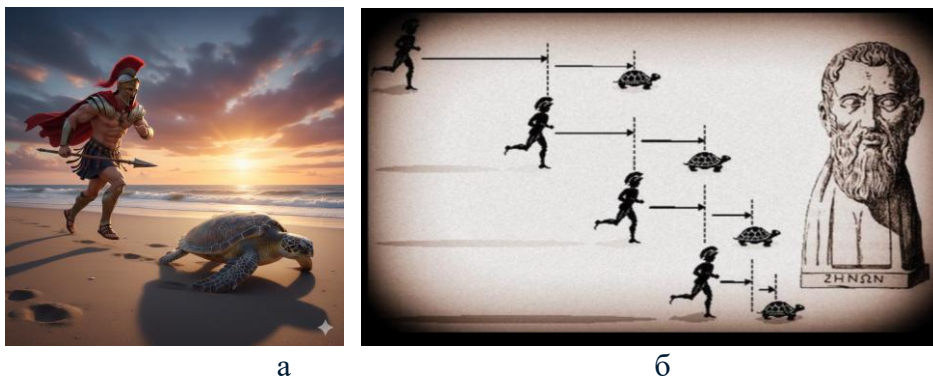


Рис. 6. Парадокс Зенона «Ахіллес і черепаха»: а – рисунок, що згенеровано за допомогою ШІ; б – схема для математичного опису













Звідки випливає, що швидкий Ахіллес ніколи не зможе наздогнати черепаху. Нехай на початку руху їх розділяє відстань  $a$ , і Ахіллес біжить у  $k$  разів швидше за черепаху (рис. 5, б). Доки Ахіллес пробіжить цей проміжок завдовжки  $a$ , черепаха встигне віддалитися від нього на відстань  $a/k$ . Коли Ахіллес пробіжить і цей проміжок  $a/k$ , черепаха віддалиться на відстань  $a/k^2$ , і так далі. Отже, Ахіллес ніколи не наздожене черепаху, бо між ними завжди буде певна дистанція. І якщо відомий парадокс Зенона накласти на теорію створення технічних систем (табл. 1), виникає наукова розбіжність, суперечність або неузгодженість, оскільки відповідно до варіантів 1 та 3 система ніколи не може бути створена. Хоча з погляду сучасної математики (математичного аналізу) цей парадокс розв'язується через поняття границі послідовності та суми нескінченно спадної геометричної прогресії. Тому науковців ще чекає ґрунтовне дослідження цієї суперечності, де завжди слід враховувати коефіцієнт затримки  $k_3$  чи інерційність системи.

Підбиваючи підсумки цієї наукової роботи, слід зазначити, що існування та взаємодія штучних та природних систем відбувається за трьома концепціями їхнього розвитку, такими як еволюція, революція та трансформація (рис. 7), і кожна з них має свої переваги та недоліки.



Рис. 7. Еволюція (а), революція (б) та трансформація (в)

Таблиця 1 – Створення технічних систем

Варіанти створення технічних систем			
Назва варіанту	Схема створення	Порядок дій	Алгоритм створення
1 Створення системи, а потім елементної бази	 $V_1 \leftarrow V_2$ $V_1 > V_2$	 $S(x) \in \{a_{in}, b_{in}, c_{in}, d_{in}\}$	
2 Створення системи разом з елементною базою	 $V_1 \leftarrow V_2$ $V_1 = V_2$	 $\{S(x), a_{in}, b_{in}, c_{in}, d_{in}\}$	
3 Створення елементної бази, а потім системи	 $V_1 \leftarrow V_2$ $V_1 < V_2$	 $\{a_{in}, b_{in}, c_{in}, d_{in}\} \in S(x)$	
4 Створення елементної бази, не у відповідності з функціоналом системи	 $V_1 \leftarrow V_2$ $\alpha_1, \alpha_2, V_3$	 $\{S_1(x), S_2(x), a_{in}, b_{in}, c_{in}, d_{in}\}$	

Еволюція (від лат. Evolutio - розгортання) є загальним процесом поступового, незворотного розвитку та змін чогось у часі, що охоплює як кількісні, так і якісні варіації. У біології це процес природних трансформацій і спадкових ознак популяцій живих істот протягом історії Землі, що є причиною виникнення нових видів і пристосувань до умов довкілля. Головною перевагою є природний шлях, поступовий розвиток, коли є час для корегування напрямку та виправлення похибок, а природне пристосування до зовнішніх трансформацій є рушієм розвитку. Основний недолік – тривалий процес, адже в наш час

стрімких змін та накопичених критичних можливостей у різних сферах резерву часу на еволюцію майже не залишилося.

Революція систем означає кардинальну, стрімку зміну самої системи, на відміну від поступових еволюційних зрушень. Головна перевага – це радикальна, швидка зміна системи, а головний недолік – технологічні революції найчастіше спричиняють шкоду етиці, моралі, навколишньому середовищу та проходять у відриві від духовного зростання.

Трансформація систем є процесом глибоких змін, перетворення однієї системи на іншу, коли старі чинники та властивості зникають, а на їхньому місці з'являються нові. Така зміна є найскладніший, і водночас легкий шлях, тому що немає ворогів ззовні й відповідно, немає зовнішніх руйнувань (революційний шлях), а також не треба плентатись, і чекати коли корисні ознаки з'являться у системі (еволюційний шлях). Складний тому, що потрібна сміливість, сила і воля знайти причину і сенси змін у собі.

**Висновки.** Таким чином, беручи до уваги вищезазначене, зрозуміло, що процес розвитку природних систем на планеті ознаменовується зростанням людського соціуму згідно з його потребами та викликами перед доквіллям. Відомо, що еволюція через природний відбір є випадковою, при цьому стаються мільйони мутацій, із яких корисними виявляються одиниці, і як наслідок, механізм еволюції за допомогою природного відбору доволі повільний – мають змінитись десятки поколінь, перш ніж корисна ознака закріпиться у популяції. Однак людству для виживання на планеті потрібне зменшення часу для появи корисної ознаки того чи іншого природного явища, і вирішенням таких завдань мають служити штучні системи. При цьому слід зазначити, що штучні системи визначаються як системи, що створюються і розвиваються безпосередньо людьми, або можуть бути будь-які зроблені людьми матеріальні продукти і технології, і якщо хоча б один елемент був цілеспрямовано змінений чи створений людиною, система вже може розглядатись як штучна. І якщо оточення сучасної людини розглядати з погляду викладеної методики, то людство мешкає у фактично ним сформованому штучному світі, і фундаментом сучасної теорії творення штучних систем є еволюційне моделювання за допомогою фахових комп'ютерних технологій.

Проте ще варто зауважити, що природні системи часто діють у значно більших масштабах і мають велику здатність до саморегуляції, тоді як штучні системи мають чітке проєктування та керуються певними правилами, що визначають їхню роботу.

### **Заява про використання генеративного ШІ та технологій на основі ШІ в процесі написання тексту статті**

Під час написання цього матеріалу автор використовував ChatGPT (інструмент штучного інтелекту від OpenAI) з метою логічного структурування окремих частин тексту та формулювання деяких речень у науковому стилі. Після використання цього інструменту автор переглянув та відредагував зміст за потреби і взяв на себе повну відповідальність за зміст публікації.

### **Список використаних джерел**

1. Holland, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems: An introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. Bradford <https://surl.li/hfpnvh>.
2. Природні та штучні системи. (n.d.). *Home-Task*. <https://school.home-task.com/prirodni-ta-shtuchni-sistemi>.
3. Сорока, К. О. (2004). *Основи теорії систем і системного аналізу*. ХНАМГ.
4. Шрагіна, Л. І., & Меєрович, М. Й. (2023). *Штучні системи: Теорія створення та розвитку*. Бондаренко М. О.
5. Хом'як, І. В. (2022). *Екосистемологія*. Вид-во Житомирського державного університету імені Івана Франка.
6. Никифоров, В. В., Никифорова, О. О., & Сакун, О. А. (2011). Огляд сучасних класифікацій екосистем. *Екологічна безпека*, (1(11)), 44–49.
7. Порівняння природних і штучних екосистем. (n.d.). *MoyaOsvita*. <https://moyaosvita.com.ua/ekologiya/%E2%9C%85porivnyanya-prirodnix-i-shtuchnix-ekosistem/>.
8. Герасимчук, О. П. (2023). *Теорія технічних систем*. Луцький національний технічний університет.

9. Sakhno, E. Y. (2020). Theory of evolutionary interaction of natural and artificial systems. *East European Science Journal*, (10(62), Part 7), 51–56

### References

1. Holland, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems: An introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. Bradford <https://surl.li/hfpnvh>.
1. Prirodni ta shtuchni sistemi [Natural and artificial systems]. Rezhym dostupu- Access mode: <https://school.home-task.com/prirodni-ta-shtuchni-sistemi/>.
2. Soroka K.O. (2024). *Osnovi teoriiy sistem i sistemnogo analizu: Navch. Posibnik [Fundamentals of Systems Theory and Systems Analysis: Textbook]*. Kharkiv: KhNAMG (in Ukrainian).
3. Shragina L.I., Meyerovich M.Y. (2023). *Shtuchni sistemi: teoriya stvorenniya ta rozvitku. Monografiya [Artificial systems: theory of creation and development. Monograph]*. Odesa: Bondarenko M.O. (in Ukrainian).
4. Khomyak I.V. (2022). *Ekosistemologiya: Navchalnij posibnik [Ecosystems: Textbook]*. Zhytomyr: Publishing House of I. Franko Zhytomyr State University (in Ukrainian).
5. Nikiforov V.V., Nikiforova O.O., Sakun O.A. (2011). *Oglyad suchasnykh klasifikacij ekosistem [Overview of modern ecosystem classifications]*. *Ekologichna bezpeka- Environmental safety*, no. 1/ (11), pp. 44-49 (in Ukrainian).
6. Porivnyannya prirodnykh i shtuchnykh ekosistem [Comparison of natural and artificial ecosystems]. Rezhym dostupu- Access mode: <https://moyaosvita.com.ua/ekologiya/%E2%9C%85porivnyannya-prirodnix-i-shtuchnix-ekosistem/>.
7. Gerasymchuk O.P. (2023). *Teoriya tehnicnykh sistem: Navchalnij posibnik dlya zdobuvachiv drugogo (magisterskogo) rivnya vishoyi osviti dennoyi ta zaочноyi form navchannya [Theory of Technical Systems: A textbook for students of the second (master's) level of higher education in full-time and part-time forms of study]*. Lutsk: NTU (in Ukrainian).
8. Sakhno E.Y. (2020). *Teoriya evolyucijnoyi vzayemodiyi prirodnykh i shtuchnykh system [Theory of evolutionary interaction of natural and artificial systems]*. *Shidnoyevropejskij naukovij zhurnal- East European Scientific journal*, No. 10(62), part 7, pp. 51-56 (in Poland).

Дата першого надходження статті до видання: 09.12.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 02.01.2026

UDC 004.03

### Yevgeniy Sakhno

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management  
Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine)

E-mail: [evsakhno@ukr.net](mailto:evsakhno@ukr.net). ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9789-7242>. SCOPUS ID: 57190493489

## CONCEPT OF INTERACTION BETWEEN NATURAL AND ARTIFICIAL SYSTEMS

*The development of natural systems on the planet is characterized by the growth of human society's potential in line with its needs and the challenges facing the surrounding environment. At the same time, evolution through natural selection is random, and millions of mutations occur, of which only a few prove to be useful. As a result, the mechanism of evolution through natural selection is quite slow—dozens of generations must change before a useful trait becomes the established in the population. However, in order for humanity to survive on the planet, it is necessary to reduce the time it takes for a useful trait of a particular natural phenomenon to appear, and artificial systems should serve as a solution to such problems.*

*Artificial systems are defined as systems that are created and developed directly by humans, or can be any material products and technologies created by humans. At the same time, the basis of the modern theory of creating artificial systems is evolutionary modeling, which can be defined as the reproduction of the process of natural evolution using special system programs.*

*The scientific article presents research on the processes of interaction between natural and artificial systems and proposes a mechanism for their transformation that allows determining the nature of their combination and finding approaches to managing the process of creating and consolidating useful features and the environment in which they exist.*

*The exchange between energy potentials and the creation of an integrated, compatible system based on a model of interaction between natural and artificial systems are considered, and in turn, the compatible system is a link in their transition to a new, higher level of development. The main feature of the proposed model is the application of the theory of energy flows and the apparatus of differential equations that describe the stability of systems and changes in their parameters over time, and the solution of such equations is phase trajectories that determine the movement of systems in space.*

**Keywords:** natural systems; artificial systems; interaction; phase trajectories.

Fig.: 7. Table: 1. References: 9.