

DOI: 10.32347/2412-9933.2021.47.32-40

УДК 005.8:519.876.5

**Морозов Віктор Володимирович**

Кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій управління,  
*orcid.org/0000-0001-7946-0832*

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ

**Мезенцева Ольга Олексіївна**

Кандидат економічних наук, доцент кафедри технологій управління, *orcid.org/0000-0001-7946-0832*

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ

**Проскурін Максим Вадимович**

Аспірант кафедри технологій управління, *orcid.org/0000-0002-6601-3133*

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ

**МОДЕЛІ РОЗВИТКУ СТАРТАП ПРОЄКТІВ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ІГОР**

*Анотація.* Розглянуто результати досліджень, пов'язаних з вирішенням проблем розвитку стартап проєктів у сфері інформаційних технологій. Проведені дослідження свідчать, що, як правило, такі підприємства функціонують у сфері надання ІТ-послуг і при цьому використовують модель бізнесу SaaS. Працюючи в ринкових умовах, такі підприємства пропонують послуги використання розроблених ними ІТ-продуктів, формуючи пул лояльних клієнтів. Такі клієнти за рахунок підписок формують грошові потоки для підтримки проєктів розвитку продуктів стартапів. Розглянуто умови та особливості взаємодії трьох груп ключових зацікавлених сторін (власників, користувачів (клієнтів) та розробників). Для дослідження та аналізу взаємного впливу цих взаємодій запропоновано підхід на основі використання теорії ігор для трьох зацікавлених сторін. Це допомогло гнучко визначити стратегії взаємодії на основі цінової політики, обсягу та вартості подальшої розробки програмного забезпечення для ІТ-продуктів та вимог лояльних клієнтів. Виявлені структурні компоненти та взаємозв'язки між ними лягли в основу запропонованої концептуальної моделі «зростаючий конус» для проєктів зі створення та розвитку складних ІТ-продуктів. Використовуючи побудовані математичні описи трьох ключових зацікавлених сторін, розроблена модель їх взаємодії та взаємовпливу на основі ігрових ситуацій. Формуючи свої стратегії дій і впливів для власного виграву, вони мають враховувати дії двох інших зацікавлених сторін. Проведено аналіз результатів дослідження і виявлено типові стратегії взаємодії розглянутих зацікавлених сторін. Для моделювання і тестування запропонованих моделей використовувався евристичний алгоритм з функцією оптимізації. Для формування програмних кодів використовувався функціонал бібліотек Python. Проведено аналіз і зроблено висновки про ефективність запропонованого підходу.

**Ключові слова:** управління ІТ-проєктами; інформаційна взаємодія; інформаційні технології; стартап проєкти; теорія ігор; прийняття рішень; моделі; моделювання

**Вступ**

Сучасний досвід розроблення та впровадження ІТ систем пов'язаний з численними розробками у вигляді інноваційних стартап проєктів. Кількість таких проєктів неухильно зростає в усьому світі. Зазвичай такі стартапи оформляються у вигляді малих підприємств, які створюють сприятливі умови для розвитку інновацій. Дійсно, концепція стартапу потребує створення нового комерційного підприємства, яке має динамічно розвиватися і діяльність якого спрямована передусім на задоволення потреб ринку шляхом розроблення бізнес-моделі, заснованої на інноваційній ідеї [1]. Проєкти стартапів дуже ризиковані, їхня здатність до виживання дуже низька. Недавнє дослідження Small

Biz Trends [2] показало, що 90% нових стартапів зазнають невдачі, а фахівці компанії «CB Insights» розробили діаграму двадцяти причин, що призводять до припинення діяльності стартапів [3].

Згідно з дослідженням американського банку [4], 82% підприємств, які зазнали невдачі, назвали проблеми з грошовими потоками як одного з факторів своєї невдачі. Середньостатистичний малий бізнес має достатньо грошових потоків, щоб покрити 3–4 тижні витрат, і багато хто з них бореться з простроченими рахунками – деякі з них перевищують 30 днів [5].

З огляду на ці цифри, трохи більше половини всіх стартапів фактично доживають до четвертого року, в той час як відсоток невдач стартапів за чотири роки становить близько 44%.

---

Компанії з бізнес-моделлю SaaS (Software as a Service) [6] і B2B (Business to Business) [7] мають проблеми з тривалими циклами продажів ІТ-продуктів, оскільки рішення клієнта є колективним і залежить від багатьох факторів.

Отже, якість обслуговування клієнтів не може бути індивідуальним показником. Крім того, B2B-клієнтський досвід характеризується численними взаємодіями з компанією і включає в себе широке коло контактних осіб.

Практичною цінністю цього загального принципу є модель підписки з періодичними тарифними платежами (доходом). На відміну від клієнтів ліцензійного програмного забезпечення, клієнти SaaS легко входять у свої відносини з постачальниками SaaS послуг через безліч повторних покупок. Кожен новий клієнт SaaS приносить новий потік повторюваних доходів, який влітається в більш широкий гобелен клієнтів для створення загального потоку повторюваних доходів компанії SaaS.

Для моделювання відносин власника стартапу проекту, розробників і клієнтів можна використовувати теорію ігор [8]. Її використання обґрунтовано характером взаємовідносин цих зацікавлених сторін. При цьому сама ж теорія ігор представляється як математичний метод пошуку і впровадження оптимальних рішень, політики поведінки в ситуаціях, схожих з «ігровими ситуаціями». Як гра розуміється процес конкурентної боротьби двох і більше сторін за реалізацію своїх інтересів і отримання прибутку. Кожен із гравців має чітко визначену мету («перемога в грі» – цільова функція) і користується набором стабільних, варіативних і нестабільних властивих їм даних і ланцюжків даних, які можуть визначати шлях до перемоги або програшу в грі, який своєю чергою залежить від поведінки (даних) інших гравців. Теорія ігор здатна допомогти нам у вибудовуванні ефективної стратегії і тактики в управлінні процесами розвитку таких проектів, дозволяючи вибрати кращі стратегії розвитку ІТ-продуктів з урахуванням уявлень про інших гравців-учасників, їхні ресурсні можливості, їхній потенціал і можливі дії з урахуванням існуючих ризиків.

Однак при цьому слід враховувати фактор рівноважного розвитку, який є дуже важливим при роботі в ринкових умовах, зокрема в ІТ-проектах. Учасникам вигідно зберігати цю рівновагу, тому що будь-яка зміна погіршить їхнє становище. Це яскраво зазначається у роботах Дж. Неша [9; 10], які зробили серйозний внесок в розвиток теорії ігор, де були запропоновані абсолютно нові математичні інструменти моделювання. Роботи Дж. Неша доводять, що підхід до конкуренції, запропонований А. Смітом, коли кожен переслідує виключно свої

інтереси (діє сам за себе), не є найкращим. Були запропоновані більш оптимальні стратегії, коли кожен намагається зробити краще для себе, враховуючи інтереси інших.

Авторами запропонована гіпотеза про те, що в процесі виконання проектів розвитку зацікавлені сторони (гравці) поведуться таким чином, який дає змогу досягти максимуму сумарної цінності (модель поведінки). Але на практиці реальна поведінка часто не відповідає цій передумові з причин ірраціональності, елементів «подвійного посилення» в системі управління, моделювання обговорення, інших ірраціональних мотивів гравців (включаючи альтруїзм). У нашому випадку теорія ігор може використовуватися як розумна ідеальна модель за аналогією з тими ж моделями у фізиці.

Отже, актуальним є створення ефективної ігрової моделі для аналізу взаємодії зацікавлених сторін з точки зору визначення стратегічних напрямів розвитку певного ІТ-продукту. Це допоможе побудувати зміст проекту розвитку стартапу, зробити моделювання та отримати наступні набори даних для аналізу і прийняття відповідних рішень щодо розвитку ІТ-продукту таких проектів. При цьому стартапи будуть забезпечені сильною конкурентною перевагою, що буде запорукою бізнес-успіху. Отже, це допоможе скоротити цикл лояльності клієнтів [11] і забезпечить продукту проекту задану або навіть більшу ефективність.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Питання використання проектного підходу до розробки стартап проектів і ефективного використання продуктів цих проектів при створенні сучасних ІТ розглядалися в роботах [3; 12–17]. Так, в роботі [3] наводиться опис методології Lean Startup, заснованої на використанні гнучкого підходу до проектної та інноваційної діяльності всередині проектів. Тут запропоновані методи бережливого виробництва ІТ-продуктів і ефективної розробки продуктів проектної діяльності, проте методи просування і розвитку таких продуктів не наводяться.

У роботі [12] визначено основні технологічні процеси ефективного управління середніми і великими за масштабами проектами, при цьому далеко не всі процеси необхідні для управління стартап проектами. У [13; 14] розглядаються моделі і методи проактивного (попереджувального) управління продуктами складних ІТ-проектів. Однак взаємодія клієнтів з ІТ-продуктів не відстежується і визначення напрямів розвитку продуктів з метою збільшення лояльності клієнтів не вказується.

У [15] запропоновано нові моделі управління інноваціями в проєктах на основі конвергенції, об'єднання різних методологій. В [16] розглядаються питання побудови ефективних проєктних команд, що може істотно впливати на просування ІТ-продукту серед передплатників, однак які методи можна використовувати для обліку взаємодій власника продукту, клієнтів і розробників не вказано. Такий підхід може бути використаний у подальшому для розвитку стартап проєктів, проте оцінка привабливості споживчої цінності з боку клієнтів до продуктів таких проєктів практично не проводиться.

Розглядаючи процеси розвитку продуктів ІТ-проєктів, необхідно розглядати напрями розвитку самих компаній з SaaS [17] і B2B [18] бізнес-моделями, які і представляють такі стартапи. Як вже зазначалося вище, до таких бізнес моделей для ефективного обліку взаємодій найкраще підходять моделі і методи теорії ігор. Цим питанням присвячені основні наукові роботи [19 – 24]. Як наголошується в цих роботах, такий розвиток має ґрунтуватися на нових інструментах, що дають змогу оцінювати продуктивність (цінність) взаємодії клієнтів з ІТ-продуктом і в якості зворотного зв'язку такі інструменти допомагають визначити основні напрями подальшого вдосконалення інноваційних ІТ-продуктів. Тут можна використовувати моделі подорожі клієнтів, які добре себе зарекомендували, однак як аналітично обробляти досить значні дані по численних метриках не вказується.

Аналіз розглянутих інформаційних джерел [1 – 30] дає змогу зробити висновок, що для управління розвитком комерційних продуктів ІТ-проєктів дійсно відсутні інтегровані моделі і методи, що допомагають з найменшими витратами реагувати на різноманітні взаємодії різних класів клієнтів і визначати на основі аналізу таких взаємодій напрями подальшого вдосконалення і розвитку таких продуктів з метою підвищення економічної ефективності.

Це істотно скорочує можливості для ефективного управління розвитком стартап проєктів. Отже, можливості проактивного управління розвитком інноваційних ІТ-продуктів на основі методів теорії ігор, які б допомогли враховувати динамічну взаємодію і впливати на процеси розвитку продукту і подальшого управління стартап проєктом, вивчені недостатньо.

### Мета дослідження

Метою пропонованої роботи є обґрунтування та розроблення моделей оцінки динамічної взаємодії трьох основних видів зацікавлених сторін. Оцінювання такої взаємодії буде проводитися з використанням методу на основі теорії ігор. Результати оцінки будуть використані для складання

стратегії поліпшення ІТ-продукту стартап проєкту з максимальною ефективністю. Це дасть можливість підвищити якість управління розвитком таких проєктів і допоможе підвищити комерційну ефективність і час використання ІТ-продуктів стартап проєктів.

Для досягнення поставлених цілей були визначені такі завдання:

- ідентифікувати основні зацікавлені сторони, складові елементної основи процесів управління розвитком комерційних продуктів ІТ-проєктів;
- побудувати концептуальну модель ігрового взаємовпливу зацікавлених сторін на основі інформаційної взаємодії;
- провести формальний опис елементів і побудувати математичну модель процесу взаємодії ключових зацікавлених сторін і дослідити отриману модель;
- провести моделювання і дослідити отримані результати, провести їх аналіз та визначити основні висновки.

### Виклад основного матеріалу

Як вже було наведено вище, одним із ефективних інструментів оцінки якості взаємодії споживачів, власника і розробників з ІТ-продуктом і між собою є теорія ігор. При цьому можуть бути використані інструменти візуалізації такої взаємодії споживача з продуктом або послугою. Створення таких моделей одночасно є процесом аналізу і методом генерації ідей щодо вдосконалення продукту або послуги.

Відзначимо характерні умови для моделювання гри, як математичної моделі, яка надає опис вибраного підходу:

- наявність двох і більше гравців-учасників;
- невизначеність поведінки учасників, наявність у кожного з них кількох наборів даних і варіантів дій;
- відмінність (часткова або абсолютна розбіжність) інтересів учасників;
- взаємопов'язаність стратегій діяльності учасників, оскільки результат, який отримує кожен з учасників залежить від поведінки всіх разом.

При цьому концептуальна модель взаємодії зацікавлених учасників проєктів розвитку ІТ-стартапів може виглядати, як показано на рис. 1.

Як видно з рис. 1, для проведення досліджень відібрані три ключові зацікавлені сторони, вони взаємодіють в часі і, не дивлячись на відмінність інтересів, мають знаходити точки компромісів з метою спільного розвитку ІТ-продукту. При цьому цінність самого продукту з часом зростає (коло в середині), оскільки його зміст має доповнюватися новим функціоналом. Такий додатковий функціонал визначається за результатами ігрового моделювання трьох зацікавлених сторін.

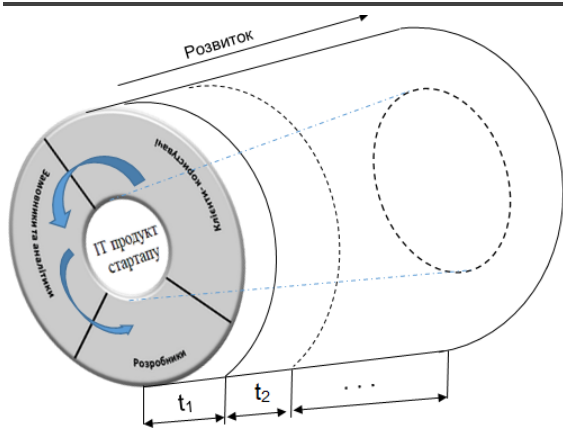


Рисунок 1 – Концептуальна модель «зростаючий конус» для відображення взаємодії зацікавлених сторін у розвитку ІТ-стартапів

Розглядаючи стартап-проекти в діяльності розробки ПЗ за моделлю SaaS, багато підприємців в ІТ галузі часто стикаються з проблемою високого ризику провалу через значні витрати на початковому етапі (що тягне за собою збитки в перші роки роботи компанії).

«Програмне забезпечення як послуга» значно перевершує бізнес продажів ліцензій на ПЗ, але по суті є зовсім іншою моделлю, зі своїми перевагами і недоліками, яка адаптується під кожну конкретну послугу. Сама суть з точки зору грошових потоків полягає в тому, що залучення нових клієнтів вимагає значних разових витрат до і під час запуску бізнесу, які поступово повертаються протягом тривалого періоду часу.

Чим швидше намагається рости компанія, тим вище її збитки, точка беззбитковості цього бізнесу відкладається тим далі, чим більше витрачено на старті.

На наш погляд, цю проблему можна вирішити кількома способами, враховуючи саме якість послуги девелопера, можливість її повної автоматизації, коригування моделі надання послуги тощо. У своїй роботі ми візьмемо для прикладу бізнес-модель SaaS зі слабким контактом у сфері логістичного B2B. Це обумовлено такими аспектами:

- немає постійної особистої взаємодії з представниками компанії-розробника;
- основні канали збуту – вебсайт ПЗ, email-маркетинг, пряма реклама і безкоштовна пробна версія, яку прагнуть розробити так, щоб її можна було дуже легко і швидко почати використовувати у продажах підписок, які можуть здійснюватися через щомісячні передплати з діапазоном цін 20–500 умовних одиниць у місяць для B2B-сегменту.

Завдяки ретроспективному аналізу позитивного досвіду компаній Basecamp [29] (основні продукти: Ruby on Rails, Basecamp, Ta-Da List і CRM-система Highrise) і Atlassian [30] (основні продукти: JIRA, Trello, Confluence) дійшли висновку, що коригування моделі SaaS відбувається виходячи з потреб не тільки

клієнтів, але і основних учасників цього бізнесу: розробників і власників у тому числі. У ході коректування кожен із них виносить свої пропозиції і обмеження, намагаючись знайти вихід – найбільш зручну і вигідну стратегію для всіх. Це і викликає коригування навіть і самої моделі функціонування компанії. У разі, якщо зручність (вигода) буде тільки на боці клієнта, така модель швидко виходить в збиток, також незадоволені запити з боку розробників не дадуть автоматизувати і покращувати ПЗ, як цього вимагає такий бізнес, масштабувати його тощо.

Такі умови і вимоги до вирішення проблеми цього бізнесу можна змодельовати як кооперативну гру з ненульовою сумою у сфері теорії ігор з подальшою її автоматизацією для зручності прийняття рішень при управлінні стартап проектами у сфері SaaS. Інакше кажучи, як оптимально вибудувати таку стратегію поведінки на ринку, щоб якомога швидше досягти точки беззбитковості, зробивши її основою при прийнятті управлінських рішень.

### Побудова моделей взаємодії зацікавлених сторін

Основним в теорії кооперативних ігор є поняття переговорної множини, оскільки саме на цій множині йдуть торги про спільну стратегію гравців. Отже, на переговорній множині може бути узгоджена конкурентна взаємодія компаній і визначені відповідні коефіцієнти впливу на показники підприємства (вагомості). Для бізнесу у сфері SaaS ми маємо трьох гравців: розробники ПЗ, клієнти і власники бізнесу (підприємці).

Один гравець визначається як базовий, а решта два підкоряються переговорній стратегії. У кожного з гравців своя функція оптимізації, серед яких і будуються переговори. Розглянемо умови і вимоги цих гравців.

А). Клієнтам SaaS подобається за те, що вони задовольняють свої потреби і в необхідному обсязі. На відміну від ліцензійного ПЗ клієнти не витрачають кошти через збої обладнання, помилки експлуатації та кібер атаки. Ефективність SaaS-компанії для клієнта істотно перевищує показник, якого в своїй більшості досягають ІТ-підрозділи компаній. Крім того, використання SaaS зазвичай за ціною є менш витратним, ніж використання ПЗ і товарів за іншими моделями сплати послуг. Тому основний фокус для клієнтів при будь-якому подальшому масштабуванні взаємодії – це зниження власних витрат при користуванні послугами. До зниження витрат належить в даному випадку зниження щомісячного платежу за підписку, таким чином MRR (Monthly Recurring Revenue), що для власника враховуються витрати на оновлення ПЗ, зниження податкових виплат, за користування дорогами і автомобілями при транспортуванні (екологічний податок) тощо. Для розробника це

своєю чергою означає постійне вдосконалення алгоритму маршрутизації (наприклад, завдання мінімізації прокладених для перевезень маршрутів). Цільове завдання **для клієнта** можна узагальнити так:

$$(MRR, T_{ec}, UP_s) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $MRR$  – щомісячні виплати клієнта за підписку;  $T_{ec}$  – витрати на податок на витрати на доопрацювання продукту і внесення змін;  $UP_s$  – витрати на оновлення базового програмного забезпечення (підвищення ціни).

Б). Власники і інвестори SaaS (сторона замовника) віддають перевагу саме цій моделі за те, що виручка від SaaS зазвичай надходить регулярно і легко передбачувана. Завдяки цьому грошові потоки в SaaS-компаніях набагато легше прогнозувати. З цієї причини SaaS-компанії вважаються одними з найбільш швидкозростаючих – розробників ПЗ в ІТ історії.

Зв'язок між SaaS CLV (Customer Lifetime Value) і оцінкою компанії SaaS природним чином виникає з моделі підписки SaaS-клієнтів на користування продуктом, де дохід компанії визначається як сума окремих потоків доходів від клієнтів.

Фінансово прийнятним методом оцінки вартості компанії при цьому є розрахунок накопиченою сумою вартостей її майбутніх грошових потоків, або чистої наведеної вартості:

$$NP_{SaaS} = CLV \times K_{LTV}, \quad (2)$$

де  $CLV$  – середнє значення терміну взаємодії клієнта SaaS з ІТ-продуктом;  $K_{LTV}$  – аналогічна міра для кількості клієнтів зі значенням терміну користування, що являє собою прогнозовану кількість нових клієнтів, придбаних власником компанії SaaS протягом її терміну роботи даної версії ІТ-продукту.

У результаті отримуємо такий вираз для врахування інтересів власників ІТ-бізнесу:

$$K_{LTV} = \frac{K_1}{(1+i)} + \frac{K_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{K_n}{(1+i)^n}, \quad (3)$$

де  $K_{LTV}$  – це поточна вартість всіх нових клієнтів, які компанія коли-небудь придбає зі знижкою на те, скільки часу буде потрібно для їх придбання;  $K_n$  – це кількість нових клієнтів, придбаних протягом періоду  $n$ .

Наведена вище формула повністю охоплює три критичних питання, що задаються для визначення VCs SaaS: Яка цінність для клієнта (CLV)? Наскільки великий цей ринок ( $K_n$ )? Як швидко ви можете дістатися туди ( $K_{LTV}$ )?

Розглянемо узагальнену метрику, яка описує середнього клієнта SaaS так:

$$CLV = LARR_{LTV} - LACS_{LTV} - LCAC, \quad (4)$$

$$CLV = \frac{(ARR_1 - ACS_1)}{(1+i)} + \frac{(ARR_2 - ACS_2)}{(1+i)^2} + \dots + \frac{(ARR_n - ACS_n)}{(1+i)^n} - CAC, \quad (5)$$

де  $LARR_{LTV}$  – середня довічна періодична виручка на одного клієнта;  $LACS_{LTV}$  – середня довічна періодична вартість обслуговування на одного клієнта;  $LCAC$  – середня вартість придбання клієнта;  $ARR_n$  та  $ACS_n$  – це середня клієнтська періодична виручка або вартість послуги за період  $n$ ;  $CLV$  – вартість клієнта для бізнесу за весь період їх взаємодії;  $CAC$  – вартість залучення клієнта;  $i$  – вартість капіталу, яка для VC фінансування стартапів становить 30%.

У неперервній моделі чиста вартість періодичних доходів компанії (NP) за моделлю SaaS буде визначається формулою:

$$NP_{SaaS} = TRR_{LTV} = \int (TRR(t) \times e^{-it}) dt \rightarrow \max, \quad (6)$$

де  $TRR_{LTV}$  – загальний регулярний дохід;  $t$  – тривалість життєвого циклу проекту;  $i$  – вартість капіталу.

Якщо компанія SaaS швидко зростає, зростаючі витрати на придбання можуть випереджати накопичення від вкладів, що повторюються. Це своєю чергою унеможливіло прибутковість (рис. 2) [30].

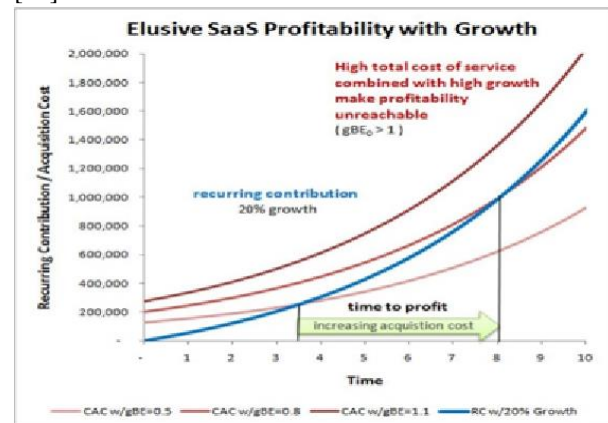


Рисунок 2 – Приклади сценаріїв розвитку SaaS-компаній з витратами на залучення нових клієнтів, що оплачуються за рахунок поточних клієнтів [30]

Як зазначено вище щодо прибутковості SaaS-моделі бізнесу у сфері ІТ, час отримання прибутку настає тоді, коли норма прибутку дорівнює нулю:

$$[LARR - LACS] \times C(T_{profit}) - CAC \times \square C_{new}(t_{profit}) = 0, \quad (7)$$

де  $C(T_{profit})$  – вартість залучення прибуткових клієнтів;  $\square C_{new}(t_{profit})$  – збільшення / зменшення витрат по залученню прибуткових клієнтів.

В). Розробникам така SaaS-модель зручна як найбільш прийнятний спосіб оплати. Тому їх інтереси спрямовані на збільшення витрат власника на виконання замовлених робіт і зменшення трудовитрат, не пов'язаних з витратами на автоматизацію. І функція ця цілком протилежна потребам клієнтів. Таким чином розробники, вступаючи у взаємодію у вигляді кооперативної гри, є конкурентами і супротивниками клієнтів за кожним критерієм:

$$(MRR, T_{ec}, UP_s) \rightarrow \max. \quad (8)$$

Загалом обмежувальні функції для кооперативної гри з боку власників або інвесторів SaaS будуть виглядати так:

$$\begin{cases} NPV_{SaaS} = TRR_{LTV} = \int TRR(t) \times e^{-it} dt \rightarrow \max, \\ ([ARR - ACS] \times C(T_{profit}) - CAC \times \\ \Delta C_{new}(T_{profit})) \rightarrow \min, \\ ARR_{LTV} = (MRR, T_{ec}, UPS) \rightarrow \max, \end{cases} \quad (9)$$

### Результати експериментальних досліджень

Після введення даних обов'язково є перевірка даних на кореляцію, оскільки при кореляції даних результуюча оцінка нівелюється. Критичне значення кореляції по масивах даних – 0,8. Це значення є максимально допустимим при розрахунках у даному математичному пакеті, оскільки при більшому значенні між змінними встановлюється функціональний зв'язок (мультиколінеарність). Дані при дослідженні кореляції вводяться в матрицю з обмеженням кількості елементів до 600. Тому деякі матриці розбиваються на підматриці і кореляційні зв'язки досліджуються на розбитті великих матриць. Кореляція між заданими показниками розраховується за формулою:

$$\rho(k_i, k'_1) = \frac{\text{cov}(k_i, k'_{i+1})}{\varphi_x \times \varphi_{x+1}}. \quad (10)$$

Дослідження на відповідність критичної  $gr^{суб.оц}$  кореляції здійснюється за допомогою матриці такого вигляду:

$$gr^{суб.оц} = \begin{bmatrix} \rho(k_1, k'_1) & \cdots & \rho(k_1, k'_m) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho(k_n, k'_1) & \cdots & \rho(k_n, k'_m) \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Для визначення коефіцієнта вагомості для кожного показника в матричному вигляді вводяться необхідні статистичні дані (12).

Для того щоб визначити долю значущості, яку займає той чи інший показник в суб'єктній оцінці, слід визначити множинну регресію цього масиву даних:

$$Xp_i = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \varphi_n & \cdots & \varphi_n k_m \end{bmatrix}.$$

Передусім перевіряємо значення оптимізаційних функцій на кореляцію. Значення кореляції в основному показує нам, наскільки сильно корельовані дві змінні (списки). Важливо відзначити, що значення коефіцієнта кореляції варіюється від -1 до 1. Значення від 0 до 1 означає позитивну кореляцію. Значення 0 = сама варіація (без кореляції). Значення від -1 до 0 означає негативну кореляцію.

Переходячи до моделювання при даній кількості змінних, можна скористатися допомогою пакету бібліотек Python *pandas.DataFrame.corr*:

```
import pandas as pd a = [[1, 2, 3], [5, 6, 9], [5, 6, 11], [5, 6, 13], [5, 3, 13]] df = pd.DataFrame(data=a) df.corr()
```

Або в разі збільшення кількості змінних за допомогою бібліотеки *numpy* (рис. 3).

```
1 def corr(data1, data2): "data1 & data2 should be numpy arrays."
2   mean1 = data1.mean() mean2 = data2.mean() std1 = data1.std()
3   std2 = data2.std() # corr = ((data1-mean1)*(data2-mean2)).mean() / (std1*std2)
4   corr = ((data1*data2).mean() - mean1*mean2) / (std1*std2) return corr
5
6 def corr(data1, data2): "data1 & data2 should be numpy arrays."
7   mean1 = data1.mean() mean2 = data2.mean() std1 = data1.std()
8   std2 = data2.std() # corr = ((data1-mean1)*(data2-mean2)).mean() / (std1*std2)
9   corr = ((data1*data2).mean() - mean1*mean2) / (std1*std2) return corr
```

Рисунок 3 – Приклад програмного коду для підключення до бібліотек

Співвідношення виду  $\max(K_1, K_2, K_3)$  при заданих  $(a_i, \delta_i)$ , згідно і, дають змогу побудувати переговорну множину з деякою базовою компанією. При цьому коефіцієнти впливу її показників поширюються на інші компанії, як домовленість у конкурентних відносинах.

Використання методу побудови переговорних множин для оцінки конкурентної позиції підприємства запропоновано вперше.

При побудові переговорної множини одне з підприємств приймається як базовий конкурент, а множина його показників – як базовий об'єкт множини. Базовим гравцем вибирається той, у якого значення параметра цінності набуває найбільшого значення щодо інших, тому що відповідно до характеру цієї залежності, вона найбільш чітко відображає переговорний процес. У нашому випадку за базового гравця візьмемо власника (або інвестора), згідно (8).

Як ми бачимо на рис. 5, автоматично будується тривимірний графік, який відображає простір набору переговорів як комбінацію точок, які відображають характеристики параметрів чутливості кожної із цільових функцій гравців (9), щодо яких ведуться переговори  $\rho(f(x))$  і утримуються.

Відповідно до цього будується набір переговорів. Для цього нам потрібно використовувати код (рис. 4).

```

1 import numpy as np
2 from numpy import sin, cos, pi
3 from skimage import measure
4 import matplotlib.pyplot as plt
5 from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
6 def fun(x, y, z):
7     return cos(x) + cos(y) + cos(z)
8 x, y, z = pi*np.mgrid[-1:1:31j, -1:1:31j, -1:1:31j]
9 vol = fun(x, y, z)
10 verts, faces = measure.marching_cubes(vol, 0, spacing=(0.1,
11     0.1, 0.1))
12 fig = plt.figure()
13 ax = fig.add_subplot(111, projection='3d')
14 ax.plot_trisurf(verts[:, 0], verts[:, 1], faces, verts[:, 2],
15     cmap='Spectral', lw=1)
16 plt.show()

```

Рисунок 4 – Лістинг програми для моделювання

Створення набору даних переговорів – це відтворення гри з ненульовою сумою. Це означає, що кожен гравець має вигоду від сформованого компромісу. Ці функції мають точки перетину у великій різноманітності варіантів, а оптимальні варіанти виділені червоним кольором. Це також відповідає реальним ринковим умовам, що робить цей підхід актуальним для цього дослідження.

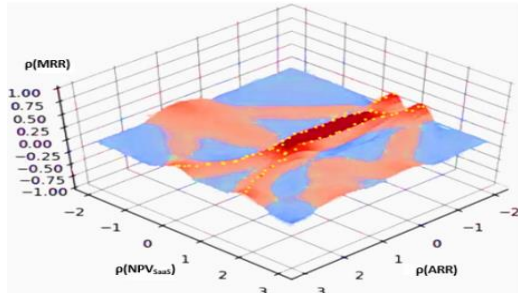


Рисунок 5 – Подання переговорної площини на множині учасників моделі

Дані точки є точками перетину границь, побудованих за (10), якщо взяти попарно дві функції, фіксуючи умовні пари значень  $a$  і  $\delta$ . На осях графіка відкладено значення умовних змінних переговорного процесу від кожного учасника, за якими будуються «переговори». Побудована двовимірний площина становить проєкцію простору на площину значень, які в подальшому використовуються для встановлення формульних залежностей розрахунку коефіцієнтів вагомості інтегральної згортки чинників кожної суб'єктної оцінки.

Отже, ми отримали два можливих сценарії для оптимального результату одночасно для трьох учасників SaaS-бізнесу. Результати моделювання можна представити у вигляді таблиці.

Таблиця – Результати реалізації моделі на даних Startup SaaS-проектів

Показники	Сценарій виграшу 1	Сценарій виграшу 2
MRR, тис. євро	81 (+21)	78 (+18)
Tec, євро	120	138
UP <sub>S</sub> , євро	78	83
LARR <sub>LTV</sub> , євро	781	450
LACS <sub>LTV</sub> , євро	690	453
LCAC, євро	2921	2520

Для досягнення оптимального виграшу компанії слід підвищити загальну кількість підписок і виручку від цього при збереженні вартості оновлення ПЗ.

## Висновки

Запропонований підхід використання теорії ігор для аналізу взаємного впливу трьох зацікавлених сторін (власника, користувача (клієнта) та розробника) допоміг гнучко визначити стратегії взаємодії на основі цінової політики, обсягу та вартості подальшої розробки програмного забезпечення для ІТ-продуктів та вимог лояльних клієнтів.

Отже, розширені функції дали змогу залучити значну кількість одноразових клієнтів, що своєю чергою сприяло розвитку стартапу, його потоку доходів. Виявлені структурні компоненти та взаємозв'язки між ними лягли в основу запропонованої концептуальної моделі «зростаючий конус» для проєктів зі створення та розвитку складних ІТ-продуктів.

Використовуючи побудовані математичні описи трьох ключових зацікавлених сторін, нам вдалося розробити модель їх взаємодії та взаємовпливу на основі ігрових ситуацій. Для опису такої спільної гри була використана спрощена модель компанії. Отже, були використані збалансовані показники зростання вартості учасників гри, які визначають деякі «середні» вартісні показники.

Ми провели експериментальне моделювання для дослідження запропонованих моделей, для чого розробили програмні коди з використанням бібліотек Python. Після введення даних перевірка кореляції була обов'язковою. Критичне значення кореляції за наборами даних становило 0,8 (максимально допустиме для розрахунків у використаному математичному пакеті). У кореляційному дослідженні дані вводяться в матрицю з обмеженням до 600 елементів.

Розглянуті моделі та методи моделювання були використані у процесі прийняття рішень для розробки міжнародного продукту SaaS для оптимізації маршруту. Ці методи допомогли компанії створити продукт, який має цінність для логістичних компаній (просте та ефективне планування, управління та виконання поставок), залучити більше нових клієнтів та зберегти існуючих. Водночас зросли доходи не лише компанії власника стартапу, а й двох інших груп зацікавлених сторін (клієнтів та розробників).

Загалом використаний підхід виявився ефективним і практичним. Автори бачать його розвиток у подальших дослідженнях зі збільшенням цифрового маркетингу, фінансів, досліджень та кількості зацікавлених сторін, наприклад, у галузі розробок тощо.

---

---

## Список літератури

1. Blank, S., Dorf, B. (2018). The step-by-step guide for building a great company hardcover. the startup owner's manual. *Physical Review Letters* 121(25), 253902. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.121.253902> App. of Game Theory for Decisions Making on the Dev. of IT Products.
2. Boringer, J., Grehan, B., Kiewell, D., Lehmitz S., Mose, P. (2019). Four pathways to digital growth that work for b2b companies, <https://www.mckinsey.com/business-functions/marketing-and-sales/our-insights/four-pathways-to-digital-growth-that-work-for-b2b-companies>
3. Campbell, P. (2019). The saas business model: stages, pros and cons, and tools to get ahead, <https://www.profitwell.com/blog/saas-business-model>
4. CB Insights: The top 20 reasons startups fail (2019), <https://www.cbinsights.com/research/startup-failure-reasons-top/>
5. Conforto, E. C., Amaral, D. C. (2010). Evaluating an agile method for planning and controlling innovative projects. *Project Management Journal*, 41(2), 73–80. <https://doi.org/10.1002/pmj.20089>
6. Dermendzhiyska, E. (2019). How Basecamp Built a \$100 Billion Business by Doing Less on Purpose, <https://medium.com/the-mission/how-basecamp-built-a-100-billion-business-by-doing-less-on-purpose-5f978ce6478c>.
7. Edelman, D., Singer, M. (2017). Competing on customer journeys: you have to create new value at every step. *Harvard Business Review*, 93(11), 88–98.
8. Fundera: Small business statistics: 19 essential numbers to know (2020), <https://www.fundera.com/blog/small-business-statistics/>
9. Galvao, T. A. B., Neto, F. M. M, Bonates, M. F., Campos, M. T. (2012). A serious game for supporting training in risk management through project-based learning. *Virtual and Networked Organizations, Emergent Technologies and Tools*, 248, 52–61.
10. Gogunskii, V., Kolesnikova, K., Lukianov, D. (2017). Representation of project systems using the markov chain. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/3(85), 25–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.97883>
11. Harold, W., Kuhn, E., Nasar, S. (2007). The Essential John Nash. Princeton Univ. Press
12. Harsanyi, J. C., Reinhard, S. (2001). A general theory of equilibrium selection in games. *Economica*, 18(5), 63–68. <https://doi.org/10.2307/2554329>
13. Hu, J., Well, M., P. (2010). Multiagent reinforcement learning theoretical framework and an algorithm, <http://ai.eecs.umich.edu/people/wellman/index.html>
14. Jakub, L. (2016). Agile a/b testing: Using stop rules to minimize losses and time wasted <https://goodui.org/blog/agile-ab-testing-using-stop-rules-to-minimize-losses-time-wasted/>
15. Kunail, S., Brown, B. P., Mudambi, S. M. (2019). The untapped potential of b2b advertising: A literature review and future agenda. *Industrial Marketing Management*.
16. Li, H., Karray, F. (2010). A framework for coordinated control of multi-agent systems. *Springer: Innovations in Multi-Agent Systems and Applications*, 310, pp. 43–67. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-14435-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14435-6_3)
17. Loukis, E., Janssen, M., Mintchev, I. (2019). Determinants of software-as-a-service benefits and impact on firm performance. *Decision Support Systems*, 117, 38–47.
18. McDuling, J. (2018). Atlassian: the \$30 billion tech giant nobody understands, <https://www.smh.com.au/business/companies/atlassian-the-30-billion-tech-giant-nobody-understands-20180907-p502dy.html>
19. Morozov V., Kalnichenko O., Mezentseva, O., <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57200184567>
20. Proskurin, M. (2019). Investigation of Forecasting Methods the State of Complex IT-Projects With Using Deep Learning Neural Networks. *Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making*. Proceedings of the XV International Scientific Conference “Intellectual Systems of Decision Making and Problems of Computational Intelligence” (ISDMCI2019), Ukraine, May 21–25, pp. 261–280.
21. Morozov, V., Kalnichenko, O., Mezentseva, O. (2020). The method of interaction modeling on basis of deep learning of neural networks in complex IT-projects. *International Journal of Computing*, 19(1), 88–96.
22. Morozov, V., Kalnichenko, O., Kolomiets, A. (2019). Research of the Impact of Changes Based on Extremal Influences in Complex IT Projects. Proceedings of 2019 IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory, ATIT 2019, pp. 481–487, 9030441
23. Nash, J. (1950). Equalibrium points in n-person games. *Econometrica*, 18(2), 155–162.
24. Nash, J. (1951). Non-cooperative games. *Annals of Mathematics*, 54(2), 286–295.
25. Neumann, J., Morgenstern, O. (2007). Theory of Games and Economic Behavior: 60th Anniversary Commemorative Edition. Princeton Classic Editions.
26. Ries, E. (2011). How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses. In: *Springer Series in Geomechanics and Geoengineering*, 216039, 1284–1291. Springer-Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-7560-5\\_118](https://doi.org/10.1007/978-981-10-7560-5_118).
27. Sherstyuk, O., Olekh, T., Kolesnikova, K. (2016). The research on role differentiation as a method of forming the project team. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/3(80), 63–68. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65681>.



28. Smallbiztrends: Startup statistics – the numbers you need to know. (2020). <https://smallbiztrends.com/2019/03/startup-statistics-small-business.html>
29. Steve, E. (2007). Resolving Requirements Conflicts with Computer-Supported Negotiation. University of Sussex.
30. Tesauro, G. (2010). Extending q-learning to general adaptive multi agent reinforcement learning: Theoretical framework and an algorithm <http://ai.eecs.umich.edu/people/wellman/index.html>
31. U. S. Bureau of Labor Statistics Survival of private sector establishments by openin year. (2020), <https://www.bls.gov/bdm/us age naics 00 table7.txt>

Стаття надійшла до редколегії 07.09.2021

#### **Morozov Victor**

PhD, Professor, Head of the Technologies Management Department, [orcid.org/0000-0001-7946-0832](https://orcid.org/0000-0001-7946-0832)  
Kyiv National Taras Shevchenko University, Kyiv

#### **Mezentseva Olga**

PhD, Associate Professor of the of Technologies Management Department, [orcid.org/0000-0001-7946-0832](https://orcid.org/0000-0001-7946-0832)  
Kyiv National Taras Shevchenko University, Kyiv

#### **Proskurin Maksym**

Postgraduate student of the Technologies Management Department, [orcid.org/0000-0002-6601-3133](https://orcid.org/0000-0002-6601-3133)  
Kyiv National Taras Shevchenko University, Kyiv

### **MODELS OF DEVELOPMENT OF STARTUP PROJECTS BASED ON GAME THEORY**

**Abstract.** The article discusses the results of research related to solving the problems of development of start-up projects in the field of information technology. Studies have shown that, as a rule, such enterprises operate in the field of providing IT services and at the same time use the SaaS business model. Working in market conditions, such enterprises offer services for using the IT products developed by them, forming a pool of loyal customers. Such clients, through subscriptions, generate cash flows to support development projects for start-up products. The conditions and features of interaction of three groups of key stakeholders (owners, users (clients) and developers) are considered. To study and analyze the mutual influence of these interactions, an approach based on the use of game theory for three stakeholders is proposed. This made it possible to flexibly define interaction strategies based on pricing policy, volume and cost of further software development for IT products and the requirements of loyal customers. The identified structural components and the interrelationships between them formed the basis of the proposed conceptual model "growing cone" for projects to create and develop complex IT products. Using the constructed mathematical descriptions of the three key stakeholders, a model of their interaction and mutual influence was developed based on game situations. In shaping their strategies of actions and influences for their own benefit, they must take into account the actions of two other stakeholders. The analysis of the research results was carried out and typical strategies of interactions of the considered stakeholders were identified. To simulate and test the proposed models, a heuristic algorithm with an optimization function was used. To generate program codes, the functionality of the Python libraries was used. An analysis is carried out and conclusions are drawn about the effectiveness of the proposed approach.

**Keywords:** IT project management; information interaction; Information Technology; startup projects; game theory; making decisions; models; modeling

#### **Посилання на публікацію**

- APA Morozov, Victor, Mezentseva, Olga & Proskurin, Maksym. (2021). Models of development of startup projects based on game theory. *Management of Development of Complex Systems*, 47, 32–40, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.32-40](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.32-40).
- ДСТУ Морозов В. В., Мезенцева О. О., Проскурін М. В. Моделі розвитку стартап проєктів на основі теорії ігор. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2021. № 47. С. 32 – 40, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.32-40](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.32-40).