

УДК 519,7:004.942

JEL Classification: M31, C55

Івченко Ірина Юрївна*канд. екон. наук, доцент
доцент кафедри економічної кібернетики та інформаційних технологій
Одеський національний політехнічний університет
(Одеса, Україна)*

МОДЕЛЮВАННЯ ІГРОВИХ СИТУАЦІЙ ДЛЯ ОБГРУНТУВАННЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В ІТ-КОМПАНІЇ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА РИЗИКУ

У статті проведено дослідження застосування моделі теорії ігор на підприємствах, зайнятих у сфері інформаційних технологій. Проведено аналіз можливості застосування ігрової економіко-математичної моделі для прийняття рішень і вибору найкращої стратегії управління в ІТ-компанії. Розроблено багатокритеріальну теоретико-ігрову модель для оптимізації прийняття управлінських рішень в ситуації невизначеності та ризику для підвищення показників ефективності діяльності підприємства. Проведено аналіз та знайдено оптимальне рішення з використанням розробленої економіко-математичної моделі.

Ключові слова: інформаційні технології, теорія ігор, ІТ-компанія, оптимізація, моделювання, математична модель.

DOI: 10.15276/mdt.3.1.2019.2

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями. Сучасні економічні умови ставлять перед будь-якою ІТ-компанією завдання прийняття оптимального рішення для підвищення ефективності показників своєї діяльності. У зв'язку з цим виникає гостра необхідність вдосконалення роботи за рахунок прийняття ефективних управлінських рішень в основній діяльності ІТ-підприємства.

Моделювання діяльності ІТ-підприємств є важливим елементом керування й необхідне кожному підприємству, що бажає йти в ногу з часом і мати високі показники ефективності виробництва, тому що дозволяє найбільш точно відобразити необхідні процеси і явища. Для ефективного рішення цього завдання пропонується розробити економіко-математичну модель для оптимізації прийняття управлінських рішень в ситуації невизначеності на прикладі ІТ-компанії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких покладений початок вирішенню даної проблеми і на які спирається автор. На даний момент розроблено багато методів і моделей оптимізації прийняття рішень на ІТ-підприємстві. Такі моделі засновані на методах математичного програмування – лінійного та нелінійного, статичного і динамічного. Найбільший інтерес серед них представляють оптимізаційні моделі [1, 2, 3]. Однак, незважаючи на велику кількість методів і моделей, описаних у науковій літературі, лише деякі з них набули застосування на практиці.

© 2019 The Authors. This is an open access article under the CC BY license
(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Актуальність даної роботи обґрунтовується тим, що моделювання різних видів діяльності ІТ-підприємств є важливим елементом керування і підвищення показників ефективності.

Аналіз вітчизняних і зарубіжних публікацій з проблем моделювання в сфері ІТ-послуг дозволяє зробити висновок про недостатню опрацьованість ряду питань у досліджуваній сфері. Це стосується, наприклад, методів оптимального розподілу проектів між командами в ІТ-підприємстві [3]; процедур взаємодії ІТ-підприємства і замовника [4]; бізнес-процесів в ІТ-аутсорсингу [5].

Методи, пов'язані із завданнями планування проекту, як правило, не формалізовані. Крім того, оцінка вартісних витрат і витрат часу є наближеною і найчастіше спирається на досвід проведення аналогічних робіт за іншими проектами. В реальній практиці процес моделювання завдань, пов'язаних з управлінням проектів в умовах обмежень по ресурсах в даний час зводиться, в основному, до евристичних методів або до наближеної підгонки бюджету робіт та строків проекту до затверджених за проектом значень. Для підвищення ефективності процесів моніторингу та управління ІТ-проектами необхідна розробка актуальної економіко-математичної моделі організації процесів управлінської діяльності на ІТ-підприємстві.

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Сьогодні активізація використання інформаційних технологій спостерігається в будь-якої підприємницькій діяльності, тому ІТ-підприємства мають високий попит на свою продукцію та послуги. Для ефективної роботи підприємства, що працює у сфері інформаційних технологій (ІТ), на різних етапах управління постають завдання, для вирішення яких розробляють різні економіко-математичні моделі. Такі завдання можуть бути пов'язані як з розробкою стратегії компанії, так і з оптимізацією прийняття управлінських рішень в діяльності компанії.

Успішність функціонування вітчизняного ринку ІТ-послуг визначається:

- здатністю ІТ-компаній підвищувати якість наданих послуг;
- відпрацьованості технологій і процедур прийняття рішень про розподіл бізнес-процесів усередині ІТ-компанії.

З метою вивчення наявних на реальному ІТ-підприємстві властивостей і закономірностей і пошуку оптимального рішення використовують економіко-математичні моделі.

Результатом проведеного аналізу існуючих у научній літературі методів і моделей підприємства став висновок, що, незважаючи на їх переваги, жоден з них у чистому вигляді не дозволяє побудувати модель керування діяльністю ІТ-підприємства необхідної точності і деталізації. Існуючі методи і моделі, присвячені проблемам моделювання підприємства, володіють або надмірно узагальненим поглядом на досліджувану проблему, або зайву деталізацію і є складними з точки зору збору вхідних даних. Крім того, ІТ-підприємства мають свою специфіку, відмінну від промислових підприємств.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Метою статті є вибір математичного апарату та розробка економіко-математичної моделі оптимізації прийняття управлінських рішень в ІТ-компанії.

Об'єктом дослідження є управлінські рішення в ІТ-компанії. Предметом дослідження є методи моделювання прийняття рішень в умовах невизначеності та ризику.

Мета дослідження – моделювання процесів прийняття рішення щодо вибору оптимальної програми управління серед представлених альтернатив для підвищення ефективності виробництва.

В рамках управління IT-проектами ресурси, необхідні для виконання робіт за IT-проектами, є обмеженими, тому одним з найбільш розповсюджених завдань керування є завдання розподілу ресурсів (трудових, фінансових). Як правило, одночасно ставиться і завдання максимізації прибутку підприємства. Тому завдання керування IT-проектами відносяться до складних багатокритеріальних завдань. В науковій літературі ефективні методи вирішення таких завдань відомі тільки для ряду окремих випадків, що робить завдання вибору оптимальних стратегій для рішення IT-задач в управлінні проектами актуальним та своєчасним.

Викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Завдання, що розробляється в даному дослідженні, пов'язане з оптимізацією прийняття управлінських рішень в IT-компанії в умовах невизначеності та ризику. Одним з основних завдань управління, які суттєво впливають на прибуток підприємства, є прийняття рішення про вибір оптимальної стратегії поведінки з існуючих альтернатив за критерієм максимізації прибутковості, або за критерієм мінімізації витрат.

Пропонується розробити метод оптимізації діяльності IT-компанії за рахунок розробки та впровадження економіко-математичної моделі оптимального вибору стратегій розвитку підприємства при управлінні проектами інформатизації.

Відповідальний за оптимізацію продуктивності IT-підприємства – проект-менеджер. Його завдання зполягає в розподілі ресурсів компанії та забезпеченні їх ефективного використання.

Проект-менеджер відповідає за:

- вибір технологій, які будуть використовуватися в тому чи іншому проекті;
- формування команд IT-розробників;
- розподіл завдань між IT-командами;
- оцінку фінансових і тимчасових витрат на IT-проект;
- оцінку тривалості проектів;
- планування та побудову процесів розробки;
- забезпечення темпу і якості розробки на відповідному рівні;
- відстеження якості просування IT-проектів;
- технічний pre-sale ключових проектів;
- оцінку продуктивності співробітників і рішення про рівень їхніх зарплат.

Оптимальне керування цими процесами призводить до підвищення ефективності функціонування IT-підприємства в цілому.

Оскільки IT-підприємство можна розглядати як складну економічну систему, то для побудови математичної моделі управління скористаємося наступними принципами системного моделювання:

- послідовна розробка етапів побудови моделі;
- узгодження всіх вагомих характеристик IT-підприємства (ресурсних, фінансових, інформаційних та інших);
- цілісність всіх стадій розробки економіко-математичної моделі.

Це дасть можливість створити таку модель управління IT-підприємством, метою якої буде вибір найкращої стратегії поведінки в умовах невизначеності та ризику, тобто в умовах, коли стан зовнішнього середовища невідомий.

Під станом зовнішнього середовища будемо розуміти сукупність зовнішніх факторів, що характеризуються невизначеністю та впливають на підприємство та його майбутній розвиток. Невизначеність стану зовнішнього середовища пов'язана з соціально-демографічними, політичними, економічними факторами [6].

Невизначеність середовища всередині самого ІТ-підприємства може бути викликана поганим керівництвом, недостатнім контролем, незбалансованістю у діях фахівців та іншими причинами.

В даному дослідженні розглянемо можливість використання теорії ігор для побудови моделі керування ІТ-проектами з метою зняття невизначеності для прийняття рішення про вибір оптимального варіанта управління.

Теорію ігор в науковій літературі розглядають у двох аспектах:

1) Як теорію математичних моделей прийняття оптимальних рішень в конфліктних ситуаціях – стратегічні ігри.

2) Як теорію математичних моделей прийняття рішень в умовах невизначеності – статистичні ігри [7].

При цьому будується відповідна теоретико-ігрова модель, за якою визначається оптимальне рішення.

Для створення ігрової математичної моделі необхідні:

– по-перше, наявність декількох (зазвичай двох) учасників, яких називають гравцями;

– по-друге, опис можливих дій кожної із сторін, тобто альтернативних стратегій;

– по-третє, визначених результатів дій, що подаються функціями виграшу [8].

Завданням кожного гравця в кожній грі є знаходження оптимальної стратегії, яка за умови багатократного повторення цієї гри забезпечує даному гравцю максимально можливий виграш [9].

Процес моделювання складається з кількох етапів.

Етап 1.

Сформулюємо економіко-математичну постановку задачі.

Як приклад розглянемо економічну ситуацію, з якою зіткнулася ІТ-фірма, яка працює на ринку інформаційних технологій і збирається укласти договір з іноземним замовником на розробку нового програмного продукту на суму 1,5 млн. доларів. Продукт має бути написаний на протязі 2-х років.

У компанії є кілька стратегій, пов'язаних з вибором альтернативного графіка оплати за проект, який треба розробити (табл. 1).

Таблиця 1 – Графіки оплати

Стратегії	Графіки оплати	Сума
A_1	передоплата 50% в кінці 1-го року 10% після релізу продукту решта 40%	750 тис. доларів 150 тис. доларів 600 тис. доларів
A_2	передоплата 10% в кінці 1-го року 40% після релізу продукту в кінці 2-го року 50%	150 тис. доларів 600 тис. доларів 750 тис. доларів
A_3	передоплата 30% в кінці 1-го року 30% після релізу продукту в кінці 2-го року 40%	450 тис. доларів 450 тис. доларів 600 тис. доларів

Перед керівництвом ІТ-фірми стоїть завдання: для отримання найбільшого прибутку слід прийняти оптимальне управлінське рішення про вибір оптимальної стратегії фінансування, що стосується оплати клієнтом його замовлення на розробку нового програмного забезпечення в описаних вище умовах.

Для вибору найкращого управлінського рішення розробимо ігрову модель з використанням теорії ігор.

За базу візьмемо теорію статистичних ігор, або так звану «гру з природою» [7]. У статистичній грі природа не є розумним гравцем, що прагне обрати для себе оптимальні стратегії. Цей гравець не зацікавлений у виграші.

Інша річ – людина, у даному разі статистик. Він має на меті виграти гру з уявним супротивником, тобто з природою. Гравець-природа не обирає оптимальної стратегії, але статистик повинен прагнути до визначення розподілу імовірностей стану природи для того, щоб обрати найменш ризиковане рішення.

Дану ситуацію уявимо як гру, в якій свідомим гравцем (гравцем A) є ІТ-компанія, яка виконує замовлення на розробку програмного забезпечення, а несвідомим гравцем (гравцем P), тобто природою, є економічна кон'юнктура ринку, пов'язана з коливанням курсу валют на зовнішньому ринку.

Етап 2.

Перейдемо до теоретико-ігрової формалізації завдання.

Нехай ІТ-компанія (гравець A) має m можливих стратегій $A_1, A_2, A_3, \dots, A_m$, а економічна кон'юнктура ринку (гравець P) може перебувати в одному зі своїх станів P_1, \dots, P_n .

Передбачається зазвичай, що відомі результати вибору ІТ-компанією кожної зі своїх стратегій A_i , при кожному стані природи P_j дорівнюють a_{ij} . З цих показників складається платіжна матриця розміру $m \times n$, рядки якої відповідають стратегіям ІТ-компанії, а стовпці – різним певним економічним ситуаціям, які склалися на ринку на даний час.

Завдання ІТ-компанії полягає у виборі оптимальної стратегії управління, виходячи з оптимістичної або песимістичної поведінки особи, яка приймає рішення (ОПР) в умовах невизначеності та ризику.

Як говорилося раніше, особою, яка приймає рішення в даному дослідженні, є проект-менеджер ІТ-компанії.

Нехай в моделі керівництво ІТ-компанії в своєму розпорядженні має три чистих стратегії для отримання максимального прибутку від розробки нового програмного продукту:

1) стратегія A_1 – отримання передоплати 50%, в кінці 1 року 10%, після розробки продукту решта 40%;

2) стратегія A_2 – отримання передоплати 10%, в кінці 1 року 40%, після розробки продукту в кінці 2 року 50%;

3) стратегія A_3 – отримання передоплати 30%, в кінці 1 року 30%, після розробки продукту в кінці 2 року 40%.

Нехай роль гравця P грає коливання курсу валют в зазначений період з 01.12.2018 по 1.12.2020.

Природа може перебувати в одному зі своїх чотирьох станів:

1) P_1 – курс валют стабільний;

2) P_2 – падіння курсу валют;

3) P_3 – зростання курсу валют;

4) P_4 – коливання курсу валют.

Припустимо, що у вихідному місяці на 01.12.18 за даними інформаційного ресурсу Finam [2] курс валют становив 1 долар = 27,72 грн.

Прогноз на курс валют у наступних роках представлений у табл. 2.

Таблиця 2 – Прогноз на курс валют

Ситуації		Щомісячне значення курсу валют (грн. по відношенню до 1 у.о.)		
Номер ситуації	Види коливання курсу валют, (грн /Usd)	На початку 1-го року (A_1)	В кінці 1-го року (A_2)	В кінці 2-го року (A_3)
$П_1$	Стабільний курс ($=$), (грн /Usd)	27,72	27,72	27,72
$П_2$	Падіння (\downarrow), (грн /Usd)	27,72	28,98	29,64
$П_3$	Зростання (\uparrow), (грн /Usd)	27,72	27,65	27,28
$П_4$	Коливання ($\downarrow\uparrow$), (грн /Usd)	27,72	29,64	27,65

Як виграш гравця A будемо розглядати прибуток від продажу програмного продукту замовнику при різних «станах природи».

Пояснимо алгоритм розрахунку матриці виплат на прикладі стратегії A_1 :
Графік оплати (50%;10%;40%).

1. Якщо буде стабільний курс валют ($П_1$), то очікуваний прибуток становитиме:

$$1500000 \$ \times 0,5 \times 27,72 + 1500000 \$ \times 0,1 \times 27,72 + 1500000 \$ \times 0,4 \times 27,72 = \\ = 41580000 \text{ грн.}$$

2. Якби курс падав ($П_2$), то сумарна оплата в грн.:

$$1500000 \$ \times 0,5 \times 27,72 + 1500000 \$ \times 0,1 \times 28,98 + 1500000 \$ \times 0,4 \times 29,64 = \\ = 42921000 \text{ грн.}$$

У цьому випадку буде непередбачений прибуток через зростання курсу валюти в грн. до долара відносно стабільного курсу.

3. Якби курс виріс ($П_3$), то сумарна виплата в грн.:

$$1500000 \$ \times 0,5 \times 27,72 + 1500000 \$ \times 0,1 \times 27,65 + 1500000 \$ \times 0,4 \times 27,28 = \\ = 41305500 \text{ грн.}$$

Таким чином, прибуток буде менший через падіння курсу валюти в грн. до долара відносно стабільного курсу.

4. Якщо курс валют буде коливатися ($П_4$), то сумарна оплата в грн. буде:

$$1500000 \$ \times 0,5 \times 27,72 + 1500000 \$ \times 0,1 \times 29,64 + 1500000 \$ \times 0,4 \times 27,65 = \\ = 41527500 \text{ грн.}$$

Тобто прибуток буде менший або більший через падіння/зростання курсу валюти в грн. до долара відносно стабільного курсу.

Аналогічні розрахунки були проведені для інших стратегій (A_2 та A_3).

Результати розрахунків зведені у платіжну матрицю (табл. 3).

Таблиця 3 – Платіжна матриця (матриця очікуваного прибутку)

Графіки виплат	Стан ситуації			
	P_1	P_2	P_3	P_4
A_1	41580000	42921000	41305500	41527500
A_2	41580000	43776000	41208000	42679500
A_3	41580000	43299000	41284500	42402000
max_i	41580000	43776000	41305500	42679500

Якщо ймовірності станів природи невідомі і немає можливості отримати про них будь-яку статистичну інформацію, гравець A знаходиться в ситуації прийняття рішення в умовах невизначеності [7]. В теорії статистичних ігор для прийняття рішень в умовах невизначеності використовуються наступні засоби, які відрізняються за ступенем консерватизму [7, 10]:

- критерій Вальда (критерій крайнього песимізму);
- критерій крайнього оптимізму;
- критерій Севіджа (критерій песимізму);
- критерій Лапласа (недостатнього обґрунтування);
- критерій Гурвіца (критерій песимізму-оптимізму).

Вибір відповідного критерію прийняття рішення в умовах невизначеності та ризику є найскладнішим і найвідповідальнішим етапом процесу розв'язання задачі. Вибір потрібного критерію ОПР зазвичай проводять, базуючись на досвіді та власній інтуїції із врахуванням специфіки задачі, що розв'язується, і відповідно до свого відношення до ризику.

Зокрема, якщо навіть мінімальний ризик є неприпустимим, то необхідно застосовувати критерій Вальда. Якщо ж навпаки, певний ризик може мати місце і ОПР орієнтується на більший виграш – обирають критерій Гурвіца. Якщо ОПР готова йти на ризик, використовують критерій крайнього оптимізму.

Побудова економіко-математичної моделі.

Скористаємося основними положеннями теорії ігор для визначення найбільш прибуткового графіка виплати.

1) Критерій Вальда

$$\begin{aligned}
 H_w &= \max_i \min_j a_{ij} \\
 H_w &= \max_i \alpha_i \\
 \alpha_i &= \min_j a_{ij}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де a_{ij} – виграш гравця A , якщо він вибрав стратегію A_i , а природа обрала стратегію P_j ;

α_i – гарантований виграш гравця A (варіант «кращий з гірших»).

За формулою (1) знайдемо найменший елемент $\min_j a_{ij}$ і виберемо найбільш оптимальну стратегію, A_i яка відповідає найбільшому значенню із цих найменших елементів (табл. 4).

Таблиця 4 – Критерій Вальда

Графіки виплат	Стан ситуації				$\min_j a_{ij}$
	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	
A_1	41580000	42921000	41305500	41826000	41305500
A_2	41580000	43776000	41208000	42679500	41208000
A_3	41580000	43299000	41284500	42402000	41284500

$$H_w = \max(41305500, 41208000, 41284500) = 41305500 \text{ грн.}$$

Тобто обережний критерій Вальда рекомендує скористатися стратегією A_1 для отримання максимального виграшу в найгірших умовах.

2) Критерій крайнього оптимізму (кращий з кращих).

$$\begin{aligned} H_o &= \max_i \max_j a_{ij} \\ H_o &= \max_i \alpha_i \\ \alpha_i &= \max_j a_{ij} \end{aligned} \quad (2)$$

де a_{ij} – виграш гравця А, якщо він вибрав стратегію A_i , а природа обрала стратегію Π_j ;

α_i – гарантований виграш гравця А (варіант «кращий з кращих»).

За формулами (2) виберемо кращу з альтернатив, яка відповідає максимальному елементу матриці виграшів (табл. 5).

Таблиця 5 – Критерій крайнього оптимізму

Графіки виплат	Стан ситуації				$\max_j a_{ij}$
	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	
A_1	41580000	42921000	41305500	41826000	42921000
A_2	41580000	43776000	41208000	42679500	43776000
A_3	41580000	43299000	41284500	42402000	43299000

$$H_o = \max_i \alpha_i = (42921000, 43776000, 43299000) = 43776000 \text{ грн.}$$

Видно, що найкращим з кращих показників є альтернатива A_2 .

3) Критерій Севіджа.

$$p_i = \max_j a_{ij} - a_{ij} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
 H_s &= \min_i \max_j p_{ij} \\
 H_s &= \min_i \alpha_i \\
 \alpha_i &= \max_j p_{ij}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

де p_i – втрати, що відповідають i -тому рішенню, при j -тому варіанті обстановки;
 a_{ij} – виграш гравця А, якщо він вибрав стратегію A_i , а природа обрала стратегію P_j ;
 α_i – гарантований виграш гравця А (варіант «кращий з гірших»).

Для вирішення завдання складемо матрицю p_i за формулою (3). Вона називається матрицею недоотримання прибутку та виходить з матриці виграшів a_{ij} шляхом вирахування з максимального елемента кожного стовбця всіх інших елементів (табл. 6).

Таблиця 6 – Матриця недоотримання прибутку (матриця програшів)

Стратегія	Стан ситуації				$p_i = \max_j a_{ij} - a_{ij}$
	P_1	P_2	P_3	P_4	
A_1	0	855000	0	853500	855000
A_2	0	0	97500	0	97500
A_3	0	477000	21000	277500	477000

Знайдемо

$$H_s = \min_i(855000, 97500, 477000) = 97500 \text{ грн.}$$

Тому за критерієм Севіджа слід вибрати стратегію A_2 .

4) Критерій Лапласа.

$$H_L = \max \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{ij}, \tag{5}$$

де a_{ij} – виграш гравця А, якщо він вибрав стратегію A_i , а природа обрала стратегію P_j ;

n – кількість розглянутих варіантів станів природи.

Якщо припустити, що кожен варіант розвитку ситуації «стану природи» рівноймовірний, наприклад, вважати ці стани рівноймовірними:

$$(P(A_1) = P(A_2) = P(A_3) = 1/4),$$

то для прийняття рішення необхідно розрахувати функцію корисності за формулою (5) для кожної альтернативи, що дорівнює середньоарифметичному показнику привабливості кожної по кожному «стану природи».

Обирається та альтернатива, для якої функція корисності максимальна. Функція корисності критерію Лапласа наведена у табл. 7.

Таблиця 7 — Функція корисності за критерієм Лапласа

Стратегія	Стан ситуації				$\sum(a_{ij})$
	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	
A_1	10395000	10730250	10326375	10456500	41908125
A_2	10395000	1094400	10302000	10669875	42310875
A_3	10395000	10824750	10321125	10600500	42141375

$$\alpha = \max(41908125, 42310875, 42141375) = 42310875$$

Оскільки максимальне значення має стратегія A_2 , то слід обрати її.

5) Критерій Гурвіца.

$$\begin{aligned} H_G &= \max_i(xa_i + (1-x)\beta_i) \\ \alpha_i &= \min_j a_{ij} \\ \beta_i &= \max_j a_{ij} \end{aligned} \quad (6)$$

де a_{ij} – виграш, що відповідає i -му рішення при j -ому варіанті обстановки;

x – показник оптимізму ($0 \leq x \leq 1$).

При $x = 0$ – лінія поведження в розрахунку на краще, при $x = 1$ – лінія поведження в розрахунку на гірше.

При $x = 1$, критерій Гурвіца прирівнюється до критерію Вальда, тобто орієнтація на обережне поведження.

При $x = 0$, орієнтація на граничний ризик, що відповідає критерію крайнього оптимізму. Значення x між 0 і 1 є проміжним між ризиком і обережністю залежно від конкретної обстановки і схильності особи, що приймає рішення, до ризику [10].

Для прикладу нехай $x = 0,6$.

За формулою (6) розрахуємо песимістично-оптимістичний критерій і виберемо стратегію, яка є найбільш вигідною (табл. 8).

Таблиця 8 – Критерій песимізму-оптимізму Гурвіца

Стратегія	Стан ситуації				$\min_j a_{ij}$	$\max_j a_{ij}$	$x \min a_{ij} + (1-x) \max a_{ij}$
	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4			
A_1	41580000	42921000	41305500	41826000	41305500	42921000	42113250
A_2	41580000	43776000	41208000	42679500	41208000	43776000	42492000
A_3	41580000	43299000	41284500	42402000	41284500	43299000	42291750

$$H_G = \max_i(42113250, 42492000, 42291750) = 42492000 \text{ грн.}$$

Обрано стратегію A_2 , оскільки вона має оптимальне значення.

Зведемо отримані результати в таблицю 9, для вибору найбільш прибуткової стратегії, тобто графіка виплат.

Таблиця 9 – Найбільш прибуткові стратегії за різними критеріями

Критерій	Рекомендована стратегія
Критерій Вальда	A_1
Критерій оптимізму	A_2
Критерій Севіджа	A_2
Критерій Лапласа	A_2
Критерій Гурвіца	A_2

В даній задачі в результаті рішення статистичної гри за різними критеріями частіше за інших рекомендувалася стратегія A_2 .

Усі розрахунки проводилися у Excel.

В дослідженні було поставлено питання – яку стратегію слід вибирати, орієнтуючись одночасно на всі цільові функції.

Для вирішення поставленої проблеми розглянемо питання багатокритеріальної оптимізації в умовах невизначеності. Багатокритеріальний підхід використовується для подолання певної міри неточності і неповноти початкових даних при вирішенні оптимізаційних управлінських рішень діяльності підприємств.

У загальному вигляді завдання багатокритеріальної оптимізації ставлять таким чином:

$$\varphi_i(x) = f_i(F(x)), \quad (7)$$

де x – множина альтернатив;

f_i – множина критеріїв (цільових функцій);

$F(x)$ – функція, що відображає множину альтернатив у множині випадків;

$\varphi_i(x)$ – функція згортки завдання багатокритеріальної оптимізації.

Варіант рішення – конкретне значення векторів параметра управління, в даній задачі – конкретний варіант фінансування ІТ-проекту.

Відомо, що в реальних системах існування строго оптимального рішення багатокритеріальної задачі мало ймовірно, а часто і неможливе через суперечливість взаємопов'язаних критеріїв.

Багатокритеріальна модель, яка була розроблена, має п'ять цільових функцій. З них дві – песимістичні, вони спрямовані на обережне керування, одна – вкрай ризикована. А в двох останніх функціях прийняття керуючого рішення про вибір стратегії залежить від імовірнісних показників. У таких випадках здійснюється пошук варіантів, близьких до оптимальних.

За результатами розрахунків видно, що найбільш вигідною для підприємства є стратегія A_2 . Отож, керівництву ІТ-компанії необхідно прийняти оптимальне управлінське рішення про отримання прибутку за розробку нового ПЗ від замовника за таким планом виплат: спочатку передплата у розмірі 10%, в кінці 1 року - 40%, і після релізу продукту отримання залишкової суми у розмірі 50%.

Однак це окремий випадок. Для отримання рішення багатокритеріальних задач, які називають Паретто-оптимальними варіантами, використовують різні види згортки критеріїв. Вибір відповідного критерію – завдання наступного дослідження.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розробок за даним напрямом. У статті здійснено постановку та вирішення нового актуального наукового

завдання – моделювання діяльності ІТ-компанії за допомогою теорії ігор. Розроблена багатокритеріальна ігрова економіко-математична модель може бути використана для автоматизації, прискорення, покращення і удосконалення роботи ІТ-підприємств, а також мінімізації ризиків при прийнятті управлінських рішень проектно-менеджером ІТ-компанії в умовах невизначеності та ризику. Оптимізація керування процесами прийняття рішень призводить до поліпшення функціонування ІТ-підприємства, підвищення ефективності окремих процесів і підприємства в цілому.

1. Математичне та комп'ютерне моделювання економічних процесів / З.М. Соколовська, В.М. Андрієнко, І.Ю. Івченко [та ін.] / за ред. З. М. Соколовської. Одеса, 2016. 308 с.
2. Вентцель Е.С. Элементы динамического программирования. Москва: Наука, 1964. 173 с.
3. Івченко І.Ю., Чугунов А.А., Івченко О.І. Экономическое моделирование как инструмент управления ИТ-предприятием // Економічна кібернетика: теорія, практика та напрямки розвитку: матеріали наук.-практ. конф. (м. Одеса, 29–30 жовт. 2015 р.) Одеса, 2015. С. 15.
4. Івченко І.Ю., Будорацька Т.Д. Розробка моделі розподілу ІТ-проектів на підприємствах галузі інформаційних технологій //Маркетинг і цифрові технології. 2018. Т. 2, № 3. С. 64–76.
5. Бравар Ж.Л., Морган Р. Эффективный аутсорсинг: понимание, планирование и использование успешных аутсорсинговых отношений / пер. с англ. Днепропетровск: Баланс Бизнес Букс, 2007. 288 с.
6. Обґрунтування господарських рішень та оцінювання ризиків: навч. посіб. / Л.І. Донець, О.В. Шепеленко, С.М. Баранцева [та ін.] / за ред. Л.І. Донець, Київ, 2012. 472 с.
7. Івченко І.Ю. Моделювання економічних ризиків та ризикових ситуацій. Київ, 2007. 342 с.
8. Писарук Н.Н. Введение в теорию игр. Минск, 2015. 256 с.
9. Писаренко О.А., Пирожок И.В. Теория игр в экономики на примере конкурентной борьбы производителей // Научное сообщество студентов XXI столетия. Экономические науки: сб. ст. по мат. LVII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 9 (57). URL: [https://sibac.info/archive/economu/9\(57\).pdf](https://sibac.info/archive/economu/9(57).pdf) (дата обращения: 26.01.2019)
10. Лабскер Л.Г. Обобщенный критерий пессимизма-оптимизма Гурвица // Финансовая математика. Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2001, с. 401–414.

1. Sokolovska, Z.M., Andrienko, V.M., Ivchenko, I.Yu. et al. (2016). *Matematychnе ta kompiutерne modeliuвання економичных protsesiv [Mathematical and computer modeling of economic processes]*. Z. M. Sokolovska (Ed.). Odessa: Astroprint [in Ukrainian].
2. Wentzel, E.S. (1964). *Elementyi dinamicheskogo programmirovaniya [Elements of dynamic programming]*. M.: Nauka [in Russian].
3. Ivchenko, I.Yu., Ivchenko, A.A., & Chugunov, O.I. (2015). *Ekonomicheskoe modelirovanie kak instrument upravleniya IT-predpriyatiem [Economic modeling as a tool for managing an IT enterprise]*. *Economic Cybernetics: Theory, Practice, and Directions of Development. Mizhnarodna naukovopraktychna konferentsiia (29–30 zhovtnia 2015 roku) – International scientific and practical conference (pp. 15)*. Odessa [in Ukrainian].
4. Ivchenko, I.Yu., & Budoratska, T.D. (2018). *Rozrobka modeli rozpodilu IT-proektiv na pidpriemstvakh haluzi informatsiinykh tekhnolohii [Development of the model of distribution of IT projects at the enterprises of the field of information technologies]*. *Marketing i tsyfrovi tekhnolohii – Marketing and digital technologies, 3 (vol. 2)*, 62–76 [in Ukrainian].
5. Bravar, Zh.L., & Morhan, R. (2007). *Effektivnyi autsorsing: ponimanie, planirovanie i ispolzovanie uspeshnykh autsorsingovykh otnosheniy [Efficient Outsourcing: Understanding, Planning and Using successful outsourcing relationships]*. Dnepropetrovsk: Balans Biznes [in Russian].
6. Donets, L.I., Shepelenko, O.V., Barantseva, S.M. et al. (2012). *Obgruntuvannya hospodarskykh rishen ta otsiniuvannya ryzykiv [Justification of business decisions and risk assessment]*. L.I. Donets (Ed.). Kyiv [in Ukrainian].

7. Ivchenko, I.Yu. (2007). *Modeliuvannia ekonomichnykh ryzykiv ta ryzykovykh sytuatsii [Modeling of Economic Risks and Risk Situations]*. K.: TSUL [in Ukrainian].
8. Pisaruk, N.N. (2015). *Vvedenie v teoriyu igr [Introduction to Game Theory]*. Minsk: BSU [in Russian].
9. Pisarenko, O.A., Pirozhok, I.V. *Teoriya igr v ekonomiki na primere konkurentnoy borbyi proizvoditeley [The theory of games in economics on the example of manufacturers' competition]*. Scientific community of students of the XXI century. Economic sciences: *Mezhdunarodnaya studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya LVII – International Student Scientific and Practical Conference*. Retrieved from: [https://sibac.info/archive/economy/9\(57\).pdf](https://sibac.info/archive/economy/9(57).pdf) [in Russian].
10. Labsker, L.G. (2001). *Obobshchennyiy kriteriy pessimizma-optimizma Gurvitsa [Generalized criterion for Hurwitz's pessimism-optimism]*. *Finansovaya matematika – Financial Mathematics*. M.: MSU. M.V. Lomonosov [in Russian].

Ivchenko I., PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor, Department of economical cybernetics and information technology, Odessa National Polytechnic University (Odessa, Ukraine).

Modeling ignition situations for obtaining outlook solutions in it-company in conditions of personality and perspectives.

The aim of the article. The task developed in this study is related to the optimization of management decisions in the IT company in terms of uncertainty and risk. One of the main management tasks that have a significant impact on profit is making decisions about choosing the optimal behavior strategy from existing alternatives to maximize profits or minimize costs. Development of the method of optimizing the IT company's activity by developing and implementing an economic-mathematical model of optimal choice of enterprise development strategies when managing information in projects under uncertainty.

The results of the analyses. Modern economic conditions are becoming the challenge for any IT company to make the best decision to improve its business performance. In connection with this, there is a need to improve management processes. Mathematical modeling allows you to make optimal, balanced management decisions that can increase company profits. The development of economic and mathematical models for making managerial decisions using optimality criteria is a promising direction that can be successfully applied in IT companies. The article considers the possibilities of using mathematical models in the management of IT-enterprises, describes the process of modeling the economic activity of the enterprise, analyzes the stages of constructing a model theory of games for making managerial decisions in the IT company.

Conclusions and perspectives for further research. *The scientific novelty of the study is to develop a multi-criteria game economic and mathematical model that belongs to the class of the theory of statistical games. The model can be used to automate, accelerate, improve, and improve the performance of IT companies, as well as to minimize the risks involved in decision making by the IT project manager in terms of uncertainty and risk. Optimal management of decision-making processes leads to improved IT business performance, increased efficiency of individual processes and enterprise as a whole. The article shows the stages of finding the optimal solution and analyzes the results of the model implementation on the example of the IT company.*

Keywords: information technology, optimization, modeling, marketing, management, IT-project, mathematical model.

Надійшло до редакції 29 січня 2019.