

УДК 519.83:330.322

DOI: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2018-4-27>

Нікіфорова Л.О.

кандидат економічних наук,
доцент кафедри економіки підприємства
та виробничого менеджменту
Вінницького національного технічного університету

Дун Сіньїн

аспірант кафедри фінансів
та інноваційного менеджменту,
Вінницького національного технічного університету

ТЕОРЕТИКО-ІГРОВА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ ФІНАНСОВИХ СТРУКТУР ТА START-UP В МАЛОМУ БІЗНЕСІ

У статті розроблено теоретико-ігрову модель щодо оптимізації взаємодії фінансових комерційних структур та малих підприємств у сфері фінансування стартап-проектів. Виявлено умови, за яких таке фінансування є рівновагою Неша і є вигідним як для комерційних структур, так і для малого бізнесу. Математично доведено, що фінансовій установі буде вигідно фінансувати стартап лише в тому разі, якщо добуток імовірності успішного завершення стартапу на середню величину повернення коштів до фінансової установи після успішного завершення стартапу буде більшим за прибуток, отриманий від надання звичайної кредитної операції, з урахуванням чинника часу. На основі розробленої статичної теоретико-ігрової моделі доведено, що вибір фінансовою установою надання фінансування стартапу за виявленої умови є рівновагою Неша, яка є методом саморегуляції систем будь-якого рівня складності.

Ключові слова: модель, теорія ігор, теоретико-ігрове моделювання, рівновага Неша, стартап, інноваційна діяльність, фінансові структури, малі підприємства.

В статье разработана теоретико-игровая модель оптимизации взаимодействия финансовых коммерческих структур и малых предприятий в сфере финансирования стартап-проектов. Выявлены условия, при которых такое финансирование является равновесием Нэша и выгодно как для коммерческих структур, так и для малого бизнеса. Математически доказано, что финансовому учреждению будет выгодно финансировать стартап только в том случае, если произведение вероятности успешного завершения стартапа на среднюю величину возврата средств в финансовое учреждение после успешного завершения стартапа будет больше прибыли, полученной от

предоставления обычной кредитной операции, с учетом фактора времени. На основе разработанной статической теоретико-игровой модели доказано, что выбор финансовым учреждением предоставления финансирования стартапу с учетом выявленного условия является равновесием Нэша, которое является методом саморегуляции систем любого уровня сложности.

Ключевые слова: модель, теория игр, теоретико-игровое моделирование, равновесие Нэша, стартап, инновационная деятельность, финансовые структуры, малые предприятия.

Recently, the issue of financing start-up projects, especially in small business, is becoming increasingly important. Private entrepreneurs and entrepreneurs-innovators have not so many real ways to fund their projects. Ordinary bank loans are the fastest way to get the necessary funding, but the problem lies in high lending rates on ordinary loans and financial strength of the lender in the form of a high pledge. At the same time, it should be noted that when financing start-up projects funds are provided by various commercial financial institutions, as a rule, not a percentage of the body of the credit, but as a partner of the project on the right to participate in profits. This is due to the fact that the risk of not successful start-up projects is more than 95%, but successful projects are so financially successful that offset not only failing projects but also bring significant financial gains that are not consistent with the initial financial cost. Given this situation, the main problem today is to optimize the interaction of financial structures and start-up in small business. The game-theoretic model as to the optimization of the interaction of financial commercial structures and small enterprises in the sphere of start-up projects financing is developed in the work. The conditions, under which such financing is balanced by the Nash and is beneficial both for commercial structures and for small businesses, are identified. It has been mathematically proved that a financial institution will only benefit from financing start-ups only if the probability product of a successful start-up completion on the average return to the financial institution after the successful completion of the start-up will be greater than the profit received from the provision of an ordinary lending operation taking into account the factor of time. On the basis of the developed static game-theoretic model, it is proved that the choice by a financial institution to provide financing start-up for the revealed condition is Nash equilibrium as a method of self-regulation of systems of any complexity level. The practical application of the developed model will allow financial institutions to quantify their prospects for providing start-up financing based on either their own statistical information or statistics of other similar financial structures, which will significantly improve the decision-making and reduce the risk of financial failure. Also, the use of this model will increase the percentage of financing by commercial start-up projects offered by small businesses, increase the overall profit of both commercial structures and small innovative enterprises, improve the investment climate in the country, and promote the development of innovation sphere of the domestic economy, as well as simulate an increase in the number of small enterprises engaged in the development and implementation of innovative start-ups.

Keywords: model, game theory, game-theoretic modelling, Nash equilibrium, start-up, innovative activity, financial structures, small enterprises.

Постановка проблеми. Останнім часом все більшого значення набувають питання фінансування стартап-проектів, особливо в малому бізнесі. Приватні підприємці та підприємці-новатори мають не так багато реальних шляхів фінансування своїх проектів. Звичайно, є державні програми підтримки інноваційного малого бізнесу, приватні гранти, але участь у них потребує витрат часу та, як правило, надається на конкурсній основі у визначені періоди часу під конкретний інноваційний напрям (екологічний, соціальний, технологічний тощо). До того ж, такі державні чи місцеві програми часто досить обмежені у сумі фінансування [1]. У попередній статті авторів було виділено десять основних джерел фінансування інноваційних підприємств, одним із яких є фінансові комерційні структури у вигляді банків [2]. Банківські кредити є найшвидшим шляхом отримати необхідне фінансування, але проблема полягає у високих кредитних ставках за зви-

чайними кредитами та фінансовій спроможності кредитора у вигляді високої застави. Для молодих підприємців-новаторів, які переважно не мають необхідного фінансового чи матеріального забезпечення необхідного кредиту, такі умови є перешкодою для втілення в життя своїх інноваційних ідей у вигляді стартап-проектів. Комерційні банки, як правило, є досить консервативними щодо умов надання фінансування під стартап-проекти, оскільки є високий ризик щодо їх неповернення [3, 4]. Але, з іншого боку, якщо стартап-проект є успішним, то прибутки від нього перевищують фінансові затрати в десятки, сотні, а інколи і в тисячі разів [5, 6]. Саме це і є причиною, за якої фінансування успішного стартап-проекту є бажаним для фінансових структур. Отже, основною проблемою сьогодні є оптимізація взаємодії фінансових структур та стартапів у малому бізнесі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми взаємодії фінансових структур та

малого бізнесу присвячено багато робіт як вітчизняних, так і зарубіжних науковців, таких як З. Варналій [7], Я. Дропа [8], В. Зянько [2, 3, 9], Т. Щербата [10], Д. Очеретний [11], Б. Фелд і Дж. Мендельсон [12], Дж. Лоівен [13], Р. Уоллес [14] та ін., у яких розкриваються питання створення і функціонування малих інноваційних підприємств та світовий досвід організації малого інноваційного бізнесу, висвітлюються основні шляхи фінансової підтримки малого підприємства України, розглядаються витоки створення найуспішніших стартапів у світі та методи їх фінансового забезпечення, досліджуються основні джерела фінансово-кредитного розвитку малого бізнесу та джерела фінансового забезпечення інноваційної діяльності малого підприємства, аналізуються моделі організації малого інноваційного бізнесу, але питання розроблення кількісної моделі оптимізації взаємодії комерційних фінансових установ та малому бізнесі в розрізі фінансування стартап-проектів залишається розкритим не повністю.

У попередніх роботах авторів [2, 3, 4, 9] були зроблені певні кроки у вирішенні поставленого завдання, але теоретико-ігрової моделі, яка дасть змогу оптимізувати взаємодію фінансових структур та стартапів у малому бізнесі, розроблено не було.

Метою дослідження є розроблення теоретико-ігрової моделі для оптимізації взаємодії фінансових комерційних структур та малих підприємств щодо фінансування стартап-проектів. Виявлення умов, за яких таке фінансування є рівновагою Неша, буде вигідним як для комерційних структур, так і для малого бізнесу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Насамперед слід зазначити, що розроблення теоретико-ігрової моделі оптимізації взаємодії фінансових структур та стартапів у малому бізнесі вимагає чітко визначеної умови, за якої таке фінансування є можливим і вигідним будь-якій фінансовій комерційній структурі. Як приклад, розглянемо умову для кредитування комерційним банком стартап-проекту, який пропонує малий бізнес. Отже, узагальнену умову для комерційного банку, за якої банку буде вигідно фінансувати стартап, можна виразити рівнянням 1:

$$N_+(\overline{V}_c + \overline{\Delta V}) + N_-\overline{V}_c > \overline{V}_c(N_+ + N_-) + \overline{V}_c q \cdot (N_+ + N_-) \cdot \tau, \quad (1)$$

де N_+ – кількість ефективних проектів, шт.;

N_- – кількість невдалих проектів, шт.;

\overline{V}_c – тіло кредиту, гр. од.;

$\overline{\Delta V}$ – середній прибуток від стартапу за вест період існування, гр. од.;

q – річна ставка банку по кредиту, %;

τ – термін надання кредиту, який збігається з терміном існування стартапу, роки.

Економічна інтерпретація нерівності (1) буде такою. Проведемо низку математичних трансформацій над нерівністю (1).

$$N_+\overline{V}_c + N_+\overline{\Delta V} + N_-\overline{V}_c > N_+\overline{V}_c + N_-\overline{V}_c + \overline{V}_c q \cdot (N_+ + N_-) \cdot \tau, \quad (2)$$

$$N_+\overline{\Delta V} > +\overline{V}_c q \cdot (N_+ + N_-) \cdot \tau, \quad (3)$$

$$\frac{N_+}{N_+ + N_-} \cdot \frac{\overline{\Delta V}}{q\overline{V}_c\tau} > 1, \quad (4)$$

Оскільки вираз $\frac{N_+}{N_+ + N_-}$ є позитивною вірогідністю успіху у відносних одиницях, то замінимо його на p :

$$p \cdot \frac{\overline{\Delta V}}{q\overline{V}_c\tau} > 1. \quad (5)$$

Після всіх перетворень отримуємо таку умову:

$$p\overline{\Delta V} > q\overline{V}_c\tau. \quad (6)$$

Отже, нерівність (6) доводить, що фінансовій установі, у нашому прикладі – комерційному банку, буде вигідно видавати кредит на стартап лише в тому разі, якщо добуток імовірності успішного завершення стартапу на середню величину повернення коштів до фінансової установи після успішного завершення стартапу буде більшим за прибуток, отриманий від надання звичайної кредитної операції, з урахуванням чинника часу.

Подамо рішення щодо надання чи ненадання кредиту малому бізнесу на фінансування стартапу у вигляді статичної теоретико-ігрової моделі на рис. 1 та доведемо, що вибір фінансовою установою надання фінансування стартапу є рівновагою Неша [15]. Якості інструмент теорії ігор було обрано саме рівновагу Неша, оскільки вона є методом саморегуляції систем будь-якого рівня складності, на відміну від оптимуму по Паретто, який використовується як відстежуючий апарат [16].

Отже, на рисунку 1 по вертикалі ми бачимо два можливих рішення фінансової установи (комерційного банку): надати фінансування чи відмовити в ньому. Зі свого боку фірма-інноватор також має два можливих кінцевих варіанти свого стартап-проекту: проект може бути успішним, і фірма-інноватор отримує прибуток V_1 , чи V_2 , чи проект може бути неуспішним, і фірма-інноватор збанкрутує і буде ліквідована. У цьому разі ми розглядаємо малі фірми-інноватори, які або зовсім не мають власного капіталу для реалізації своєї ідеї, або ж він настільки малий, що ніяк не зможе зміцнити фінансовий стан підприємства у разі неуспіху проекту. Тобто йдеться про фірми-інноватори, частка позикового капіталу в яких становить від 90% і вище.

У разі, якщо фірма мала успішний стартап-проект, як уже було сказано вище, вона отри-

мує прибуток V_1 чи V_2 , при цьому слід зазначити, що виконується така умова:

$$V_2 \leq V_1. \quad (7)$$

Ця невідповідність виникає тому, що якщо перша фінансова установа, до якої звернулася фірма-інноватор, прийняла рішення не фінансувати поданий проект, то фірма-інноватор була змушена шукати фінансування в іншій установі, витративши при цьому час та зайві зусилля. Також необхідно відмітити, що отриманий фірмою-інноватором прибуток V_1 не є загальним прибутком від успішного стартап-проекту, оскільки виконується умова:

$$V_1 = V_{tot.} - \overline{\Delta V}, \quad (8)$$

де $V_{tot.}$ є загальним прибутком, а V_1 – різницею між ним і часткою прибутку, який отримує фінансова структура, яка надала кошти на проект.

Слід зауважити, що під час фінансування стартап-проектів кошти надаються різноманітними комерційними фінансовими структурами, як правило, не під відсоток від тіла кредиту, а як партнер проекту на правах участі у прибутках [2, 3]. Це пов'язано з тим, що ризик неуспіху стартап-проектів становить понад 95%, але успішні проекти є настільки фінансово вдалими, що не лише компенсують провальні проекти, але й приносять значні фінансові прибутки, незіставні із початковими фінансовими затратами [4–6].

У разі неуспіху під час отримання фінансування фірма-інноватор банкрутує й отримує збитки в розмірі частки γ , яка повертається банку в разі ліквідації підприємства. У разі відмови фінансування фірма-інноватор не втрачає нічого, адже проект не було запущено.

Якщо роздивитися можливості прийняття рішення комерційною фінансовою структурою, то в разі надання фінансування за умови успіху стартап-проекту комерційний банк отримує середній прибуток $\overline{\Delta V}$ від стартапу за весь період існування стартапу з вірогідністю p . У цьому разі як середній прибуток розглядається прибуток, який розраховується як середнє арифметичне від прибутків, отриманих від профінансованих цим банком успішних проектів. Під час відмови комерційного банку у фінансуванні стартап-проекту у разі його успіху фінансова установа має недоотриманий прибуток у розмірі:

$$-(p\overline{\Delta V})' = -p\overline{\Delta V}. \quad (9)$$

Якщо ж фінансова установа надала перевагу звичайному кредитуванню під відповід-

		<i>надати</i>	<i>відмовити</i>
		$p\overline{\Delta V}$	$-(p\overline{\Delta V})'$
<i>успіх</i>	V_1	<i>рівновага Неша</i>	V_2
		$-(q\overline{V}_c\tau + \overline{V}_c')$	\overline{V}_c
<i>не успіх</i>	γ		0

Рис. 1. Теоретико-ігрова модель оптимізації взаємодії фінансових структур та start-up у малому бізнесі

ний відсоток, то недоотриманий прибуток необхідно скоригувати на прибуток, отриманий від кредиту:

$$-(p\overline{\Delta V})' = -p\overline{\Delta V} + q\overline{V}_c\tau. \quad (10)$$

За умови надання фінансування стартап-проекту фінансовою установою в разі його неуспішності комерційний банк має збитки у вигляді відсотків, які б отримав під час надання звичайного кредиту та скоригованого на частку γ , яка повертається підприємству у разі банкрутства фірми-інноватора:

$$\overline{V}_c' = \overline{V}_c - \gamma, \quad (11)$$

У разі відмови фінансування комерційною установою за неуспішності проекту фінансова установа отримує як результат відвернені збитки у вигляді тіла кредиту \overline{V}_c . Слід зауважити, що \overline{V}_c розраховується як середнє арифметичне профінансованих цим комерційним банком усіх (і успішних, і неуспішних) стартап-проектів малого бізнесу за визначений період, який дорівнює періоду, використаному для розрахунку середнього прибутку.

За умови застосування рівноваги Неша з рис. 1 видно, що ця рівновага буде присутня лише в одному випадку – коли фінансова установа погоджується на фінансування проекту з вірогідністю успіху p . Згідно з теорією ігор, саме така ситуація є оптимальною для саморегуляції взаємодії фінансових структур та start-up у малому бізнесі.

Висновки з проведеного дослідження. Отже, у статті було розроблено теоретико-ігрову модель щодо оптимізації взаємодії фінансових комерційних структур та малих підприємств усфері фінансування стартап-проектів. Виявлено умови, за яких таке фінансування є рівновагою Неша і є вигідним як

для комерційних структур, так і для малого бізнесу. Практичне застосування розробленої моделі дасть змогу фінансовим структурам кількісно оцінити свої перспективи щодо надання фінансування стартапам на основі або власної статистичної інформації, або статистики інших подібних фінансових структур, що значно підвищить правильність прийняття рішення та знизить ризик фінансової невдачі. Також використання цієї моделі дасть змогу

збільшити відсоток фінансування комерційними структурами стартап-проектів, які запропоновані малим бізнесом, збільшити загальний прибуток як комерційних структур, так і малих інноваційних підприємств, поліпшити інвестиційний клімат в країні і сприяти розвитку інноваційної сфери вітчизняної економіки, а також симулювати збільшення кількості малих підприємств, які займаються розробленням та реалізацією інноваційних стартапів.

Список використаних джерел:

1. Плахтій Ю. У Вінниці відкрили «конвеєр стартапів» Sikorsky Challenge: заявки вже приймають у ВНТУ / Ю. Плахтій. URL: <https://vezha.vn.ua/u-vinnytsi-vidkryly-konveyer-startapiv-sikorsky-challenge-zayavku-vzhe-pryjmayut-u-vntu/>
2. Zianko V. Model of financial support for innovative Activities of small enterprises / V. Zianko, L. Nikiforova, X. Dong // Scientific bulletin of Uzhhorod University. Series "Economics". Issue 2 (50). 2017. С. 267–272.
3. Теорія і практика діяльності підприємств: колективна монографія в двох томах. Т.1. / Нац. металург. академія України; за заг. ред. Л. М. Савчук, Л. М. Бандоріної в частині «Зянько В.В., Нікіфорова Л. О., Сіньїн Д. Нормативно-правові та фінансові засади забезпечення ефективної інноваційної діяльності малих підприємств», с. 52–75. Дніпро: Пороги, 2017. 472 с.
4. Нікіфорова Л.О. Управління процесами прийняття інноваційних рішень в сфері high technologies : навчальний посібник / Л. О. Нікіфорова, А.А. Шиян. Вінниця : ВНТУ, 2018. 87 с.
5. З чого починалися найуспішніші стартапи: Apple, Facebook, Google, Skype. Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: <https://uk.wikipedia.org>
6. Самойдук А. 20 успешных стартапов, которые начинали как сторонние проекты / А. Самойдук. URL: <https://rb.ru/story/success-side-projects>.
7. Варналій З.С. Інститути фінансової підтримки малого підприємництва України: сутність, генеза, перспективи / З.С. Варналій // Вісник Київського національного торговельно-економічного університету. 2008. № 5. С. 14–24.
8. Дропа Я.Б. Основні джерела фінансово-кредитного розвитку малого підприємництва / Я.Б. Дропа, Х.П. Данилків // Економічний простір. 2011. № 52/2. С. 161–173.
9. Зянько В.В. Сутність та джерела фінансового забезпечення інноваційної діяльності малих підприємств / В.В. Зянько, Стасюк Н.Л., Дун Сіньїн // Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2015. № 4 С. 57–62.
10. Щербата Т.С. Теоретичні аспекти налагодження партнерських відносин підприємств із ВНЗ / Т. С. Щербата. URL: http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/34901/1/30_193-197.pdf
11. Очеретний, Д. С. Світовий досвід організації малого інноваційного бізнесу / Д. С. Очеретний // Економічний аналіз: зб. наук. праць. Тернопільський національний економічний університет. 2017. Том 27. № 1. С. 59–66.
12. V. Feld, J. Mendelson Venture Deals: Be Smarter Than Your Lawyer and Venture Capitalist, 2012. 288 p.
13. Loewen J. B. Money Magnet: How to Attract Investors to Your Business / J. B. Loewen. John Wiley & Sons. 2011. 288 p.
14. Wallace, R. L. Strategic Partnerships: An Entrepreneur's Guide to Joint Ventures and Alliances, 2004. 288 с.
15. Nash J. Equilibrium Points in n-Person Games // Proceedings of the National Academy of Sciences. 1950. V. 36. P. 48–49.
16. Шиян А.А. Теорія ігор: основи та застосування в економіці та менеджменті / А.А. Шиян. URL: <http://inrtzp.vntu.edu.ua/pmba/stf/teach/books/Theory.pdf>