
THEORY OF INFORMATION TECHNOLOGIES AND SYSTEMS CONSTRUCTION

ТЕОРІЯ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ

<https://doi.org/10.15407/intechsys.2025.05.003>
УДК 519.816

Н.К. ТИМОФІЄВА, д-р техн. наук, старш. наук. співроб., завідувач відділом,
Інститут інформаційних технологій та систем НАН України,
просп. Акад. Глушкова, 40, м. Київ, 03187, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-0312-1153>
TymNad@gmail.com

Н.Є. ПАВЛЕНКО, наук. співроб.,
Інститут інформаційних технологій та систем НАН України,
просп. Акад. Глушкова, 40, м. Київ, 03187, Україна
<https://orcid.org/0009-0005-5660-8669>
Pavnata@gmail.com

ДЕЯКІ ПІДХОДИ ДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ НА ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМАХ

Розглянуто ситуацію невизначеності, яка виникає під час розроблення та експлуатації цифрових платформ. Вона має різну природу і з'являється внаслідок об'єктивних причин, які закладені в самій природі задач, і суб'єктивних, які вносяться особою, що приймає рішення в процесі розв'язування задачі. Для її вирішення проводять аналіз поведінки системи за заданий проміжок часу та встановлюють певну закономірність, яку враховують при прогнозуванні майбутніх результатів.

Ключові слова: цифрові платформи, платформна бізнес-модель, невизначеність, екосистема, модульна архітектура, граничні ресурси, комбінаторна оптимізація.

Вступ

У сучасному світі цифрові платформи (ЦП) виступають основою для взаємодії та пропонують і надають послуги або продукти для задоволення потреб і отримання цінності користувачами. Впрова-

Цитування: Тимофієва Н.Є., Павленко Н.Є. Деякі підходи до вирішення проблеми невизначеності на цифрових платформах. *Information Technologies and Systems*, Київ, 2025, Том 5 (5), 3–21. <https://doi.org/10.15407/intechsys.2025.05.003>

© Publisher РН "Akademperiodyka" of the NAS of Ukraine, 2025. The article is published under an open access license CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

дження цифрових технологій сприяє розвитку ЦП і дає змогу змінювати їх масштаб, розширювати функційні можливості в різних ринкових контекстах, збільшувати цінність пропозицій. Забезпечення ціннісної пропозиції здійснюється за рахунок залучення до екосистеми ЦП користувачів зі сторони попиту, тобто споживачів продуктів / послуг і користувачів зі сторони пропозиції, тобто надавачів і розробників продуктів / послуг, яких ще називають доповнювачами. Розосередженість учасників екосистеми і розмитість меж між різними продуктами, ринками та галузями провокують виникнення проблем невизначеності в процесі проектування та експлуатації ЦП.

Ситуацію невизначеності досліджують в теорії прийняття рішень. Вона має різну природу. В прикладних задачах невизначеність виникає внаслідок нечіткої або неповної вхідної та поточної інформації. Тобто вона виникає внаслідок різних природних властивостей певної задачі, а також її вносить ситуація ризику.

Постановка задачі

Розглянуто ситуацію невизначеності, яка виникає за різних обставин при створенні та експлуатації ЦП. Ця ситуація виникає внаслідок об'єктивних причин, які закладені в самій природі проблем, і суб'єктивних, які вносить розробник у разі закладення ситуації ризику в процес розв'язання. Необхідно виявити причини виникнення ситуації невизначеності та знайти способи ефективного її вирішення.

Аналіз досліджень та публікацій за темою

Розповсюдження ЦП в різних галузях робить їх актуальним об'єктом наукових досліджень. Значна кількість робіт присвячена дослідженню ЦП у закордонній науковій літературі [1-10]. В [1] розглянуто проблеми розробки теорії для ЦП, у тому числі питання їх проектування, використання даних і впливу на повсякденне життя. В [2] досліджені чинники виникнення і властивості екосистем ЦП а також критичні фактори, що впливають на їх еволюцію. В [3] визначені основні концепції побудови екосистем, та досліджений взаємозв'язок між модульною архітектурою та процесами керування ЦП. В [4] розглянуті загальні характеристики ЦП та можливості застосування платформ для поштового зв'язку. В [5] досліджені тенденції розвитку монопольного становища ЦП та подані загальні прогнози щодо майбутнього платформного капіталізму. В [6] піднімаються питання масштабування платформ та інфраструктур і впливу масштабування на інновації і конкуренцію ЦП. В [7] на прикладі платформ мобільних платежів досліджено конкурентні стратегії ЦП, які сприяють створенню і наданню цінності. В [8] запропонована чотириетапна модель життєвого циклу та подано аналіз вимог до розвитку ЦП на

кожному етапі. В [9] розглянуто особливості створення і отримання цінності ЦП і зазначена необхідність регулювання діяльності ЦП для усунення випадків зловживання економічною владою над членами екосистеми. В [10] проаналізовано взаємовідносини між учасниками екосистеми ЦП, наведено способи розподілу влади і приклади стратегій керування екосистемою. Аспекти впровадження ЦП у різні сфери суспільного розвитку та способи трансформації бізнесу цифровими платформами висвітлено у працях вітчизняних вчених [11 – 15]. У монографії [11] розглянуто перспективи розвитку економіки України у цифрову епоху, який пов'язаний з розширенням використання ЦП. В [12] визначено основні проблеми функціонування ЦП і висвітлені моделі правового регулювання їх діяльності. У статті [13] розкрито значення ЦП для економічного та соціального розвитку, наведено підходи до класифікації ЦП та їх функцій. В [14] зазначена зростаюча роль ЦП у трансформації бізнес-моделей минулого і формуванні основних трендів розвитку цифрової економіки. В [15] визначено переваги, особливості і проблеми використання ЦП в економіці.

Дослідженню ситуації невизначеності, що виникає під час проектування та експлуатації ЦП, присвячено публікації [16–20]. Класифікацію невизначеності на основі проблем джерела знань подано у [16]. Основні характеристики ЦП, які породжують невизначеність на етапі її проектування, наведено у дослідженні [17]. Дослідженню невизначеності, яку провокує непрозорість алгоритмічного керування, присвячено статтю [18]. Джерела виникнення невизначеності цифрових інноваційних процесів і способи використання граничних ресурсів ЦП для її зниження досліджено у [19]. Стратегії користувачів ЦП для керування цією ситуацією розглянуто в [20].

При дослідженні ситуації невизначеності в процесі проектування та експлуатації ЦП основна увага приділяється невизначеності, що пов'язана з неповною вхідною та поточною інформацією, а також з нечіткими вхідними даними [21–22]. Незважаючи на спробу строго формалізувати невизначеність, наприклад [23], цим поняттям користуються на інтуїтивному рівні.

Підхід, що пропонується

Ситуацію невизначеності встановлюємо шляхом аналізу діяльності членів екосистеми на ЦП. Виділяємо ту, яка виникає внаслідок об'єктивних причин та пов'язана з природою задачі, і суб'єктивних, які вносяться на етапах створення та експлуатації ЦП розробниками у разі закладення в процес розв'язання ситуації ризику. Також проводимо прогнозування майбутніх результатів. При експлуатації ЦП з'являються задачі, які відносяться до теорії масового обслуговування та теорії ігор. З використанням теорії комбінаторної оптимізації ці задачі змодельовано в межах теорії комбінаторної оптимізації. Такий

підхід дає змогу виявити природу невизначеності в задачах та знайти ефективні способи її вирішення.

Означення цифрової платформи і екосистеми

Наразі в науковій літературі відсутнє єдине означення цифрової платформи. Наведемо деякі з існуючих означень.

Цифрова платформа – сукупність цифрових технологій, продуктів або послуг, що забезпечують технологічну основу, на якій зовнішні компанії можуть створювати власні додаткові продукти, технології або послуги [24].

Цифрова платформа – це цифрова інфраструктура, яка дає змогу взаємодіяти двом або більше групам [5].

Цифрова платформа – це набір цифрових ресурсів, включно з послугами та контентом, які дають змогу взаємодії між зовнішніми виробниками та споживачами, яка створює цінність [6].

Цифрова платформа – це розширювана кодова база програмної системи, яка забезпечує функційність ядра, що спільно застосовується модулями, які взаємодіють з ним, та інтерфейсами, через які відбувається взаємодія [25].

Запропонуємо означення платформи, яке на наш погляд відображає її основні властивості і можливості:

Цифрова платформа – це сукупність програмних і технічних засобів, які використовують необхідні технології і інформаційні ресурси для забезпечення взаємодії, надання продуктів / послуг і споживання їх групами користувачів з різними інтересами, а за умови зміни потреб користувачів їх розвивають розробники додаванням нових і модифікації наявних компонентів.

Фундаментальна організація ЦП має модульну архітектуру, яка містить ядро і набір периферійних компонентів (модулів) [26]. Вирішальну роль в еволюції дизайну ЦП відіграють граничні ресурси, тобто інтерфейси прикладного програмування (API), комплекти розробки програмного забезпечення (SDK) та метадані, які є незамінним інструментом для інтеграції модулів і створення нових та адаптації застарілих доповнень ЦП. Стандартизовані інтерфейси дають змогу повторно використовувати основні компоненти, що забезпечують функційність для периферійних модулів, і створювати додаткові інновації для широкого кола розробників з різнорідними знаннями та необхідними навичками.

Експлуатація ЦП супроводжується створенням та розвитком екосистеми. Екосистема – це група суб'єктів (людей, організацій, сервісів або технічних засобів), які спільно використовують ЦП для здійснення взаємодії та досягнення комерційної або соціальної мети. Формування екосистеми дуже важливе для становлення та розвитку ЦП, без екосистеми ЦП не виживе (в багатьох публікаціях

розглядаються життєві цикли та аналізуються можливості виживання ЦП) [27]. Діяльність членів екосистеми відбувається відповідно визначеним на основі взаємної згоди ролям, а саме: власника платформи, який вкладає ресурси для її побудови та розвитку; доповнювачів, які розширюють її функційність розробленням нових застосунків та наданням послуг; споживачів, які цю функційність використовують; оркестратора, який керує платформою. Розвиток екосистеми ЦП пов'язаний з поступовим розширенням кількості учасників, кола обслуговуваних спільнот і портфеля запропонованих послуг. Він відбувається під впливом стратегії керування, яка повинна враховувати інтереси всіх учасників.

Загальною метою членів екосистеми є створення цінності. Механізми створення, доставки та захоплення цінності визначає платформна бізнес-модель. Інновація бізнес-моделі ЦП полягає у застосуванні нових способів створення цінності впровадженням нових видів діяльності, нових способів зв'язування діяльності та/або нових способів керування діяльністю [28]. Підприємницька діяльність учасників екосистеми супроводжується необхідністю приймати рішення в умовах невизначеності, коли неможливо спрогнозувати певні події та отримати точні знання про результати реалізації цих рішень. Але невизначеність може виникнути і поза межами прийняття рішень, принести як негативний, так і позитивний досвід користувачам і відкрити нові інновації та створити конкурентні переваги ЦП [20].

Чинники виникнення невизначеності на етапах проєктування і експлуатації ЦП

На етапі проєктування ЦП чинниками виникнення невизначеності є [16]:

- неможливість передбачення розробниками ЦП усіх сценаріїв взаємодії і поведінки користувачів;
- відсутність інформації про перспективу розвитку продуктів / послуг і відповідну адаптацію дизайну ЦП.

В роботі [17] зазначається, що невизначеність, яка виникає на етапі проєктування ЦП, обумовлена такими її характеристиками як посередництво і розширюваність.

В процесі експлуатації ЦП чинниками виникнення невизначеності є:

- непередбачувана і нетипова поведінка користувачів ЦП;
- обмін неякісною та асиметричною інформацією;
- невідповідність роботи новостворених програмних компонентів очікуванням і вимогам користувачів;
- нестабільність правил і несподівані зміни умов користування ЦП;
- непрозорість логіки алгоритмів ЦП для користувачів;

- характер відносин між власником ЦП і сторонніми розробниками;
- події зовнішнього середовища.

Інтенсивне та нетипове використання ЦП може сприяти створенню нових форм вмісту, розвитку взаємодій та інновацій, які не були передбачені під час проєктування. Прикладом таких дій користувачів на платформі *YouTube* є отримання цінності завдяки створенню власного контенту, наприклад, навчальних посібників або оглядових відео певних товарів, цікавих іншим користувачам. З іншого боку такі дії користувачів, як шахрайство, введення в оману, образлива поведінка, — призводять до негативних мережевих ефектів, додаткових витрат і зменшення цінності, виробленої для кожного користувача. Прикладом таких дій є затримка термінів виконання роботи, викрадення інтелектуальної власності, зникнення працівників після одержання авансу на платформі *WORK* тощо.

Надання неякісної та асиметричної інформації, небажання ділитися даними, відсутність консенсусу щодо права власності на дані, поширення неправдивої інформації заважають використанню ресурсів ЦП, ускладнюють взаємодію і підвищують невизначеність прийняття рішень учасниками екосистеми. Ризик споживачів пов'язано зі взаємодією з незнайомими постачальниками та невпевненістю у якості запропонованих товарів та послуг. Ризик постачальників пов'язано зі взаємодією з невідомими споживачами, сумнівами щодо їхніх уподобань і побоюваннями стосовно отримання прибутку. Взаємодія користувачів на ЦП супроводжується обміном даними, але невизначеною для користувачів залишається цінність згенерованих даних. Контроль, доступ і вилучення даних дають змогу власнику отримувати перевагу над користувачами ЦП і привласнювати цінність даних.

Розгортання нової версії ЦП може призвести до нових складнощів і невизначеності, оскільки створені додаткові модулі можуть викликати нові етичні проблеми, перешкоджати успішній співпраці для створення цінності, збільшити витрати і знизити конкурентоспроможність окремих користувачів, зробити актуальними непередбачені заздалегідь питання стратегії керування. Негативний досвід стосовно неналежного функціонування технологічної системи і невідповідність роботи новостворених програмних компонентів очікуванням і вимогам користувачів можуть викликати з їх боку недовіру до платформи і спонукати припинити користування її послугами.

Наявність дисбалансу влади у стосунках між власником і користувачами дає змогу власнику модифікувати правила і стандарти на свою користь. Приміром, з незначним попередженням або без нього, може бути змінено умови доступу до ЦП та інформації, структуру інтерфейсів, правила розподілу прибутку, систему винагород, норми поведінки та інші положення користування послугами ЦП.

Зміни може бути зумовлено державною політикою, новими стандартами або новою стратегією власника платформи.

Алгоритмічне керування втілює дисбаланс влади на ЦП і застосовується на ЦП для керування діяльністю і контролю за комунікацією учасників екосистеми. Алгоритми дають змогу реєструвати і оцінювати поведінку користувачів, безперервно оновлювати рейтинги, привертати увагу інших користувачів, впроваджувати функції зміцнення довіри і усунення невпевненості користувачів, здійснювати нагороди або накладати санкції та викликати у користувачів бажані реакції. Досвіду роботи з алгоритмами користувачі набувають під час експлуатації ЦП. Невизначеність, обумовлена непрозорістю алгоритмів, примушує користувачів обмінюватися між собою інформацією, іноді суперечливою, про досвід роботи з алгоритмами, обговорювати алгоритмічні рішення в онлайн-чатах і на форумах, оцінювати і осмислювати логіку алгоритмів з метою їхньої передбачуваності [18]. Але подібна інтерпретація є лише наближеною до фактичної логіки алгоритмів, і може бути навіть помилковою та потребувати адаптації, особливо у випадках з алгоритмами машинного навчання.

Взаємодія між власником і сторонніми розробниками супроводжується ризиком конфлікту інтересів. Перед власником постає невизначеність, яка ґрунтується на тому, що власник не може передбачити рівень специфічних виробничих знань сторонніх розробників, темп і якість виконуваних ними розробок, відповідність їхніх власних інтересів цінностям та цілям ЦП. Хоча власник не має права прямого ієрархічного контролю над сторонніми розробниками, саме він несе відповідальність за координацію та інтеграцію основних пропозицій ЦП і додаткових компонентів у єдині ціннісні пропозиції [29]. Регулювання ступеня відкритості граничних ресурсів дає змогу власнику обмежити коло розробників, заборонити їхню співпрацю з іншими ЦП, відсіяти низькоякісних доповнювачів, подолати невизначеність спільного створення цінності з невідомими доповнювачами, не допустити розробки неякісних і шкідливих програмних модулів. Залежність доповнювачів від власника ЦП створює для них джерело нестабільності та невизначеності у відносинах з власником, оскільки він може збільшити плату за користування ресурсами, змінити умови доступу до *API*, *SDK* та метаданих, адаптувати інтерфейси для несумісності з іншими платформами, ввести жорсткі правила поведінки [30]. Для зниження ризику, пов'язаного із залежністю від екосистеми однієї ЦП, сторонні розробники можуть використовувати мультихостинг, тобто пропонувати свої продукти різним платформам. Відносини між власником і сторонніми розробниками потребують вироблення компромісу між наданням їм самостійності та контролем їхньої діяльності [31].

Непередбачувані події повсякденного життя, поява нових або невикористаних технологій, зміна потреб ринку та уподобань спо-

живачів, загроза входу на ринок нових платформ і створення інновацій наявними платформами суттєво впливають на стратегію керування та діяльність учасників екосистеми. Наприклад, в умовах пандемії багато орендодавців житла на ЦП *Airbnb* і водіїв на ЦП *Uber* зазнали значних фінансових втрат, оскільки значно зменшився попит на їхні послуги. Перед власниками цих платформ постала проблема організації співпраці з іншими партнерами для розширення ціннісної пропозиції, підтримки життєздатності бізнес-моделі, модифікації дизайну. В результаті, водії ЦП *Uber* були залучені до доставки їжі на замовлення, а господарі ЦП *Airbnb* стали надавати своє житло готелям для організації корпоративних заходів. Невизначеність щодо споживання послуг може виникати як в разі використання деякої ЦП, так і в разі здійснення вибору між конкуруючими на ринку платформами. Тому передбачення тенденцій розвитку та гнучкість стратегії керування є ключовими факторами підтримки життєздатності екосистеми ЦП.

Види невизначеності інноваційних процесів на ЦП

Для досягнення успіху ЦП повинна бути технологічно надійною та постійно інноваційною [32]. Відкладання впровадження інновацій становить для ЦП певний ризик, оскільки може знизитися продуктивність робочих процесів. Разом з тим впровадження інновацій приносить користувачам ЦП нові невизначеності та ризики, обумовлені різноманітністю доповнювачів та успішністю створених ними інновацій. В роботі [33] розглядаються такі типи невизначеності цифрових інноваційних процесів:

- екологічна невизначеність. Виникає під непередбачуваним впливом зовнішнього середовища, наприклад, соціокультурних тенденцій, демографічних зрушень, зміни попиту на продукти / послуги та пропозицій конкурентів;
- технічна невизначеність. Обумовлена швидким технологічним розвитком і відсутністю досвіду роботи з технологіями;
- організаційна невизначеність. Спостерігається під час динамічних змін процесу інноваційної діяльності;
- ресурсна невизначеність. Існує за недостовірної оцінки фінансових, технічних, людських та інших ресурсів;
- невизначеність відносин. Виникає в процесі взаємодії членів підприємницького середовища і заважає реалізації їхніх спільних та індивідуальних інтересів.

Невизначеність будь-якого типу створює додаткові проблеми для спільного створення цінності, впливає на дизайн і стратегію керування ЦП.

Види невизначеностей, які виникають під час створення та експлуатації ЦП

Виходячи з попереднього аналізу в разі створення та експлуатації цифрових платформ узагальнимо виникнення невизначеності:

- невизначеність, яка виникає внаслідок неповної вхідної та поточної інформації;
- невизначеність, пов'язана з нечітко розробленими правилами оброблення та оцінювання інформації;
- особливий тип невизначеності, пов'язаний із ситуацією ризику.

Задача створення та експлуатації ЦП полягає у забезпеченні взаємодії між споживачами і надавачами послуг, за якої усі потенційні споживачі могли б скористатися заданими послугами ЦП за умови, що вони максимально задовольняють споживачів, і створена цінність розподіляється між учасниками екосистеми.

Ця задача зводиться до задачі з теорії з масового обслуговування [34]. Сформулюємо ці задачі в межах теорії комбінаторної оптимізації.

Постановка задачі комбінаторної оптимізації

Задачі цього класу зазвичай задаються однією або кількома множинами, наприклад A та B , елементи яких мають будь-яку природу [35]. Назвемо ці множини базовими. Існує два типи задач. В першому типі кожному з цих множин можна подати як граф, вершинами якого є її елементи, а кожному ребру поставлено у відповідність число $c_{sl} \in R$, яке називають вагою ребра (R – множина дійсних чисел). Для зручності вважатимемо, що між елементами цих множин існують зв'язки, числове значення яких назвемо вагами. Величини c_{sl} назвемо вхідними даними і задамо їх матрицями. В другому типі задач між елементами заданої множини зв'язків не існує, а вагами виступають числа $v_j \in R$, яким у відповідність поставлено деякі властивості цих елементів, числові значення яких задаються скінченними послідовностями, що також є вхідними даними. Ці величини визначають значення цільової функції.

Для обох типів задач із елементів однієї з заданих множин, наприклад $a_l \in A$, $l \in \{1, \dots, n\}$, утворюється комбінаторна множина W – сукупність комбінаторних конфігурацій певного типу (перестановки, вибірки різних типів, розбиття тощо). На елементах W комбінаторної множини W вводиться цільова функція $F(w)$. Необхідно знайти елемент w^* множини W , для якого цільова функція $F(w)$ набуває екстремального значення в разі виконання заданих обмежень, тобто $F(w^*) = \underset{w \in W^0 \subset W}{glob \ extr} F(w)$, де $\extr = \{\min, \max\}$, W^0 – підмножина, яку визначають обмеженнями задачі.

Ринкова конкуренція присутня як між різними платформами, так і в екосистемі кожної платформи. Конкуренція між діючими

платформами розгортається за залучення споживачів, підтримку доповнювачів, розширення видів діяльності, зменшення вартості запропонованих послуг, виведення нових продуктів на ринок. Наявність конкурентних переваг і пропозиція привабливої вартості продуктів / послуг дає змогу ЦП захопити вагому частку ринку і зайняти потужніше порівняно з іншим платформами становище. Конкуренція між членами екосистеми однієї ЦП пов'язана з розробкою стратегій керування платформою; визначенням методів захоплення та створення цінності; формуванням ступеня відкритості; забезпеченням доступу до ресурсів; створенням балансу компромісів; побудовою відносин з доповнювачами. Хоча учасники екосистеми окремої ЦП співпрацюють для досягнення спільних цілей, вони також конкурують між собою, і можуть виконувати антагоністичні дії для задоволення власних інтересів і отримання максимальної частки створеної цінності.

Задачі комбінаторної оптимізації, які виникають під час розроблення та експлуатації ЦП

Виділимо задачу з теорії масового обслуговування і змодельємо її в межах теорії комбінаторної оптимізації. Для цього розглянемо невизначеність, яка виникає перед учасниками екосистеми в процесі їхньої взаємодії для кількох платформ.

Задача з теорії масового обслуговування. Вона полягає у визначенні потужності ЦП залежно від заявок, що поступають від замовника. Позначимо підмножиною $Z^t = \{z_1^t, \dots, z_{\xi^t}^t\}$ заявки, що поступають в t -ту ЦП від ξ^t замовників, а $z_r^t = \{\tilde{z}_{r1}^t, \dots, \tilde{z}_{r\xi^t}^t\}$ – заявки, що поступають від r -го замовника в t -ту ЦП, де $\tilde{z}_{r\gamma}^t$ – одна заявка, ξ^t – їх кількість, $\gamma \in \{1, \dots, \xi^t\}$. Оскільки ξ^t – величина випадкова, то виникає ситуація невизначеності. Вважаємо, що $z_r^t = \{z_{r1}^t, \dots, z_{r\xi^t}^t\} \subset Z^t$ – найбільша кількість заявок, яка може поступити в t -ту ЦП від r -го замовника. Тоді необхідно визначити таке сполучення без повторень $\mu^\lambda \in M$ елементів $z_{r\gamma}^t$ із множини Z^t , за якого потужність ЦП була б збалансована, тобто $\Phi_t(\mu^\lambda) \approx \sum_{r=1}^{\xi^t} \sum_{\gamma=1}^{\xi^t} \tilde{\Phi}_{r\gamma}(\mu^\lambda)$, де $\Phi_t(\mu^\lambda)$ – потужність t -ої ЦП, $\tilde{\Phi}_{r\gamma}$ – кількість заявок від r -го замовника, які поступили в t -ту ЦП, M – множина сполучень без повторень [36].

У цій задачі під час визначення потужності ЦП виникає невизначеність через кількість заявок, які є випадковими величинами.

Розроблення математичної моделі під час експлуатації ЦП з використанням теорії ігор у разі недобросовісних споживачів або надавачів послуг. Цю задачу можна віднести до антагоністичних ігор двох учасників з прямо протилежними інтересами. Вона полягає в тому,

що в разі переходу від однієї ситуації до іншої із збільшенням (зменшенням) виграшу одного з гравців чисельно однаково зменшується (збільшується) виграш другого гравця. Їх ще називають іграми двох осіб з нульовою ставкою. Розумна поведінка гравців здійснюється на підставі принципу максиміну. Нижче наведемо математичну модель цієї задачі з використанням теорії комбінаторної оптимізації [35].

Задачу недобросовісних споживачів або надавачів послуг на одній платформі розглянемо як гру двох гравців з урахуванням таких критеріїв:

- мораль споживачів або надавачів послуг;
- зниження створеної та отриманої цінності споживачів або надавачів послуг.

Під цільовою функцією розуміємо таке її числове значення, яке визначає рівень моралі споживачів або надавачів послуг. Задача полягає у знаходженні між цими критеріями такої рівноваги, щоб споживачі або надавачі послуг співіснували комфортно. Як відомо з досвіду, на певному етапі збагачення споживачів або надавачів послуг їхня мораль починає знижуватися. Наступає момент, коли заради збагачення нехтуються закони моралі, що призводить до загальної руйнації створеної та отриманої цінності споживачів або надавачів послуг. В результаті і ті й інші втрачають всі накопичені матеріальні цінності.

Уведемо множини: $A = (a_1, \dots, a_n)$, кожен елемент a_j , $j \in \{1, \dots, n\}$, якої відповідає ознакам, які характеризують рівень моралі споживачів або надавачів послуг; $B = \{b_1, \dots, b_n\}$, кожен елемент b_j якої визначає числову оцінку рівня моралі споживачів або надавачів послуг; $\tilde{A} = (\tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n)$, кожен елемент \tilde{a}_l , $l \in \{1, \dots, n\}$, відповідає ознакам, які характеризують способи зниження створеної та отриманої цінності споживачів або надавачів послуг; $\tilde{B} = \{\tilde{b}_1, \dots, \tilde{b}_n\}$ кожен елемент якої \tilde{b}_l визначає числову оцінку зниження створеної та отриманої цінності споживачів або надавачів послуг.

Отже, задача визначення зниження створеної та отриманої цінності споживачів або надавачів послуг задається двома множинами A і \tilde{A} , між елементами яких відсутні зв'язки. Вхідними даними виступають скінченні послідовності $B = \{b_1, \dots, b_n\}$ та $\tilde{B} = \{\tilde{b}_1, \dots, \tilde{b}_n\}$. Ця задача належить до другого типу.

Змодельовано цільову функцію і визначимо її аргумент.

Вважаємо, що кожному елементу b_j множини B відповідає елемент \tilde{b}_j із множини \tilde{B} і $b_j, \tilde{b}_j \in \{-1, \dots, 0, \dots, 1\}$, b_j, \tilde{b}_j — дійсні числа. Якщо добробут споживачів або надавачів послуг забезпечує гармонійне їх існування, то ці величини додатні і $b_j, \tilde{b}_j \geq \varepsilon$, $b_j = \tilde{b}_j$, $\varepsilon > 0$ — мінімальне значення, за якого можлива розумна поведінка гравців. Якщо $b_j, \tilde{b}_j \in \{\tilde{\varepsilon}, \dots, \varepsilon\}$, де $\tilde{\varepsilon} < 0$ — найбільше значення, за якого добробут споживачів або надавачів послуг забезпечує гармонійне існування, то йдеться про антагоністичну гру двох учасників з прямо

протилежними інтересами. Якщо $b_j, \tilde{b}_j < \tilde{\epsilon}$, то руйнується мораль споживачів або надавачів послуг, знижується створена та отримана цінність споживачів або надавачів послуг. Тобто, виникає ситуація, за якої виграє один гравець (який збагачується), але в результаті програють обидва гравці.

В процесі розв'язання задачі із кожної множини $A = (a_1, \dots, a_n)$ і $\tilde{A} = (\tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n)$ вибиранням певної кількості елементів утворюються сполучення без повторення, що є аргументом цільової функції. Із елементів множин $A = (a_1, \dots, a_n)$ і $\tilde{A} = (\tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_n)$ утворимо дві комбінаторні множини W і \tilde{W} . На цих множинах уведемо цільову функцію $F(w, \tilde{w})$, де $w \in W$ і $\tilde{w} \in \tilde{W}$ – сполучення без повторення. Задача полягає в знаходженні таких $w^* \in W$ і $\tilde{w}^* \in \tilde{W}$, для яких уведена цільова функція $F(w, \tilde{w})$ набуває максимального значення за умови, що $F(w^*, \tilde{w}^*) \geq \delta$, де δ – мінімальна величина, за якої споживачі або надавачів послуг існують комфортно.

Змоделюємо вхідні дані функціями натурального аргументу $\varphi(j) |_{\mathbb{1}}^n$, $\tilde{\varphi}(j) |_{\mathbb{1}}^n$ та комбінаторними функціями $\beta(f(j), w^k, \tilde{w}^i) |_{\mathbb{1}}^n$ і $\tilde{\beta}(\tilde{f}(l), w^k, \tilde{w}^i) |_{\mathbb{1}}^n$. Якщо із множини A вибирається елемент a_j то $\beta_j(f(j), w^k, \tilde{w}^i) = 1$. В іншому разі $\beta_j(f(j), w^k, \tilde{w}^i) = 0$. Відповідно, якщо із множини \tilde{A} вибирається елемент \tilde{a}_l то $\tilde{\beta}_l(\tilde{f}(l), w^k, \tilde{w}^i) = 1$. В іншому разі $\tilde{\beta}_l(\tilde{f}(l), w^k, \tilde{w}^i) = 0$. Оскільки поставлена задача розв'язується на двох комбінаторних множинах, то функції $\beta(f(j), w^k, \tilde{w}^i) |_{\mathbb{1}}^n$ і $\tilde{\beta}(\tilde{f}(l), w^k, \tilde{w}^i) |_{\mathbb{1}}^n$ залежать від двох змінних: $w \in W$ і $\tilde{w} \in \tilde{W}$.

Цільова функція в цій задачі оптимізується за двома критеріями, які змоделюємо як середню величину сумарного добутку значень функції натурального аргументу та комбінаторної функції:

$$F^{(1)}(w^k, \tilde{w}^i) = \frac{\sum_{j=1}^n \beta_j(f(j), w^k, \tilde{w}^i) \varphi(j)}{q'}$$

і

$$F^{(2)}(w^k, \tilde{w}^i) = \frac{\sum_{j=1}^n \tilde{\beta}_j(\tilde{f}(j), w^k, \tilde{w}^i) \tilde{\varphi}(j)}{q''},$$

а

$$F(w^k, \tilde{w}^i) = \sum_{t=1}^2 F^{(t)}(w^k, \tilde{w}^i);$$

де q' – кількість одиниць в $\beta(f(j), w^k, \tilde{w}^i) |_{\mathbb{1}}^n$, q'' – кількість одиниць в $\tilde{\beta}(\tilde{f}(j), w^k, \tilde{w}^i) |_{\mathbb{1}}^n$.

Множини W і \tilde{W} складаються з підмножин ізоморфних сполучень без повторень. Оскільки знаходження оптимального розв'язку

проводиться на усіх їхніх елементах, то в процесі розв'язання задачі з використанням виразів $F^{(1)}(w^k, \tilde{w}^i)$ і $F^{(2)}(w^k, \tilde{w}^i)$ може виникати ситуація невизначеності, пов'язана зі структурою аргумента цільової функції [35]. Тому задача полягає в знаходженні такої підмножини ізоморфних сполучень без повторень, яка містить оптимальний розв'язок, що збігається з метою дослідження за умови $F(w^k, \tilde{w}^i) > \delta$.

Виходячи з викладеного наведемо таке означення.

Означення. Під невизначеністю в комбінаторній оптимізації (відповідно в разі проектування та експлуатації ЦП) розуміємо ситуацію, за якої внаслідок нечіткої чи неповної вхідної та поточної інформації неможливо одержати однозначний результат, або за вибраною мірою подібності, за змодельованими цільовими функціями, за розробленими правилами обробки та оцінки інформації, внаслідок особливої структури аргументу цільової функції (комбінаторної конфігурації) одержаний оптимальний результат не збігається з метою дослідження.

Деякі способи вирішення ситуації невизначеності на ЦП

Вирішення проблеми невизначеності, що пов'язана з неповною вхідною та поточною інформацією, проводиться шляхом аналізу ситуації за певний проміжок часу. На основі цього аналізу встановлюють певну закономірність, яку враховують при прогнозуванні майбутніх результатів на поточному відрізку часу.

Вирішення невизначеності користувачами ЦП, яка пов'язана із ситуацією ризику, супроводжується неоднозначністю щодо обрання варіанту дій та/або неможливістю передбачення ймовірних наслідків конкретного їх вибору. Сприйняття невизначеності користувачами ЦП має суб'єктивний характер. Під час експлуатації ЦП користувачі дотримуються таких стратегій:

- використовують продукти / послуги ЦП для задоволення своїх інтересів і потреб, незважаючи на можливість отримання негативних результатів і фінансових втрат;
- застосовують запобіжні заходи і звертаються до попереднього досвіду для пом'якшення сприйняття невизначеності і прийняття рішення щодо використання продуктів / послуг ЦП (наприклад, виконують самостійний пошук додаткової інформації про постачальників послуг, знаходять докладні описи продуктів / послуг, переглядають відгуки інших користувачів про продукти / послуги і про досвід спілкування з постачальником, порівнюють ціни і отримують інформацію про аналоги від третіх сторін, тощо);
- відміняють або відкладають використання продуктів / послуг ЦП доки не буде доступна додаткова інформація.

Під час розроблення та експлуатації ЦП керування невизначеністю полягає у зменшенні її в джерелі виникнення або подоланні

невизначеності шляхом мінімізації її впливу [19]. Зменшення та подолання невизначеності на ЦП досягають шляхом:

- збору інформації та поглиблення знань;
- еволюції бізнес-моделі;
- адаптації дизайну ЦП;
- застосування механізмів стратегії керування.

Розглянемо детальніше ці способи.

Збір інформації та поглиблення знань. Використання технологій інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) дає змогу збирати, аналізувати та оцінювати дані для фіксації дій користувачів на ЦП, формування для них індивідуалізованого контенту та орієнтування поведінки в бажаному напрямі [30]. Механізми зворотного зв'язку допомагають ЦП отримувати дані від користувачів різних сторін екосистеми. Аналіз великих обсягів даних дає змогу будувати рейтинги, спираючись на оцінки і відгуки користувачів, і створювати рекомендації, які впливають на їхні вподобання та заохочують до певних дій. Розвиток інновацій і повторне використання програмних компонентів пов'язані з керуванням знаннями. Для екосистеми, що розвивається або швидко змінюється, інформаційна база може бути невизначеною або взагалі відсутньою [37]. Для подолання дефіциту знань, створення інформаційної бази та організації співпраці розробників програмних компонентів використовуються довідники, настанови, вікі, служби підтримки, індивідуальна допомога та коучинг, хакатони, де розробники зустрічаються фізично або віртуально. Використання систем розпізнавання мовлення з підтримкою штучного інтелекту в поєднанні з інтелектуальним пошуком відповіді дає змогу збільшити швидкість оброблення даних і зменшити транзакційні витрати.

Еволюція бізнес-моделі ЦП. Невизначеність, доповнювачі та додаткові продукти стимулюють інноваційний процес бізнес-моделі ЦП [31]. Еволюція бізнес-моделі передбачає реалізацію низки узгоджених і взаємодоповнювальних дій учасників екосистеми і здійснюється шляхом розробки власних інновацій або копіювання і впровадження інновацій конкурентів [28]. Власні інновації бізнес-моделі ЦП полягають у створенні нових видів діяльності і відповідних елементів дизайну та дають змогу залучати до екосистеми нових користувачів або розширювати наявну базу користувачів для отримання радикально нових функцій та послуг. Наслідкування інновацій конкурентів дає змогу подолати невизначеність стосовно їх інноваційної діяльності та уникнути переходу користувачів на конкурентні платформи. Копіювання інновацій конкурентів потребує попереднього моніторингу діяльності суперника, ідентифікації елементів дизайну для імітації та подальшої інтеграції їх у бізнес-модель імітатора.

Адаптація дизайну ЦП. Адаптація дизайну ЦП передбачає підтримку інтеграції розподілених ресурсів; реформування та комбінацію програмних та апаратних компонентів; трансформацію про-

дуктів та послуг ЦП. Алгоритми мають значний вплив на керування невизначеністю, оскільки забезпечують підтримку роботи платформи [31]. Алгоритми використовуються для реалізації механізмів керування та функційних можливостей ЦП; контролю виконання правил і визначення спектра взаємодій; аналізу поведінки учасників екосистеми та обмеження варіативності дій заохоченням або застосуванням штрафних санкцій. Взаємодія розробників з різними групами користувачів полегшує впровадження нових ідей щодо варіантів дизайну та сприяє зниженню ризиків виникнення негативного досвіду в процесі користування продуктами / послугами ЦП. Для запобігання створення неякісних доповнень додатків в роботі [17] пропонується протягом всього життєвого циклу ЦП впроваджувати додаткові заходи для виявлення та усунення помилок в програмних модулях, зменшення негативних наслідків непередбачених сценаріїв використання платформи і взаємодій користувачів. Такими заходами є тестування нових доповнень у безпечному середовищі перед їх фактичним використанням в реальних умовах.

Застосування механізмів стратегії керування. Завданням стратегії є встановлення балансу і регулювання протиріч між відкритістю і контролем, створенням і захопленням цінності, співпрацею і конкуренцією, широким асортиментом і якістю доповнень. Стратегія містить прийняття і дотримання правил, які визначають взаємодію учасників екосистеми як всередині однієї сторони, так і між різними сторонами. Однак стратегія керування не обмежується тільки встановленням і контролем дотримання правил, а повинна спиратися на побудову відносин між учасниками екосистеми, підтримку їх надійного зв'язку з ЦП та заохочення інновацій для отримання стійкої вигоди. Ключовою проблемою керування екосистемою є координація та керування спільною діяльністю учасників екосистеми з використанням механізмів позадогівірного керування [38]. Гнучкість стратегії керування має вирішальне значення для мінімізації впливу невизначеності та підвищення продуктивності ЦП в непередбачуваних умовах. Має бути розроблено механізми, які пом'якшують наслідки виникнення та поширення невизначеності, наприклад, завдяки навчання, наданню адаптованої під конкретних користувачів інформації, використанню систем зворотного зв'язку для покращення комунікації, впровадженню методів аналізу даних і штучного інтелекту. Механізми можуть застосовуватися по-різному залежно від обставин, і кожен з механізмів може бути реалізовано у відповідь на різні типи невизначеності. В роботі [39] зазначається, що невизначеність пом'якшується трьома способами, що доповнюють один одного: епістемологічним завдяки збору інформації, онтологічним завдяки перетворенню раніше непередбачуваних елементів на «пізнаваний» вміст і методологічним шляхом забезпечення гібридних практик. Наприклад, для зменшення невизначеності щодо успішності про-

дуктів ЦП застосовується метод онлайн-опитування користувачів про задоволеність користуванням послугами. А застосування методів штучного інтелекту дає змогу невизначені ситуації, в яких розподіл ймовірностей можливих випадків невідомий, перетворювати на ризиковані, коли можливі випадки і ймовірність появи кожного з них стають відомими.

У динамічному світі платформ і екосистем невизначеність змінюється під впливом історії взаємодій і послідовності реакції учасників екосистеми на відповідні невизначеності [16]. Рішення, які приймають учасники екосистеми, залежать від їхньої ролі в екосистемі та стадії життєвого циклу ЦП. Ситуація невизначеності, пов'язана з неповною вхідною і поточною інформацією, а також з особливою структурою аргументу цільової функції, вирішується самоналагоджувальними алгоритмами.

Висновки

Невизначеність в процесі діяльності учасників екосистем ЦП виникає внаслідок неповної вхідної та поточної інформації, вона пов'язана з нечітко розробленими правилами обробки та оцінки інформації. Виділено особливий вид невизначеності, який пов'язаний із ситуацією ризику. Моделювання деяких з цих задач в межах теорії комбінаторної оптимізації показує, що ця ситуація виникає і внаслідок особливої структури аргументу комбінаторної оптимізації. Вирішення цієї ситуації, що пов'язана з неповною вхідною та поточною інформацією, проводиться шляхом аналізу поведінки системи за певний проміжок часу. На основі цього аналізу встановлюють певну закономірність, яку враховують при прогнозуванні майбутніх результатів на поточному відрізку часу.

Фінансування

Дослідження підготовлено за грантової підтримки Національного фонду досліджень України в рамках реалізації проекту «Сучасний програмно-апаратний комплекс для тренування операторів безпілотних літальних апаратів» (реєстраційний номер 2023.04/0082) конкурсу «Наука для зміцнення обороноздатності України».

REFERENCES / ЛІТЕРАТУРА

1. Mark de Reuver, Carsten Sørensen, Rahul C. Basole. The digital platform: a research agenda. *Journal of Information Technology*, 2018, Vol. 33, 124–135. <https://doi.org/10.1057/s41265-016-003>
2. Jacobides M.G., Cennamo C., Gawer A. Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal*, 2018, Vol. 39 (8), 2255–2276. <https://doi.org/10.1002/smj.2904>
3. Tiwana A., Konsynski B., Bush A. Platform evolution: coevolution of architecture, governance, and environmental dynamics. *Information systems research*, 2010, Vol. 21 (4), 675–687. <https://doi.org/10.1287/isre.1100.0323>
4. Parker D., Van Alstyne M. A Digital Postal Platform: Definitions and a Roadmap. 2019. URL: https://ide.mit.edu/wp-content/uploads/2016/04/2012.01_Parker_Van-Alstyne_A-Digital-Postal-Platform_296.pdf?x96981 [Accessed 30 Jul. 2025]

5. Srnicek N. Platform Capitalism. Polity Press, 2017, 171 P.
6. Constantinides P., Henfridsson O., Parker G.G. Introduction – Platforms and infrastructures in the digital age. *Information Systems Research*, 2018, Vol. 29 (2), 381–400. <https://doi.org/10.1287/isre.2018.0794>
7. Kazan E., Tan C.-W., Lim E., Sørensen C., Damsgaard J. Disentangling Digital Platform Competition: The Case of UK Mobile Payment Platforms. *Journal of Management Information Systems*, 2018, Vol. 35 (1), 180–219. <https://doi.org/10.1080/07421222.2018.1440772>
8. Teece D., Dynamic capabilities and digital platform lifecycles. *Advances in Strategic Management Entrepreneurship, Innovation, and Platforms*, 2017, Vol. 37, 211–225. <https://doi.org/10.1108/S0742-332220170000037008>
9. Gawer, A. Digital platforms and ecosystems: remarks on the dominant organizational forms of the digital age. *Innovation*, 2021, Vol. 24 (1), 110–124. <https://doi.org/10.1080/14479338.2021.1965888>
10. Hein A., Schreieck M., Riasanow T. et al. Digital platform ecosystems. *Electron Markets*, 2020, Vol. 30, 87–98. <https://doi.org/10.1007/s12525-019-00377-4>
11. Liashenko V.I., Vyshnevskiy O.S. Digital modernization of Ukraine's economy as an opportunity for breakthrough development: monohrafiia. In: *ekonomiky promyslovosti NAN Ukrainy*, Kyiv, 2018. 252 p. [In Ukrainian: Ляшенко В.І., Вишневецький О.С. Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку]
12. Kokhan V.P. Digital platform as a digital economy tool. *Law and innovations*, 2021, Vol. 33 (1), 29–34. [In Ukrainian: Кохан В.П. Цифрова платформа як інструмент цифрової економіки] [https://doi.org/10.37772/2518-1718-2021-1\(33\)-4](https://doi.org/10.37772/2518-1718-2021-1(33)-4)
13. Sichkarenko K.O. Digital platforms: classification approaching and the role of economic development defining. *Black sea economic studies*, 2018, Vol. 35, 28–32. [In Ukrainian: Січкаренко К.О. Цифрові платформи: підходи до класифікації на визначення ролі в економічному розвитку] URL: https://bses.in.ua/journals/2018/35_2_2018/7.pdf [Accessed 30 Jul. 2025]
14. Semenoh A.Yu. Digital platform ecosystems as a factor of business transformation within digital economy framework. *Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design. Series: Economic sciences*, 2019, Vol. 137 (4), 39–50. [In Ukrainian: Семеног А.Ю. Екосистеми цифрових платформ як фактор трансформації бізнесу в умовах цифрової економіки] <https://doi.org/10.30857/2413-0117.2019.4.4>
15. Pysarevska H. I., Kutsenko T. M., Martovytskyi A. D. Tsyfrovі platformy v ekonomitsi: suchasni tendentsii ta napriamy rozvytku. *Ukrainskyi zhurnal prykladnoi ekonomiky ta tekhniky*. 2023. Vol. 8. No 4, 174–178. [In Ukrainian: Писаревська Г. І., Куценко Т. М., Мартовицький А. Д. Цифрові платформи в економіці: сучасні тенденції та напрями розвитку] <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2023-4-27>
16. Alsahli A., Bantan. M. Uncertainty in Digital Platforms and Ecosystems: The Dynamic Interplay Between Knowledge Problems. *The 55th Hawaii International Conference on System Sciences 2022*, 6739–6748. <https://doi.org/10.24251/HICSS.2022.815>
17. de Reuver M., van Wynsberghe A., Janssen M., & van de Poel I. Digital platforms and responsible innovation: expanding value sensitive design to overcome ontological uncertainty. *Ethics and Information Technology*, 2020, Vol. 22 (3), 257–267. <https://doi.org/10.1007/s10676-020-09537-z>
18. Heiland H. Black Box Power: Zones of Uncertainty in Algorithmic Management. In: *Armano, E., Briziarelli, M., and Risi, E. (eds.), Digital Platforms and Algorithmic Subjectivities*, University of Westminster Press, London, 2022, 75–86. <https://doi.org/10.16997/book54.f>
19. Sterk F., Heinz D., Hengstler P., Weinhardt C. Reallocating Uncertainty in Incumbent Firms through Digital Platforms: The Case of Google's Automotive

- Ecosystem Involvement. ICIS 2023 Proceedings, Governance, Digital Strategy, and Value, 3, Article 2477. URL: https://aisel.aisnet.org/icis2023/gov_strategy/gov_strategy/3 [Accessed 30 Jul. 2025]
20. Pérez López R., Yrjölä M., Becker L., Panina E., & Saarijärvi H. An experiential perspective on uncertainty in peer-to-peer platform services. *Journal of Service Management*, 2025, Vol. 36 (6), 29–52. <https://doi.org/10.1108/JOSM-04-2024-0170>
 21. Tymofiiieva N.K. On the nature of uncertainty and variable criteria in partitioning problems. *Problems of Control and Information Science*, 2009, Issue 5, 88–99. [In russian]
 22. Tymofiiieva N.K. About unraveling the problems of combinatorial optimization in minds of insignificance. Newsletter of the Vinnitsa Polytechnic Institute, 2012, Issue 6, 157–162. [In Ukrainian: Тимофієва Н.К. Про розв'язання задач комбінаторної оптимізації в умовах невизначеності]
 23. Yvanenko V.Y., Labkovskiy V.A. The problem of uncertainty in decision-making problems. *Nauk. dumka*, Kyiv, 1990, 136 p. [In russian]
 24. Evans P.C., Gawer A. *The Rise of the Platform Enterprise: A Global Survey*. The Center for Global Enterprise, 2016. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35887.05280>
 25. Baldwin C., Woodard J. *The Architecture of Platforms: A Unified View*. Research Collection School of Information Systems, 2009, 19–44. <https://doi.org/10.4337/9781849803311.00008>
 26. Tymofiiieva N.K., Pavlenko N.I., Shevchenko S.A. Ways of classifying digital platforms. *Control Systems and Computers*, 2024, Issue 2, 10–20. [In Ukrainian: Тимофієва Н.К., Павленко Н.Є., Шевченко С.А. Способи класифікації цифрових платформ] <https://doi.org/10.15407/csc.2024.02.010>
 27. Zysman, J., Kenney, M. Intelligent Tools and Digital Platforms: Implications for Work and Employment. *Intereconomics*, 2017, Vol. 52, 329–334. <https://doi.org/10.1007/s10272-017-0699-y>
 28. Zhao Y., Von Delft S., Morgan-Thomas A., Buck T. The evolution of platform business models: Exploring competitive battles in the world of platforms. *Long Range Planning*, 2019, Vol. 53 (4), Article 101892. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2019.101892>
 29. Jaworski M. Digital platforms and data-driven value creation, *Research Reviews of Czestochowa University of Technology. Management*, 2023, Issue 52, 35–48. <https://doi.org/10.17512/znpcz.2023.4.03>
 30. Cutolo D., Kenney M. Platform-dependent entrepreneurs: Power asymmetries, risks, and strategies in the platform economy. *Academy of Management Perspectives*, 2021, Vol. 35 (4), 584–605. <https://doi.org/10.5465/amp.2019.0103>
 31. Daradkeh M. Exploring the Boundaries of Success: A Literature Review and Research Agenda on Resource, Complementary, and Ecological Boundaries in Digital Platform Business Model Innovation. *Informatics*, 2023, Vol. 10 (2), Article 41. <https://doi.org/10.3390/informatics10020041>
 32. Lang N., Lechner C., Wurzer C., Dexheimer M. Four Strategies to Orchestrate a Digital Ecosystem. *International Business*, 2020. URL: <https://www.bcg.com/publications/2020/four-strategies-to-orchestrate-digital-ecosystem> [Accessed 30 Jul. 2025]
 33. Ramirez Hernandez T., Kreye M.E. Uncertainty profiles in engineering-service development: exploring supplier co-creation. *Journal of Service Management*, 2021, Vol. 32 (3), 407–437. <https://doi.org/10.1108/JOSM-08-2019-0270>
 34. Hnedenko B.V., Kovalenko Y.N. *Lektsyy po teoryi massovoho obsluzhyvanyia*. Kyev: KVYRTU, 1969. 109 p.
 35. Tymofiiieva N.K. Theoretical and numerical methods for solving combinatorial optimization problems. Author's abstract of the dissertation, V.M. Glushkov Institute of Cybernetics, Kyiv, 2007, 32 p. [In Ukrainian: Тимофієва Н.К. Теоретико-числові методи розв'язання задач комбінаторної оптимізації]
 36. Timofijeva N.K., Gritsenko V.I. Modeling and Solving an Application Problems of Combinatorial Optimization Arised in Intelligent Geodistribution Dynamical Systems. *Control Systems and Computers*, 2014, Vol. 249 (1), 8–25.

37. Nerbel J. F., Kreutzer M. Digital platform ecosystems in flux: From proprietary digital platforms to wide-spanning ecosystems. *Electronic Markets*, 2023, Vol. 33 Article 6. <https://doi.org/10.1007/s12525-023-00625-8>
38. Adner R. Ecosystem as structure: An actionable construct for strategy. *Journal of Management*, 2017, Vol. 43 (1), 39-58. <https://doi.org/10.1177/0149206316678451>
39. Raneri S., Lecron F., Hermans J. and Fouss F. Predictions through Lean startup? Harnessing AI-based predictions under uncertainty. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 2023, Vol. 29 (4), 886-912. <https://doi.org/10.1108/IJEER-07-2021-0566>

Отримано / Received 31.07.2025

N.K. TYMOFIJEVA, DSc (Engineering), Senior Researcher, Head of the Department, Institute of Information Technologies and Systems of the NAS of Ukraine, 40, Hlushkova Akad. ave., Kyiv, 03187, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-0312-1153>
tymNad@gmail.com

N.Ye. PAVLENKO, Researcher, Institute of Information Technologies and Systems of the NAS of Ukraine, 40, Hlushkova Akad. ave., Kyiv, 03187, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0005-5660-8669>
Pavnata@gmail.com

SOME APPROACHES TO ADDRESSING UNCERTAINTY ON DIGITAL PLATFORMS

Introduction. In the modern world, digital platforms (DPs) are the basis for interaction and offer and provide services or products to meet needs and receive value from users. The dispersal of ecosystem participants and the blurring of the boundaries between different products, markets, and industries provoke the problem of uncertainty in the process of design and operation of the DPs. The situation of uncertainty is of a different nature. It is due to objective reasons that are laid down in the very nature of the tasks and subjective reasons, which the developer introduces, that is, it arises from the various natural properties of a certain problem, as well as the risk situation.

The purpose of the paper is to investigate the situation of uncertainty, which occurs when creating and exploiting the DPs, and which arises under different circumstances. It is necessary to identify the causes of the situation of uncertainty and find ways to solve it effectively.

Results. We establish the situation of uncertainty by analyzing the activities of the members of the ecosystem of the DP. We distinguish the one that arises from objective reasons and the nature related to the nature of the problem, and the subjective, which are introduced at the stages of creation and operation of the DP, and risk situations. There are problems that relate to the theory of mass service and game theory. These problems are modeled within the framework of combinatorial optimization theory.

Conclusions. The uncertainty in the process of activity of participants in the DP ecosystem arises due to incomplete input and current information, which is related to the fuzzy processing and evaluation rules of information. There is a special type of uncertainty that is associated with the risk situation. Modeling some of these tasks within the theory of combinatorial optimization shows that this situation arises as a result of the special structure of the combinatorial optimization argument. The solution to this situation related to incomplete input and current information is carried out by analyzing the behavior of the system over a period of time. On the basis of this analysis, they establish a certain pattern, which is taken into account when predicting future results for the current period.

Keywords: *digital platforms, platform business model, uncertainty, ecosystem, modular architecture, boundary resources, combinatorial optimization.*