**Федоров Сергій Станіславович**
аспірант кафедри Бізнес-Економіки та Підприємництва
*Київський Національний Економічний Університет імені Вадима Гетьмана, Україна*

# СПЕЦИФІКА МАТЕМАТИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ РОЗВИТКУ ІТ-СИСТЕМНИХ ІНТЕГРАТОРІВ У ВІЙСЬКОВИЙ ЧАС

**Вступ.** У сучасній теорії управління та системного аналізу питання математичної оптимізації діяльності високотехнологічних компаній набуває критичного значення в моменти переходу соціально - економічних систем у турбулентні , біфуркаційні стани, найбільш радикальним з яких є стан воєнного часу. Для компаній, що спеціалізуються на системній інтеграції, цей період характеризується не просто зміною ринкової кон'юнктури , а й фундаментальною зміною цільових функцій існування. Якщо в мирний час математичні моделі розвитку І Т-інтеграторів ( які відносяться до сфери послуг) традиційно орієнтовані на максимізацію акціонерної вартості, захоплення частки ринку або оптимізацію операційних витрат у рамках довгострокових інвестиційних циклів [1 ], то в умовах воєнного стану на перший план виходить завдання виживання системи та забезпечення її функціональної придатності в умовах екстремальної ентропії. Наукова актуальність цієї теми зумовлена тим, що стандартні алгоритми оптимізації , такі як класичне лінійне програмування або градієнтні методи в стабільних середовищах, втрачають свою ефективність через різке зростання стохастичної складової та необхідність урахування факторів, які раніше розглядалися як малоймовірні ризики [2], [3]. Проблема дослідження полягає у пошуку та обґрунтуванні специфічних критеріїв оптимізації, які б дозволили ІТ-компаніям не тільки зберігати результативність , а й динамічно перебудовувати архітектуру інтеграційних рішень у відповідь на миттєві зміни зовнішнього середовища, включаючи фізичні загрози інфраструктурі та кадровому потенціалу. Метою даної роботи є концептуальне та методологічне обґрунтування переходу до моделей робастної та багатокритеріальної оптимізації, здатним забезпечити розвиток системних інтеграторів в умовах дефіциту ресурсів, тимчасового тиску та високого ступеня невизначеності , характерних для воєнного періоду.

**Результати.** В основній частині дослідження необхідно підкреслити, що

математична оптимізація результативності розвитку IT- компанії у час вимагає перегляду самої структури цільової функції. У класичному вигляді завдання розвитку може бути представлена як пошук вектора впливів керуючих x, що максимізує деяку функцію ефективності f(x) при заданих обмеженнях g(x) <= 0. Однак за умов воєнного часу цільова функція стає багатокритеріальною і часто антагоністичною. Основним протиріччям стає баланс між поточною операційною стійкістю та довгостроковим потенціалом розвитку. Математично це виявляється у переході до пошуку Парето-оптимальних рішень, де неможливо покращити показник безпеки системи без погіршення її прибутковості чи швидкості впровадження. Однією з ключових особливостей стає запровадження модель «штрафних функцій» за ризик, вага яких експоненційно зростає при наближенні до критичних порогів життєздатності. Оптимізація ресурсів у системній інтеграції тепер має враховувати не лише прямі витрати, а й ціну заміщення кожного вузького спеціаліста чи одиниці дефіцитного обладнання, що перетворює завдання на складну варіацію динамічного програмування Беллмана, де кожне рішення сьогодні впливає на доступну безліч станів системи завтра.

Специфіка математичного апарату в цей період зміщується у бік методів стохастичної оптимізації та теорії ігор . Системний інтегратор змушений моделювати свою діяльність як гру проти агресивного середовища, де природа чи противник прагнуть мінімізувати виграш компанії. Тут доцільно використання мінімаксних стратегій, що дозволяють гарантувати певний рівень результативності навіть за несприятливого сценарію. Важливим елементом стає оптимізація портфеля проектів із використанням моделей з так званими «товстими хвостами» розподілу ймовірностей , оскільки воєнний час - це епоха екстремальних подій, які ігноруються нормальним розподілом Гауса. Наприклад: оптимізація логістичних ланцюжків для постачання серверного обладнання або проектування розподілених хмарних архітектур для замовників вимагає вирішення завдань на графах з топологією, що динамічно змінюється, де ребра і вузли можуть зникати в реальному часі. У таких умовах традиційні алгоритми, на кшталт пошуку най коротшого шляху Дейкстри, доповнюються механізмами адаптивної пере-маршрутизації, що грунтуються на принципах роєвого інтелекту або генетичних алгоритмах, здатних знаходити квазіоптимальні рішення за мінімальний час [4, 5].

Особлива увага в рамках основної частини приділяється застосуванню гібридних інтелектуальних технологій для уточнення параметрів оптимізаційних моделей. Оскільки у воєнний час багато параметрів (наприклад, ймовірність кібератаки чи доступність електроенергії) не можуть

бути оцінені статистично через відсутність історичних аналогів, математична модель повинна включати блоки fuzzy logic для формалізації експертних оцінок . Це дозволяє перетворити суб'єктивні побоювання провідних інженерів на кількісні змінні, що у розрахунку функції результативності. Гібридний підхід дозволяе комбінувати жорсткі обмеження (бюджет, терміни контракту) з м'якими умовами ( рівень стресу персоналу, моральні фактори), створюючи адекватніший «цифровий двійник» IT-компанії. Результативність розвитку в такій моделі вимірюється через індекс анти-крихкості - здатність системи збільшувати свою ефективність у відповідь на стресові дії. Математично це можна виразити через позитивну другу похідну функції цінності підприємства стосовно параметру волатильності середовища . Таким чином, оптимізація спрямована не на пошук єдиного «кращого» стану [6], а на створення структури, яка виграє від змін, що є найвищою формою адаптації до системної інтеграції.

**Висновки.** На закінчення слід зазначити, що специфіка математичної оптимізації для IT-інтеграторів у воєнний час полягає в фундаментальному зрушенні від статичної ефективності до динамічної стійкості . Проведене дослідження показує, що результативність розвитку компаній у такі періоди безпосередньо залежить від інтеграції в математичні моделі факторів надмірності та диверсифікації, які у мирний час могли вважатися надмірними чи неефективними. Ми дійшли висновку, що використання методів робастної оптимізації дозволяє формувати такі стратегії розвитку, які залишаються працездатними у широкому діапазоні сценаріїв ескалації кризи. Доведено, що в умовах граничної невизначеності спрощення моделей та перехід до евристичних методів оптимізації часто дають стабільніші результати, ніж спроби побудови надскладних детермінованих систем. Основним практичним висновком є не обхідність впровадження до управлінського контуру IT-компаній систем підтримки прийняття рішень на основі гібридного AI [ 7], здатних у режимі реального часу перераховувати оптимальні траєкторії розвитку при зміні зовнішніх обмежень.

У підсумку, автор наголошує, що що моделювання воєнного часу для IT-сектору - це моделювання гнучких кордонів та швидких ітерацій. Оптимізація результативності розвитку перестає бути суто економічним завданням і стає міждисциплінарним, який синергетично об’єднує кібернетику, психологію мас і теорію надійності. Перспективи подальших розробок у цій галузі лежать у площині створення повністю автономних систем управління інноваційними портфелями, здатних до самоорганізації за умов фізичного руйнування централізованих вузлів управління. Розроблений у статті підхід до оптимізації

закладає методологічний фундамент для формування нового типу IT-організацій, здатних не лише протистояти викликам воєнного часу, а й стати драйверами технологічного відродження у посткризовий період, використовуючи накопичений досвід екстремальної адаптації як унікальну конкурентну перевагу на глобальному ринку . Таким чином, математична оптимізація стає інструментом трансформації деструктивної енергії кризи в конструктивну енергію системного розвитку, забезпечуючи технологічний суверенітет та високу результативність у найсуворіших умовах сучасності.

**Список використаних джерел:**


1. Hrashchenko, I. S. (2011). Problemy ta osoblyvosti prohnozuvannia na pidpryiemstvakh sfery posluh [Problems and features of forecasting at service enterprises]. *Ekonomichnyi visnyk Donbasu - Economic Bulletin of Donbass*, (3(25)), 175-179.
2. Kulynych Y., Krasnyuk M., Krasniuk S. (2022). Efficiency of evolutionary algorithms in solving optimization problems on the example of the fintech industry. *Grail of Science*, № 14-15, May 2022, (pp. 63-70) DOI: https://doi.org/10.36074/grail-of-science.27.05.2022
3. Krasnyuk M.T., Naumenko M.A. (2024) Efektyvne zastosuvannia henetychnykh alhorytmiv u vyrishenni bahatoekstremumnykh optymizatsiinykh zadach v menedzhmenti konkurentnoho pidpryiemstva [Effective application of genetic algorithms in solving multi-extremum optimization problems in the management of a competitive enterprise]. *Grail of Science,* № 41, June 2024, 65-73. URL: https://archive.journal-grail.science/index.php/2710-3056/issue/view/05.07.2024/29 [in Ukrainian].
4. Telikani A. et al. Evolutionary machine learning: A survey // *ACM Computing Surveys* (CSUR). – 2021. – T. 54. – № . 8. – C. 1-35.
5. Zhan Z. H. et al. A survey on evolutionary computation for complex continuous optimization // *Artificial Intelligence Review*. – 2022. – T. 55. – № . 1. – C. 59-110.
6. Liang J. et al. A survey on evolutionary constrained multiobjective optimization // *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*. – 2022. – T. 27. – № . 2. – C. 201-221.
7. Naumenko, M., & Hrashchenko, I. (2024). Suchasnyi shtuchnyi intelekt v antykryzovomu upravlinni konkurentnymy pidpryiemstvamy ta kompaniiamy [Modern artificial intelligence in anti-crisis management of competitive enterprises and companies]. *Grail of Science*, (42), 120-137. https://doi.org/10.36074/grail-of-science.02.08.2024.015 [In Ukrainian].