



Наукові перспективи
Видавнича група

№ 9 (50)

2025

НАУКА і ТЕХНІКА

серія: *право*, серія: *економіка*, серія: *педагогіка*,
серія: *техніка*, серія: *фізико-математичні науки*

СЬОГОДНІ



З Україною

в серці!



Видавнича група «Наукові перспективи»

Всеукраїнська Асамблея докторів наук із державного управління

Асоціація науковців України

«Наука і техніка сьогодні»

*(Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка»,
Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»)*

Випуск № 9(50) 2025

Київ – 2025

Publishing Group «Scientific Perspectives»

Ukrainian Assembly of Doctors of Sciences in Public Administration

Association of Scientists of Ukraine

"Science and technology today"

***("Pedagogy" series, "Law" series, "Economics" series,
"Physical and mathematical sciences" series, "Technics" series)***

Issue № 9(50) 2025

Kyiv – 2025

**«Наука і техніка сьогодні» (Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка»,
Серія «Фізико-математичні науки», Серія «Техніка»): журнал.
2025. № 9(50) 2025. С. 1661**



*Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 07.04.2022 № 320 журналу
присвоєно категорію "Б" із економіки та педагогіки (спеціальності – 015 -
Педагогічні науки; 076 - Економічні науки)*

*Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 06.06.2022 № 530 журналу
присвоєно категорію "Б" із права (спеціальність – 081 Юридичні науки)*

*Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 10.10.2022 № 894 журналу присвоєно
категорію "Б" із техніки (спеціальність - 122 Комп'ютерні науки)*

*Журнал видається за підтримки Міждержавної гільдії інженерів консультантів, Інституту філософії та
соціології Національної Академії Наук Азербайджану (Баку, Азербайджан), громадської організації «Християнська
академія педагогічних наук України» та громадської організації «Всеукраїнська асоціація педагогів і психологів з
духовно-морального виховання»*

*Рекомендовано до видавництва Президією Всеукраїнської Асамблеї докторів наук з державного управління
(Рішення від 24.09.2025, № 9/9-25)*



Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index
Copernicus (IC), міжнародної пошукової системи Google Scholar та до
міжнародної наукометричної бази даних Research Bible



Головний редактор: Сопілко Ірина Миколаївна - доктор юридичних наук,
професор, Відмінник освіти України, Лауреат Премії Президента України для молодих
вчених, Лауреат Премії Верховної Ради України найталановитішим молодим ученим в
галузі фундаментальних і прикладних досліджень та науково-технічних розробок,
академік Академії наук вищої школи України, Заслужений юрист України (Київ, Україна)

Редакційна колегія:

- Бахов Іван Степанович — доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри іноземної філології та перекладу Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
- Будник Вікторія Анатоліївна - кандидат економічних наук, професор, професор кафедри бізнес-логістики та транспортних технологій Державного університету інфраструктури та технологій (Київ, Україна)
- Войтасик Андрій Миколайович – кандидат технічних наук за спеціальністю системи та процеси керування, доцент кафедри електричної інженерії суднових та роботизованих комплексів Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (м. Миколаїв, Україна), Віце-академік громадської наукової організації «Академія технічних наук України» (Івано-Франківськ, Україна)
- Волк Павло Павлович — доцент кафедри водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування (Рівне, Україна)
- Воробйов Яків Анатолійович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математики, інформатики та інформаційної діяльності Ізмайльського державного гуманітарного університету, учасник бойових дій, член громадської організації «Міжнародна фундація науковців та освітян», автор наукових публікацій та навчально-методичних матеріалів у галузі математики, прикладної математики, інформаційних технологій та педагогіки;
- Гирка Ольга Ігорівна - кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства, митної справи та управління якістю Львівського торговельно-економічного університету (Львів, Україна)
- Гнатюк Сергій Олександрович - кандидат технічних наук, доцент, заступник декана факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
- Дацій Олександр Іванович - доктор економічних наук, професор, Заслужений працівник освіти України, завідувач кафедри фінансів, банківської та страхової справи Міжрегіональної академії управління персоналом (Київ, Україна)
- Дівізніюк Михайло Михайлович - доктор фізико-математичних наук, професор, Завідувач відділу Відділу цивільного захисту та інноваційної діяльності Державної установи "Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України" (Київ, Україна)
- Дяденчук Альона Федорівна - кандидат технічних наук, старший викладач кафедри вищої математики і фізики Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного (Мелітополь, Україна)
- Забулонов Юрій Леонідович - доктор технічних наук, професор, Член-кореспондент НАН України, директор Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України» (Київ, Україна)

Булина Я.В., Дуло В.В., Бобик Є.В., Єрмаков В.О., 998
Шапочка І.В., Міца О.В.

*КОНТРОЛЬ УНІКАЛЬНОСТІ КРИПТОГРАФІЧНОГО НОНС У
СХЕМАХ НА ОСНОВІ СКІНЧЕННИХ ПОЛІВ*

Виклюк Я.І., Колодій Р.І. 1008
*ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ПОЯСНЮВАЛЬ-
НОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ*

Вовкодав О.В., Карабін О.Й., Мартинюк С.В., Габрусєв В.Ю., 1023
Грод І.М.
*ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ПРОБЛЕМИ Р ПРОТИ
НР У КОМП'ЮТЕРНИХ НАУКАХ*

Гіоргізова-Гай В.Ш., Корначевський Я.І., Стіканов В.Ю., 1034
Харченко К.В.
*СПРОЩЕНИЙ РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПІДСИЛЮВАЧІВ
НА БІПОЛЯРНИХ ТРАНЗИСТОРАХ У МАЛОСИГНАЛЬНОМУ
РЕЖИМІ*

Горбачук В.М., Дунаєвський М.С., Рибачок Д.О. 1047
ФІНАНСОВА ОРГАНІЗАЦІЯ РИНКІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Дев'ятко А.В. 1063
*РОЗРОБКА ФРЕЙМВОРКУ VLR ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ
У QA ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ СТАНДАРТАМ
БЕЗПЕКИ*

Дем'ян М.О. 1077
*АДАПТИВНА КЛАСИФІКАЦІЯ СТАНІВ ГЛІКЕМІЇ НА ОСНОВІ
КОНТЕКСТНО-ЗАЛЕЖНОГО НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ*

Донцова І.В., Пелик Л.В. 1092
*АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТРЕНДІВ У ВИРОБНИЦТВІ БОРОШНЯНИХ
КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ФРУКТО-
ОВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ*

УДК 004.421.2:004.42:519.17

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-9\(50\)-1023-1033](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-9(50)-1023-1033)

Вовкодав Олександр Валерійович кандидат технічних наук, доцент кафедри інформатики та методики її навчання, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, <https://orcid.org/0000-0001-9360-6252>

Карабін Оксана Йосифівна кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри інформатики та методики її навчання, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, <https://orcid.org/0000-0001-8759-948X>

Мартинюк Сергій Володимирович доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформатики та методики її навчання, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, <https://orcid.org/0000-0002-5611-3317>

Габрусєв Валерій Юрійович доцент, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри інформатики та методики її навчання, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, <https://orcid.org/0000-0002-3392-6825>

Грод Інна Миколаївна доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформатики та методики її навчання, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Тернопіль, <https://orcid.org/0000-0002-0785-2711>

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ПРОБЛЕМИ P ПРОТИ NP У КОМП'ЮТЕРНИХ НАУКАХ

Анотація. У статті проведено теоретичний та системний аналіз однієї з фундаментальних та важливих відкритих проблем P проти NP . З'ясовано, що обрана проблема є важливою для розуміння ефективності обчислень та які наслідки може мати її розв'язання для криптографії, штучного інтелекту, оптимізації та інших сфер.

У ході дослідження було проаналізовано властивості та особливості класів складності P та NP , визначено їхнє місце у загальному контексті обчислювальної складності.

Проведено аналіз ряду основних теоретичних підходів до її вирішення, серед них: діагоналізація, комбінаторні методи, теорія обмежень на обчислювальні моделі, доказова складність, а також підходи, пов'язані з квантовими обчисленнями. З'ясовано, що особливу увагу приділено впливу проблеми на прикладні галузі.

Зокрема, у криптографії було показано, що безпека більшості сучасних систем залежить від припущення $P \neq NP$, де у випадку, якщо буде доведено, що $P = NP$, існуючі криптографічні протоколи можуть втратити свою надійність. З'ясовано, що у сфері штучного інтелекту проблема визначає теоретичні межі автоматизації, оскільки багато ключових задач належать до класу NP . У оптимізації її невирішеність стимулює розвиток евристичних та наближених алгоритмів, що є компромісом між точністю і швидкістю.

Обґрунтовано, що такий комплексний підхід дозволив розкрити міждисциплінарний резонанс проблеми P проти NP , яка виходить далеко за межі суто теоретичної інформатики.

Визначено, що проблема P проти NP є досить важливою темою, яка безпосередньо впливає на формування стратегій напрямів дослідження у комп'ютерних науках. Її невирішеність, та необхідність поглибленого розуміння стимулює до пошуку нових методів доведення, розвитку теорії алгоритмів та міждисциплінарне поєднання різних галузей науки, що спонукає дослідників шукати нові варіанти використання цих методів для вирішення складних задач.

Ключові слова: комп'ютерні науки, P -клас, NP -клас, обчислювальна складність, NP -повнота, алгоритми, криптографія, редукції, квантові обчислення.

Vovkodav Oleksandr Valeriyovych Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Informatics and Methods of Its Teaching, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil, <https://orcid.org/0000-0001-9360-6252>

Karabin Oksana Yosyfivna Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Informatics and Methods of Its Teaching, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil, <https://orcid.org/0000-0001-8759-948X>

Martyniuk Serhii Volodymyrovych Associate Professor, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor at the Department of Informatics and Methods of Its Teaching, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil, <https://orcid.org/0000-0002-5611-3317>

Habrusiev Valerii Yuriyovich Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Informatics and Methods of Its Teaching, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil, <https://orcid.org/0000-0002-3392-6825>

Grod Inna Mykolayivna Associate Professor, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor at the Department of Informatics and Methods of Its Teaching, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil, <https://orcid.org/0000-0002-0785-2711>

THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS OF THE P VERSUS NP PROBLEM IN COMPUTER SCIENCE

Abstract. The article presents a theoretical and systematic analysis of one of the fundamental and important open problems P versus NP . It is found that the chosen problem is important for understanding the efficiency of computation and what consequences its solution may have for cryptography, artificial intelligence, optimization, and other areas. The study analyzed the properties and features of the complexity classes P and NP , and determined their place in the general context of computational complexity. A number of basic theoretical approaches to its solution were analyzed, including diagonalization, combinatorial methods, the theory of constraints on computational models, provable complexity, and approaches related to quantum computing. It is found that special attention is paid to the impact of the problem on applied fields.

In particular, in cryptography it was shown that the security of most modern systems depends on the assumption $P \neq NP$, where if it is proven that $P = NP$, existing cryptographic protocols may lose their reliability. It is found that in the field of artificial intelligence, the problem determines the theoretical limits of automation, since many key problems belong to the class NP . In optimization, its unsolvability stimulates the development of heuristic and approximate algorithms, which is a compromise between accuracy and speed. It is substantiated that such a comprehensive approach has allowed to reveal the interdisciplinary resonance of the P versus NP problem, which goes far beyond the boundaries of purely theoretical computer science. It is determined that the P vs. NP problem is a rather important topic that directly affects the formation of strategies for research directions in computer science. Its unsolvability, and the need for in-depth understanding stimulates the search for new methods of proof, the development of algorithm theory and the interdisciplinary combination of different branches of science, which encourages researchers to look for new options for using these methods to solve complex problems.

Keywords: computer science, P-class, NP-class, computational complexity, NP-completeness, algorithms, cryptography, reductions, quantum computing.

Постановка проблеми. Проблема P проти NP є однією з найглибших відкритих задач у сфері комп'ютерних наук та теоретичної інформатики [3; 7]. Формулювання якої стосується питання: «Чи всі задачі, для яких можна ефективно перевірити правильність розв'язку (тобто належать до класу NP), можна також ефективно розв'язати (тобто належать до класу P)?» Постановка такої проблеми має не лише теоретичне, а й практичне значення, адже стосується ефективності алгоритмів, безпеки криптографічних систем, потужності машинного навчання, оптимізаційних стратегій тощо. Її фундаментальність полягає в тому, що від розв'язання проблеми залежить наше розуміння ефективних обчислень у найширшому сенсі: від побудови безпечних цифрових систем до вирішення глобальних логістичних, біоінформатичних, економічних задач.

Залежно від відповіді на питання про співвідношення класів P та NP , можуть змінитися парадигми у цілій низці наук, що базуються на складних обчисленнях. Якщо виявиться, що $P = NP$, це означатиме, що всі задачі з класу NP можна вирішити за поліноміальний час, відкриваючи величезні можливості для автоматизації та інтелектуалізації. Проте, це також спричинити ризики для безпеки, оскільки нинішні криптографічні підходи можуть втратити свою надійність. Якщо ж буде доведено, що $P \neq NP$, це підтвердить існування фундаментальних обмежень для алгоритмічного розв'язання багатьох задач. У такому випадку, проблема P проти NP є не просто суперечністю у теорії, а прикладною, багатогранною і актуальною проблематикою, яка заслуговує постійної уваги дослідників, викладачів і студентів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Першим формально поставив проблему Стівен Кук у 1971 році у своїй роботі «The Complexity of Theorem-Proving Procedures», довівши NP -повноту задачі задоволення булевої формули (SAT). Паралельно у своїй дослідницькій діяльності аналогічні висновки зробив Леонід Левін у 1973 році. Відтоді ця проблема привернула увагу значної кількості науковців та стала дослідницькою задачею й об'єктом активних досліджень. Клас P (Polynomial Time) включає задачі, які можна розв'язати детермінованим алгоритмом за поліноміальний час. Тобто, існує алгоритм, який для будь-якого вхідного прикладу довжини n завершує роботу за час, що не перевищує $c \times n^k$ для деяких констант c та k . Такі задачі можна вважати у практичному сенсі «ефективно розв'язуваними», вони охоплюють широкий спектр задач: від сортування чисел до пошуку найкоротших шляхів у графах (наприклад, алгоритм Дейкстри).

Клас NP (Nondeterministic Polynomial Time) включає задачі, для яких можна перевірити правильність запропонованого розв'язку за поліноміальний час. Інтуїтивно це означає, що якщо система обрахунків надає розв'язок, то ми можемо за розумний час перевірити, чи він дійсно є коректним. Клас NP містить клас P , але незрозуміло, чи ці класи рівні – тобто, чи кожен розв'язок можна швидко перевірити, також можна швидко розв'язати.

Формально:

- $P = \{L \mid \text{існує детермінований Turing Machine, який розв'язує } L \text{ за час } O(n^k)\};$
- $NP = \{L \mid \text{існує недетермінований Turing Machine, який приймає } L \text{ за час } O(n^k)\}.$

Прикладом задачі з NP є задача розкладу занять у розкладі – перевірити, що ніхто не перетинається по часу, легко, але розробити такий розклад – надзвичайно складно при великій кількості параметрів.

NP -повні задачі – це найбільш складні задачі класу NP . Якщо хоча б одну з них можна розв'язати за поліноміальний час, то будь-яку задачу в NP також можна буде вирішити ефективно. Концепція NP -повноти формалізована через поняття поліноміальної редукції, що дозволяє порівнювати складність задач між собою.

Серед класичних прикладів NP -повних задач:

- SAT (Boolean Satisfiability Problem);
- 3-SAT (SAT з обмеженням на довжину диз'юнктивів);
- задача комівояжера (Traveling Salesman Problem);
- розфарбування графа (Graph Coloring);
- підмножина з заданою сумою (Subset Sum);
- клік (CLIQUE) та незалежна множина (Independent Set).

Особливістю NP -повних задач є те, що більшість з них мають прості для формулювання постановки, але рішення їх складне з точки зору часу виконання.

Тому вони часто можуть являти собою приклад моделі складності для реальних задач у різних сферах діяльності.

З огляду на те, що редукції – це метод перетворення однієї задачі до іншої, зберігаючи складність. Поліноміальна редукція означає, що існує алгоритм, який за поліноміальний час перетворює приклади однієї задачі на приклади іншої так, що розв'язок другої задачі дає відповідь для першої. Таким чином, якщо існує поліноміальний алгоритм для другої задачі, то він існує і для першої. Редукції використовуються для доведення NP -повноти нових задач, через відому NP -повну задачу. Наприклад, $SAT \rightarrow 3-SAT \rightarrow CLIQUE \rightarrow$

HAMILTONIAN PATH тощо. Це створює своєрідну ієрархію складності, де всі задачі зводяться до найбільш складних представників.

Крім P та NP , важливими є також інші класи:

- $co-NP$: задачі, заперечення яких належать до NP ;
- NP -важкі (NP -hard): задачі не обов'язково з NP , але не легші, ніж будь-яка з NP ;
- $PSPACE$: задачі, які можна розв'язати, використовуючи поліноміальну пам'ять;
- EXP : задачі, що вимагають експоненційного часу.

Зазначені класи створюють складну структуру в теорії складності, де питання P проти NP – лише частина більш широкої картини. Сучасний дослідницький процес показує, що вагома частина важливих задач є NP -повними або NP -важкими. Наприклад:

- оптимізація розкладу (університети, авіалінії);
- маршрут доставки у логістиці;
- біоінформатичний пошук збігів у ДНК;
- компіляція та оптимізація програмного коду.

Хоча теоретично такі задачі складно реалізувати, а практичні інструменти оперують наближеними або евристично-сформованими вихідними методами.

Мета статті – подати інформацію про математичне походження відкритих проблем P проти NP і пояснити сукупність їх міждисциплінарних наслідків, вплив на різні галузі науки та техніки.

Виклад основного матеріалу. Більшість сучасних криптографічних алгоритмів прямо або опосередковано базуються на припущенні, що $P \neq NP$. Класичними прикладами є система RSA (Rivest, Shamir та Adleman – криптографічний алгоритм з відкритим ключем), безпека якої пов'язана зі складністю задачі факторизації великих чисел. Для прикладу, протокол Diffie–Hellman, що спирається на обчислювальну складність дискретного логарифма та різні варіації «задачі рюкзака», можуть застосовуватися в побудові криптографічних примітивів і хеш-функцій.

Фундаментальною властивістю таких систем є односторонність обчислень: процес шифрування або генерації цифрового підпису є ефективним (поліноміальним за часом), тоді як зворотна операція – дешифрування чи підписка підпису без знання секретного ключа – вважається обчислювально нездійсненною. Якщо ж буде доведено, що $P = NP$, з'явиться алгоритм, здатний за поліноміальний час розв'язувати всі NP -задачі, включно з тими, що лежать в основі криптографії [2]. Однак, це може призвести до руйнування сучасних криптографічних протоколів: будь-яке шифрування можна буде зламати за прийнятний час, а цифрові підписи – підробити. Описаний сценарій становить інтерес не лише з огляду на його теоретичну складову, але й у контексті

широких можливостей практичного застосування. Уразливими стануть системи захисту банківських транзакцій, електронного документообігу, системи блокчейн-мереж, системи державних і військових інформаційних систем. У результаті постане необхідність у переосмисленні всієї парадигми інформаційної безпеки.

Водночас варто зазначити, що навіть у випадку рівності P та NP , знайдені алгоритми можуть мати настільки високі константи чи складність порядку $O(n^{100})$, що їх практичне застосування буде обмеженим. Тому реальна загроза криптографії [2] може залежати від ефективності поліноміальних алгоритмів, а не лише від самого факту доведення $P = NP$. У цьому контексті особливого значення набувають дослідження в галузі постквантової криптографії [2], яка вже сьогодні пропонує системи, стійкі до атак як класичних, так і квантових алгоритмів (наприклад, алгоритму Шора). Альтернативою, у випадку фундаментальних змін розуміння складності обчислень, можна розглядати такі напрями, як криптографія на ґратках, багатовимірних векторних просторах чи кодових конструкціях. Тому дослідницьку проблематику P проти NP задач, можна вважати не лише головним завданням теоретичної інформатики [3; 7], а й важливим чинником у сферах кібербезпеки, що дозволить визначити напрямки розвитку нових криптографічних стандартів.

У наукових дослідженнях напрямків штучного інтелекту (ШІ), задачі пошуку, планування та оптимізації [2; 3] становлять основу багатьох підходів цієї сфери [3] і водночас часто належать до класу NP -повних. Серед них – задача задоволення булевих формул (SAT), розкладання графів, задачі маршрутизації та розкладів, які безпосередньо виникають у роботі інтелектуальних агентів. Подібні задачі є фундаментом таких напрямів, як логічний вивід, побудова дерев рішень, обробка природної мови, розпізнавання образів, а також автоматизоване доведення теорем. На практиці ШІ активно застосовуються евристичні та апроксимаційні методи, оскільки строгі алгоритмічні розв'язки для таких задач вимагають експоненційного часу. Прикладами є алгоритм A^* для евристичного пошуку найкоротшого шляху, також методи локального пошуку, такі як Simulated Annealing чи генетичні алгоритми. Такі підходи дозволяють наближено, але ефективно розв'язувати задачі, які при нормальних умовах є дуже складними. У цьому контексті проблема P проти NP виступає концептуальною межею обчислювальних можливостей інтелектуальних систем. Якщо буде доведено, що $P = NP$ і знайдено ефективні алгоритми для широкого класу NP -задач, це може відкрити шлях до створення повністю автоматизованого штучного інтелекту [3], здатного розв'язувати складні задачі логічного виводу, моделювання креативності чи генерації знань. Якщо ж виявиться навпаки, що $P \neq NP$, то розвиток ШІ залишатиметься тісно пов'язаним з евристичними, стохастичними

методами й обмеженнями реальної обчислювальної потужності. Тому, дослідження проблеми P проти NP має безпосереднє значення для розуміння того, чи можливо створити універсальний штучний інтелект, здатний автоматично вирішувати задачі будь-якої складності, чи людство й надалі буде змушене покладатися на часткові й наближені алгоритмічні стратегії.

У багатьох прикладних сферах – від логістики та транспортних систем до біоінформатики, інженерного моделювання й фінансового аналізу – ключовими залишаються задачі оптимізації [2; 3]. Значна їх частина належить до класу NP -важких, що означає відсутність відомих алгоритмів, здатних у поліноміальний час знаходити точний розв’язок для великих вхідних даних. Прикладами є оптимізація маршрутів у транспортних системах, задача розміщення ресурсів на складах або у виробничих процесах, мінімізація витрат і ризиків у фінансових моделях, а також моделювання певних хімічних процесів у біологічних дослідженнях. На практиці застосовуються методи наближеного пошуку для більш точного розв’язання таких задач, тому що в більшості випадків розв’язання таких задач стає обчислювально складним. Серед цих методів можна виокремити евристичні алгоритми, що схожі на теорію жадібних стратегій, або методи локального пошуку. Також метаевристики на зразок генетичних алгоритмів, симульованого відпалу чи ройових оптимізацій, а також гібридні методи, які поєднують точні та евристичні підходи. Рідко коли можна використовувати багатокритеріальну оптимізацію, що дає можливість одночасно врахувати кілька однотипних факторів, для прикладу: час, вартість, надійність. Останнім часом у складних задачах оптимізації [2; 3] використовуються нейромережеві моделі та методи глибинного навчання. Це дозволяє апроксимувати оптимізаційні процеси на великих обсягах даних.

Теоретична складова невизначеності щодо співвідношення класів P і NP , дає відповідний поштовх у формуванні стійких та адаптивних алгоритмів. Відповідно проблема P проти NP формує ідею того, що досконале рішення тягне посилену складову дослідницького процесу. Дана проблема має надзвичайно широкий міждисциплінарний резонанс і виходить далеко за межі суто теоретичної інформатики [3; 7] в комп’ютерних науках. Вона не обмежується формальними математичними твердженнями, а безпосередньо впливає на формування моделей мислення у природничих і технічних науках, прикладній інженерії та навіть у гуманітарних дослідженнях. Відкритість цієї проблеми підштовхує наукових дослідників групувати різні методології, формувати процеси інтеграції математичних, алгоритмічних та філософських підходів для удосконалення та розуміння складних систем. Можна вважати, що проблема P проти NP є ключовим фактором розвитку сучасних технологій – від криптографії [2] та інформаційної безпеки до штучного інтелекту [3], оптимізації [2; 3] й квантових обчислень [6]. Водночас це відкриває простір для

нового міждисциплінарного діалогу, у якому математика, інформатика, когнітивні науки та соціально-економічні дисципліни взаємно впливають і збагачують одна одну. Саме ситуація невирішеності проблеми P проти NP формує процеси пошуку нових підходів дослідження складних задач та сприяє розвитку теорії алгоритмів і визначає зміст сучасної комп'ютерної освіти. Невизначеність робить проблему P проти NP викликом, що поєднує фундаментальні й прикладні підходи до наукових досліджень. Сучасні дослідження обраної проблематики направлені на пошук нових математичних підходів, глибшого розуміння обчислювальної складності. Велика увага приділяється розвитку формальним доказовим системам, які у свою чергу дозволяють аналізувати межі відповідності та побудову нових методів, здатних робити поділ на класи задач за їх складністю. Можна додати ще дослідження, які пов'язані з розширенням моделей обчислень. Розглядаються нетрадиційні парадигми, зокрема квантові обчислення, біообчислення та обчислення на нейромережових архітектурах, що можуть змінити уявлення про ефективність алгоритмів. Важливим напрямом є також створення та вдосконалення формалізованого набору даних чи баз знань. Такий підхід дозволить зберігати накопичений досвід проведених досліджень та систематизувати існуючі результати і відкрити можливості для міждисциплінарного аналізу. Також він дозволить сприяти не лише розвитку фундаментальної науки, а й практичному застосуванню здобутих результатів у криптографії [2], ШІ, технологіях оптимізації та освітніх практиках. Таким чином, перспективи розвитку проблеми P проти NP пов'язані не стільки з її швидким розв'язанням, скільки з розширенням дослідницького поля, інтеграцією різних наукових парадигм та формуванням нових уявлень про обчислювальну складність як фундаментальну характеристику сучасної науки і технологій.

Висновки. Проблема P проти NP є однією з найвизначніших відкритих задач, яка вже кілька десятиліть визначає напрями досліджень у галузі теоретичної та прикладної інформатики [3; 7]. Її значення для комп'ютерних наук полягає у тому, що відповідь на питання про співвідношення класів P та NP задає фундаментальні межі можливостей алгоритмів, ефективності програмних рішень та архітектур майбутніх обчислювальних систем. На відміну від низки суто математичних проблем, дана задача безпосередньо впливає на прикладні аспекти інформатики, зокрема на розвиток криптографії [2], побудову методів штучного інтелекту [3], алгоритмів оптимізації [2; 3], а також формування новітніх парадигм обчислень.

Таким чином, P проти NP не лише окреслює теоретичні межі обчислюваності, але й визначає стратегічні пріоритети у комп'ютерних науках, впливаючи на інноваційні підходи у програмуванні, обробці даних та моделюванні складних систем.

У межах статті було показано, що проблема P проти NP справляє потужний міждисциплінарний вплив. У криптографії [2] її значення пов'язане з гарантіями інформаційної безпеки, оскільки велика частина сучасних протоколів захисту інформації спираються на припущення про неможливість швидкого розв'язання NP -важких задач. У випадку доведення рівності P та NP безпека існуючих систем опинилася б під загрозою, що зумовило б необхідність радикального перегляду архітектури цифрової безпеки. У сфері штучного інтелекту [3] ця проблема задає теоретичні межі автоматизації процесів пізнання, планування й логічного виводу. Якщо виявиться, що $P = NP$, то повністю автоматизований інтелект, здатний швидко розв'язувати задачі креативного рівня, стане принципово можливим. Якщо ж $P \neq NP$, розвиток ШІ залишатиметься пов'язаним з евристичними, наближеними алгоритмами та обмеженнями реальних обчислювальних ресурсів. Не менш вагомим є значення проблеми P проти NP також можна долучити до задач оптимізації [2; 3]. Тут вона формалізує фундаментальну дилему між прагненням знайти точне, глобально оптимальне рішення та реальними обмеженнями часу й ресурсів. Проблема показує, що виникає необхідність пошуку компромісів, які в свою чергу стимулюють розвиток евристичних, метоевристичних і нейромережевих методів, здатних наближено, але ефективно розв'язувати складні задачі у різних сферах досліджень. Важливо наголосити, що невирішеність цієї проблеми має не лише науково-прикладний, а й методологічний та освітній характер. Вирішення цієї проблематики дозволить актуалізувати процеси дослідження у розвитку теорії алгоритмів у комп'ютерних науках. Відповідно виникає можливість формування меж розуміння методології для побудови навчальних курсів та підготовки майбутніх фахівців. Обрана проблема формує у студентів і дослідників розуміння процесів обчислювальної складності, критичного мислення щодо можливостей та обмежень алгоритмів, а також дослідницький інтерес до міждисциплінарних досліджень цієї проблематики. Таким чином, значення проблеми P проти NP не зводиться до вузької формули чи абстрактного математичного питання. Вона виступає універсальним викликом, що інтегрує фундаментальні та прикладні аспекти наукового пізнання, об'єднує різні галузі знань і визначає стратегічні напрями розвитку сучасної науки і технологій.

Література:

1. Cook S. A. The complexity of theorem-proving procedures. Proceedings of the third annual ACM symposium on Theory of computing. 1971. URL: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/800157.805047> (дата звернення: 02.07.2025).
2. Garey M. R., Johnson D. S. Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness. W. H. Freeman, 1979. URL: <https://perso.limos.fr/~palafour/PAPERS/PDF/Garey-Johnson79.pdf> (дата звернення: 05.07.2025).

3. Arora S., Barak B. Computational Complexity: A Modern Approach. *Cambridge University Press*, 2009. URL: <https://theory.cs.princeton.edu/complexity/book.pdf> (дата звернення: 09.07.2025).

4. Fortnow L. The status of the P versus NP problem. *Communications of the ACM*. 2009. Vol. 52, № 9. P. 78–86. URL: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/1562164.1562186> (дата звернення: 05.07.2025).

5. Razborov A. A., Rudich S. Natural proofs. *Journal of Computer and System Sciences*. 1997. Vol. 55, № 1. P. 24–35. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S00220009791494X> (дата звернення: 10.07.2025).

6. Aaronson S. Quantum computing since Democritus. *Cambridge University Press*, 2013.

7. Sipser M. Introduction to the Theory of Computation. Cengage Learning, 2012. URL: https://drive.uqu.edu.sa/_mshkayat/files/MySubjects/20189FS%20ComputationTheory/Introduction%20to%20the%20theory%20of%20computation_third%20edition%20-%20Michael%20Sipser.pdf (дата звернення: 10.07.2025).

8. Levin L. A. Universal search problems. *Problemy Peredachi Informatsii*. 1973. Vol. 9, № 3. P. 265–266. URL: <https://lance.fortnow.com/papers/files/Levin%20Universal.pdf> (дата звернення: 10.07.2025).

9. Papadimitriou C. H. Computational Complexity. Addison–Wesley, 1994. URL: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.5555/1074100.1074233> (дата звернення: 10.07.2025).

References:

1. Cook S. A. (1971). The complexity of theorem-proving procedures. *Proceedings of the third annual ACM symposium on Theory of computing*. URL: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/800157.805047> (Accessed 02 July 2025). [in English].

2. Garey M. R., Johnson D. S. (1979). Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness. W. H. Freeman. URL: <https://perso.limos.fr/~palafour/PAPERS/PDF/Garey-Johnson79.pdf> (Accessed 05 July 2025). [in English].

3. Arora S., Barak B. (2009). Computational Complexity: A Modern Approach. *Cambridge University Press*. URL: <https://theory.cs.princeton.edu/complexity/book.pdf> (Accessed 09 July 2025). [in English].

4. Fortnow L. (2009). The status of the P versus NP problem. *Communications of the ACM*. pp. 78–86. URL: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/1562164.1562186> (Accessed 05 July 2025). [in English].

5. Razborov A. A., Rudich S. (1997). Natural proofs. *Journal of Computer and System Sciences*. pp. 24–35. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002200009791494X> (Accessed 10 July 2025). [in English].

6. Aaronson S. (2013). Quantum computing since Democritus. *Cambridge University Press*. [in English].

7. Sipser M. (2012). Introduction to the Theory of Computation. Cengage Learning. URL: https://drive.uqu.edu.sa/_mshkayat/files/MySubjects/20189FS%20ComputationTheory/Introduction%20to%20the%20theory%20of%20computation_third%20edition%20-%20Michael%20Sipser.pdf (Accessed 10 July 2025). [in English].

8. Levin L. A. (1973). Universal search problems. *Problemy Peredachi Informatsii*. pp. 265–266. URL: <https://lance.fortnow.com/papers/files/Levin%20Universal.pdf> (Accessed 10 July 2025). [in English].

9. Papadimitriou C. H. (1994). Computational Complexity. Addison–Wesley. URL: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.5555/1074100.1074233> (Accessed 10 July 2025). [in English].