

DOI [https://doi.org/10.15589/znp2020.1\(479\).13](https://doi.org/10.15589/znp2020.1(479).13)
УДК 658.5

INVESTMENT RISK ASSESSMENT FOR STARTUP PROJECTS BY FUZZY MODELING

ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РИЗИКІВ СТАРТАП ПРОЄКТІВ МЕТОДОМ НЕЧІТКОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Olga V. Tsesliv

ceslivolga@gmail.com

OCRID ID: 0000-0002-8190-2502

Anna S. Kolomiets

kolomietsa@fit.knu.ua

ORCID: 0000-0003-4252-5975

О. В. Цеслів,

канд. техн. наук, доцент

А. С. Коломієць,

канд. екон. наук, асистент

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Taras Shevchenko National university of Kyiv, Kyiv

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ

Abstract. The purpose of the work is to develop an economic and mathematical model for assessing the investment risks of startup projects based on the fuzzy set theory. The methodology of the research is based on the principle of project approach, analysis of commercial efficiency of projects, methods of fuzzy sets. The financial indicators of the project are determined: net present value, internal rate of return, which make it possible to assess the risks of investment startups – projects. In evaluations, project indicators were used as fuzzy parameters. For this purpose, membership functions are constructed that establish the degree of belonging to a fuzzy set. The triangular type is selected as the type of function, and the parameters corresponding to the pessimistic, base and optimistic scenarios are also specified. The study proved that the theory of fuzzy sets is one of the most effective mathematical theories designed to process uncertain information that integrates well-known approaches and methods. A mathematical model for calculating the magnitude of the risks of investment projects is proposed. A new methodology for evaluating the economic efficiency of innovative projects based on the fuzzy set theory has been developed. The methodology allows quantifying the fact of the phased implementation of the project and the possibility of termination of funding with negative information about its implementation. The novelty of the work is the study of the project's risk indicator, which depends on the criterion of project effectiveness, if the criterion below which the project is considered unprofitable. The dependence of the indicator of the degree of risk of the project on the value of the criterion of the effectiveness of the project is derived in the paper. The use of fuzzy set methods allows estimating the level of stable forecasting of the financial flows generated by the project depending on the variants of important input parameters of the project. Actual problems of evaluation of complex investment projects in conditions of risk and uncertainty are investigated. Criteria that affect the value of a startup are determined. The ability to satisfy the required values of these criteria is evaluated. The model can be used by both investors and entrepreneurs.

Key words: investments; valuation; fuzzy sets; risks; discounting.

Анотація. Метою роботи є розробка економіко-математичної моделі оцінки інвестиційних ризиків стартап-проектів на основі теорії нечітких множин.

Методологія дослідження базується на принципі проектного підходу, аналізі комерційної ефективності проектів, методів нечітких множин. Визначено фінансові показники проекту: чиста приведена вартість, внутрішня норма прибутковості, які дають змогу оцінити ризики інвестиційних стартап-проектів. У процесі проведення оцінок показники проекту використовувалися як нечіткі параметри. Для цього побудовано функції належності, які встановлюють ступінь належності нечіткій множині. Як тип функції обраний трикутний вид і задані параметри, які відповідають песимістичному, базовому та оптимістичному сценаріям.

У результаті дослідження було доведено, що теорія нечітких множин є однією з найбільш ефективних математичних теорій, спрямованих на обробку невизначеної інформації, яка інтегрує відомі підходи і методи. Запропонована математична модель для розрахунку величин ризиків інвестиційних проектів.

Розроблена нова методика оцінювання економічної ефективності інноваційних проектів на основі теорії нечітких множин. Методика дає змогу кількісно оцінити факт поетапної реалізації проекту та можливості

припинення фінансування при негативній інформації про його реалізацію. Новизною роботи є дослідження показника ступеня ризику проекту, який залежить від критерію ефективності проекту, тобто критерію, нижче якого проект вважається не вигідним. У роботі виведена залежність показника ступеня ризику проекту від значення критерію ефективності проекту. Використання методів нечітких множин дасть змогу оцінити рівень стійкого прогнозування фінансових потоків, які генеруються проектом залежно від варіантів важливих входних параметрів проекту.

Досліджуються актуальні проблеми оцінювання складних інвестиційних проектів в умовах ризику та невизначеності. Визначаються критерії, які впливають на вартість стартапу. Оцінюється можливість задоволення необхідних значень цих критеріїв. Модель може бути використана як інвесторами, так і підприємцями.

Ключові слова: інвестиції; оцінка вартості; нечіткі множини; ризики; дисконтування.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

В умовах, коли цифрова економіка швидко розвивається, стали створюватися стартапи – невеликі компанії, що будують свій бізнес на новітній інноваційній ідеї з використанням передових сучасних інформаційних технологій. Стартап – підприємство з високим ризиком. У роботі необхідно розробити технологію оцінки інвестиційних ризиків стартап-проекту на основі теорії нечітких множин.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Нині питання оцінки стартапів вивчається і опрацьоване недостатньо, особливо для задач із невизначеністю, як у вітчизняній, так і в зарубіжній літературі. Дослідження становлять праці таких фахівців у галузі, як Стивен Бланк [1], Бред Фелд [2], Джейсон Мендельсон [2].

ВИДІЛЕННЯ НЕ ВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Класичні аналітичні методи не завжди можна використовувати для роботи з невизначеностями. Тому було розроблено нечітке моделювання, спрямоване на формалізацію і обробку невизначеної інформації. Нечітка логіка об'єднує сукупність алгоритмів, процедур, що базуються на використанні нечітких знань і оцінок експертів для розв'язуваної задачі. Нечітко-множинний підхід відображає особливості недетермінованої поведінки економічної системи, процесу або явища. За допомогою методу нечітких множин будуються нечіткі змінні, які відображають невизначеність [3, с. 40; 4, с. 224; 6, с. 657]. Основна ідея застосування цього апарату полягає в тому, що будь-який економічний показник трактується як інтервальний, задається не конкретним числом, а деяким проміжком у вигляді нечіткої множини. Це відповідає ситуації, коли досить точно відомі лише межі значень показника, в яких він може змінюватися, але при цьому відсутня будь-яка кількісна або якісна інформація про можливість або ймовірність реалізації різних його значень усередині заданого інтервалу. Моделям, побудованим на нечіткій логіці, властива можливість адаптації до мінливих умовами ринку [5, с. 3; 7, с. 63; 8, с. 160].

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета статті – розробити технологію оцінки інвестиційних ризиків стартап-проекту на основі теорії нечітких множин.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Реалізацію математичної моделі розглянемо на конкретному прикладі. Нехай початкова інвестиція становить близько 5 млн грн. Проект триває два періоди, в кожен з яких він буде в середньому приносити прибуток від 3,5 млн грн. до 4,5 млн грн. Дослідження проекту проведемо на основі чистої приведеної вартості і внутрішньої прибутковості. Чиста приведена вартість NPV – різниця між наведеними грошовими доходами і величиною початкових витрат (1):

$$NPV = -I + \sum_{k=1}^n \frac{V_k}{(1+r)^k} \quad (1)$$

де I – обсяг первинних інвестицій; V_k – оборотне сальдо надходжень і платежів (прибуток) у k -му періоді; n – число періодів; r – ставка дисконтування в k -му періоді.

Задамо показники проекту як нечіткі параметри. Для цього побудуємо для них функції належності, які встановлюють ступінь належності нечіткій множині. Трикутний вид функції належності часто використовується в практиці аналізу інвестиційних проектів. Трикутне число A задається за допомогою трьох параметрів $A = (a, b, c)$: мінімальне значення (a), очікуване (b) і максимальне (c), що відповідають песимістичному, базовому й оптимістичному сценаріям.

Виходячи з виразу (1), визначимо змінні, які представимо в нечіткій формі. Це початкова інвестиція I , прибуток V , ставка дисконтування R .

Виберемо межі зміни досліджуваних показників. Задамо для них функції належності у вигляді трикутних функцій. Створимо множини α -рівня. Будуючи множини α -рівня, отримуємо наближене розкладання нечіткої множини. Використовуючи операції над α -рівнями, знайдемо NPV і отримуємо наближене розкладання нечіткої множини NPV за рівнями α . Фактично побудуємо функцію належності для NPV , яку будемо досліджувати.

Передбачається, що початкова інвестиція становить 5 млн грн, але залежно від умов може бути від

3,5 до 5 млн грн, задаємо множину I у вигляді трійки $I = (3,5; 4,25; 5,0)$.

Задаємо множину прибутків у вигляді трійки $V = (2,5; 3,5; 4,5)$. Для ставок дисконтування $R < 21,5\%$ проєкт є прибутковим, оскільки чиста теперішня вартість $NPV > 0$. Для ставки дисконтування $R = 21,5\%$ доходи від проєкту дорівнюють інвестиційним витратам. Це максимально можлива ставка дисконту, при якій можна інвестувати кошти без втрат. Виберемо ставку дисконтування R в межах від 12% до 21% з вірогідним значенням 17%. Задаємо множину у вигляді трійки $R = (0,12; 0,17; 0,21)$.

Представляємо нечіткі показники у вигляді (2) трикутної функції належності для прибутку (рис. 1):

$$V(x) = \begin{cases} \frac{V_b - x}{V_b - V_c}, & V_c \leq x \leq V_b \\ \frac{x - V_a}{V_c - V_a}, & V_a \leq x \leq V_c \\ 0, & x < V_a \text{ or } x > V_b \end{cases} \quad (2)$$

де $V_a = 3,5; V_b = 4,5; I = 4$.

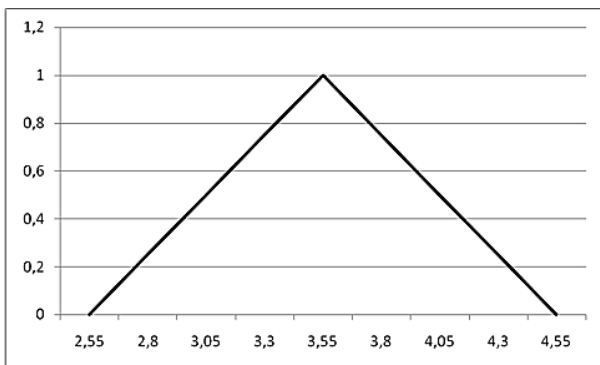


Рис. 1. Функція належності прибутку $V(x)$

Аналогічно побудовані функції належності для I, R . Далі будемо наближене розкладання нечітких множин I, V, R за α -рівнями. Розраховуємо межі множин I, V, R при заданому значенні α – інтервали достовірності. Обираємо 10 рівнів α на відрізку $[0,1]$:

$$\alpha \in \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\}$$

Для розрахунку інтервалів достовірності при заданому значенні α_i вирішуються рівняння виду:

$$I(x)_i = \alpha_i, V(x)_i = \alpha_i, R(x)_i = \alpha_i$$

Розв'язком будуть два значення – нижня та верхня границя проміжку функцій належності. Інтервали достовірності представляються вигляді матриць з елементами

$$I\alpha_{ij}, V\alpha_{ij}, R\alpha_{ij} \quad (i = 1 \dots 10; j = 1, 2)$$

Використовуючи матриці інтервалів достовірності $I\alpha, V\alpha, R\alpha$ знайдемо функцію $NPV\alpha(I\alpha, V\alpha, R\alpha)$ за формулою (3):

$$NPV\alpha(I\alpha, V\alpha, R\alpha) = -I\alpha + \sum_{k=1}^n \frac{V\alpha}{(1 + R\alpha)^k} \quad (3)$$

У результаті отримаємо наближене розкладання нечіткої множини NPV за рівнями α з елементами $NPV\alpha_{ij} \quad (i = 1 \dots 10; j = 1, 2)$

Представимо $NPV\alpha$ у вигляді двох матриць: нижня границя проміжку $NPVL$ і верхня границя проміжку $NPVR$. Номер рядка матриці відповідає значенням α_i .

Таблиця 1. Матриці $I\alpha, V\alpha, R\alpha$

	IL	IR	VL	VR	RL	RR
0	3,5	5,45	2,55	5,05	0,12	0,21
1	3,59	5,345	2,65	4,9	0,215	0,206
2	3,68	5,24	2,75	4,75	0,13	0,202
3	3,77	5,135	2,85	4,6	0,135	0,198
4	3,86	5,03	2,95	4,45	0,14	0,194
5	3,95	4,925	3,05	4,3	0,145	0,19
6	4,04	4,82	3,15	4,15	0,15	0,186
7	4,13	4,715	3,25	4	0,155	0,182
8	4,22	4,61	3,35	3,85	0,16	0,178
9	4,31	4,505	3,45	3,7	0,165	0,174
10	4,4	4,4	3,55	3,55	0,17	0,17

Таблиця 2. Матриці $NPVL$ – нижня границя, $NPVR$ – верхня границя функції належності NPV

α	$NPVL$	$NPVR$
0	1,33	3,77
1	1,24	3,62
2	1,5	3,46
3	1,59	3,3
4	1,68	3,15
5	1,76	2,99
6	1,85	2,83
7	1,93	2,67
8	2,02	2,51
9	2,1	2,35
10	2,18	2,18

Функція має також трикутний вид при цьому $NPV_{\min} = 1,24, NPV_{\max} = 3,77, NPV_c = 2,36$. NPV_{\max} – песимістичний сценарій, NPV_{\min} – оптимістичний сценарій, NPV_c – базове значення.

Нечіткі числа є досить зручним способом моделювання економічних процесів із неоднозначними, імовірнісними параметрами. Використання інтервалів достовірності дає змогу описати невизначеність, що притаманна прогнозним значенням показників. У процесі використання нечітких множин формула

розрахунку NPV трансформується наступним чином:

$$[NPV_{\min}, NPV_c, NPV_{\max}] = -[I_{\min}, I_c, I_{\max}] + \sum_{k=1}^n \frac{[V_{\min}^k, V_c^k, V_{\max}^k]}{(1 + [R_{\min}, R_c, R_{\max}])^k} \quad (4)$$

Внаслідок розрахунків ми отримуємо трикутне нечітке значення показника $NPV = (NPV_{\min}, NPV_c, NPV_{\max})$.

Розглянемо це детальніше. Для спрощення запису подальших математичних викладок введемо систему позначень:

$NI = NPV_{\min}$ – нижня границя інтервалу нечіткого числа NPV ;

$N = NPV_c$ – середнє значення NPV ;

$N2 = NPV_{\max}$ – верхня границя інтервалу нечіткого числа NPV ;

W – чіткий критерій ефективності проекту, тобто критерій, нижче якого проект вважається невідгідним.

Проект є прибутковим, якщо NPV більше заданого інвесторами критерію W , де W – оцінка ризику інвестицій – визначення критеріїв, при яких результую-

че значення інвестиційного процесу NPV буде нижче встановленого граничного рівня.

Нехай W – вибране граничне значення. У цій задачі з нечіткими змінними оцінимо можливість події $NPV < W$, що визначає ризик того, що проект виявиться неефективним.

Оскільки результатом розрахунку NPV є трикутне непарне число, можливі наступні варіанти його співвідношення з критерієм ефективності W .

Якщо $NI < W < N$ (рис. 2), ступінь ризику W буде визначатися як геометрична ймовірність потрапляння в область неефективних інвестицій, тобто в зону між точками NI і W . Геометрична ймовірність може бути знайдена як відношення площі зони неефективності до загальної площі отриманих значень NPV (5):

$$R = \frac{S_{(NIW)}}{S_{(NIN2)}} \quad (5)$$

де R – показник ступеня ризику проекту,

$S_{(NIW)}$ – площа області неефективних інвестицій,

$S_{(NIN2)}$ – площа області отриманих значень NPV .

Зазначені площі фігур можуть бути знайдені різними шляхами. У загальному вигляді площу фігури на інтервалі $[NI, W]$ можна знайти як інтеграл функції, яка обмежує фігуру зверху:

$$\int_{NI}^W \frac{(x - NI)}{N - NI} = \frac{(W - NI)^2}{2(N - NI)}$$

Площа трикутника дорівнює половині добутку сторони трикутника на висоту. Висота в нашому випадку дорівнює одиниці.

$$S_{(NIW)} = \frac{N2 - NI}{2}$$

Таким чином, ми отримуємо розрахункову формулу показника ступеня ризику проекту (6):

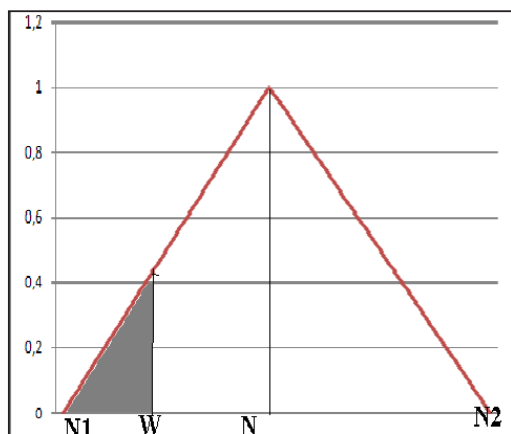


Рис. 2. Визначення ступеня ризику проекту

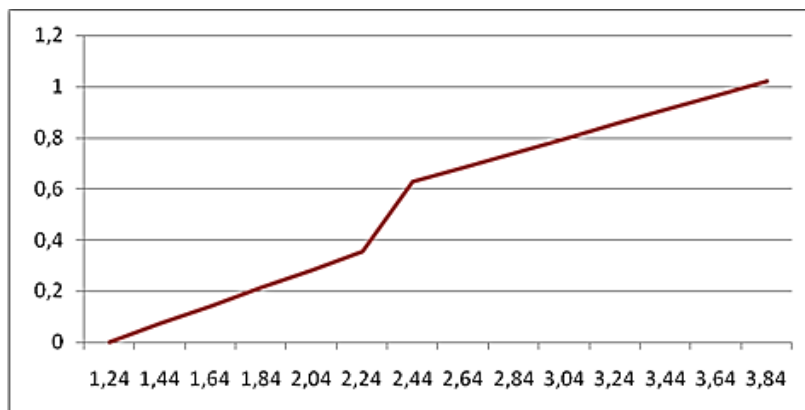


Рис. 3. Залежність показника ступеня ризику проекту від значення W на відрізку $NI < W < N2$

$$R = \frac{(N1 - W) \cdot 2}{2(N - N1)N2 - N1} = \frac{(W - N1)}{(N - N1)(N2 - N1)} \quad (6)$$

$$N1 < W < N2$$

У нашому випадку весь отриманий діапазон значень NPV однозначно менше критерію W , тому ризик такого проекту становить 100%, тоді $R = 1$.

Для нашого прикладу, підставляючи конкретні значення $N1 = 1,24$, $N2 = 3,77$, $N = 2,36$, отримуємо залежність (рис. 3).

Таким чином, можемо записати систему розв'язків, для розрахунку ризиків інвестиційних проєктів (7):

$$R = \begin{cases} 0 & W \leq N1 \\ \frac{(W - N1)}{(N - N1)(N2 - N1)} & N1 < W < N \\ 1 - \frac{(N2 - W)}{(N2 - N)(N2 - N1)} & N \leq W \leq N2 \\ 1 & N2 \geq W \end{cases} \quad (7)$$

де $N1$ – нижня границя інтервалу значень NPV ; N – середнє значення NPV ; $N2$ – верхня границя інтервалу значень NPV ; W – критерій ефективності проєкту.

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Використання методів нечітких множин доповнює традиційний фінансовий аналіз. Є змога

кількісно оцінити стійкість розрізних характеристик ефективності проєкту для порівняння стійкості різних показників. Це необхідно при визначенні вузьких місць проєкту. З'являється змога кількісно оцінити надійність отриманих розрахункових показників ефективності проєкту. Такі оцінки не можуть бути виконані на основі традиційних методів аналізу.

У роботі введена залежність показника ступеня ризику проєкту від значення критерію ефективності проєкту. Використання методів нечітких множин дасть змогу оцінити рівень стійкого прогнозування фінансових потоків, які генеруються проєктом залежно від варіантів важливих вхідних параметрів проєкту.

ВИСНОВКИ

Розроблена нова методика оцінювання економічної ефективності інноваційних проєктів на основі теорії нечітких множин. Методика дає змогу кількісно оцінити факт поетапної реалізації проєкту та можливості припинення фінансування в разі негативної інформації про його реалізацію. Новизною роботи є дослідження показника ступеня ризику проєкту, який залежить від критерію ефективності проєкту, тобто критерію, нижче якого проєкт вважається не вигідним. У подальших дослідженнях необхідно дослідити функції різного виду, визначити для них ефективні показники ступеня ризику проєкту.

REFERENCES

- [1] Blank, S., Dorf B. (2012). *The Startup Owner's Manual: The Step-By-Step Guide for Building a Great Company* (DIATEINO) Paperback, pp. 608 [in English].
- [2] Feld, B., Mendelson J. (2016). *Venture Deals: Be Smarter Than Your Lawyer and Venture Capitalist* 3rd Edition. pp. 304 [in English].
- [3] Vilenskiy, P. L., Livshits V. N., Smolyak S. A. (2001) *Otsenka Effektivnosti investitsionnykh proektov: Teoriya i praktika: Ucheb.-prakt. posobie* [Valuation of the Effectiveness of Investment Projects: Theory and Practice:]. Ucheb.-prakt. posobie. M. : Delo. Publ. [in Russian].
- [4] Damodaran, A. (2012). *Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset* Hardcover – Wiley. Publ. 999 pp. [in English].
- [5] Nedosekin, A. O. (2000) *Primenenie teorii nechetkikh mnozhestv k zadacham upravleniya finansami* [Application of fuzzy set theory to financial management problems]. *Audit i finansovyy analiz*. No 2. pp. 3–59.
- [6] Levin, J. (2001) *Information and the market of lemons*. *The RAND Journal of Economics*. 32(4), pp. 657–666.
- [7] Tseliv, O. V., Kolomiets, A. S. (2018) *Otsinka innovatsiinoi aktyvnosti IT-pidpriemstva* [Estimation of innovation activity of IT-enterprise]. *V Mizhnarozhna naukovo-praktychna konferentsiia Informatsiini tekhnologii ta vzaiemodii*, pp. 63–66.
- [8] Tseliv, O. V., Koziura, A. O. (2018) *Pobudova ekonomiko-matematichnoi modeli vzaiemodii zasnovnyka startapu iz investorom* [Construction of an economic-mathematical model of interaction between a startup founder and an investor]. *Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu*. Ser. : Ekonomichni nauky. Vyp. 30(2). Pp. 160–162.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Blank S., Dorf B. (2012) *The Startup Owner's Manual: The Step-By-Step Guide for Building a Great Company* (DIATEINO) Paperback. Pp. 608.
- [2] Feld B., Mendelson J. (2016). *Venture Deals: Be Smarter Than Your Lawyer and Venture Capitalist* 3rd Edition. Pp. 304.
- [3] Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А. *Оценка эффективности инвестиционных проєктов: Теория и практика* : Учеб.-практ. пособие. Москва : Дело, 2001. 888 с.

- [4] Damodaran A. (2012). *Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset Hardcover* – Wiley. Publ. Pp. 999.
- [5] Недосекин А. О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами. *Аудит и финансовый анализ*. 2000. № 2. С. 3–59.
- [6] Levin, J. (2001) Information and the market of lemons. *The RAND Journal of Economics*. 32(4), pp. 657–666.
- [7] Цеслів О. В., Коломієць А. С. Оцінка інноваційної активності IT-підприємства. V Міжнародна науково-практична конференція Інформаційні технології та взаємодії, 20–21 листопада 2018. С. 63–66.
- [8] Цеслів О. В., Козюра А. О. Побудова економіко-математичної моделі взаємодії засновника стартапу із інвестором. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. Сер. : Економічні науки. 2018. Вип. 30(2). С. 160–162.

© О. В. Цеслів, А. С. Коломієць

Дата надходження статті до редакції: 05.03.2020

Дата затвердження статті до друку: 17.04.2020