



ИССЛЕДОВАНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РИСКОВ СТАРТАП-ПРОЕКТА МЕТОДОМ НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Пожарская Г. И.

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры Бизнес-информатики, Уральский государственный экономический университет (Россия), 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, д. 62/45, gip60@list.ru

Молодецкая С. Ф.

старший преподаватель кафедры информатики и математики Уральского института управления – филиала, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Россия), 620099, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, д. 66, molodezkayasf@mail.ru

УДК 330.322.5
ББК 65.263.12

Предмет. Развитие технологий сегодня дает возможность воплощать различные идеи. Именно такой экономический феномен как стартап основывается на идеях, и именно в эти идеи инвесторы вкладывают деньги. Стартап – предприятие с высоким риском. В статье рассмотрены риски стартапа с точки зрения инвестора, для чего необходимо оценить экономические показатели. Существует обширная литература по оценке эффективности проекта на основе экономических показателей, в том числе основанных на применении аппарата математического моделирования, которые требуют дальнейшего пристального изучения. Так как показатели стартап-проекта не могут быть четко детерминированы, предлагается их рассмотрение с точки зрения нечеткого моделирования.

Цель. Разработать технологию оценки инвестиционных рисков стартап-проекта на основе теории нечетких множеств.

Методология. Для оценки рисков стартап-проекта используется методика комплексной оценки. Метод построен на основе теории нечетких множеств. Определены финансовые показатели: чистая приведенная стоимость, внутренняя норма доходности, которые позволят оценить риски инвестиционных стартап-проектов. При проведении оценок использовались показатели проекта как нечеткие параметры. Для этого построены функции принадлежности, которые устанавливают степень принадлежности нечеткому множеству. В качестве типа функции выбран треугольный вид и заданы параметры, которые соответствуют пессимистическому, базовому и оптимистическому сценариям.

Результаты. Внедрение методов исследования рисков стартапа, один из которых предложен в данной работе, поможет ограничить и контролировать риски, проводить их сравнительный анализ с заданной степенью точности, строить различные сценарии.

Рассмотренный нечетко-множественный подход можно использовать для разработки процедуры риск-менеджмента, что позволит снизить число стартапов, не достигающих успеха.

Ключевые слова: аутопоэзис, власть, внешняя среда организации, редукция, структура ожиданий.

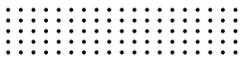
INVESTIGATION OF INVESTMENT RISKS OF THE STARTUP PROJECT BY FUZZY MODELING METHOD

Pozharskaya G. I.

candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Business Informatics, Ural State Economic University (Russia), 620144, Russia, Yekaterinburg, March 8 / Narodnaya Volya str., 62/45, gip60@list.ru

Molodezkaya S. F.

senior Lecturer of Department of Informatics and Mathematics of the Ural Institute of Management – branch, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (Russia), 620099, Russia, Yekaterinburg, March 8 str., 66, molodezkayasf@mail.ru



Пожарская Г. И., Молодецкая С. Ф.

Subject. The development of technology today makes it possible to implement various ideas. It is an economic phenomenon like a startup based on ideas, and it is in these ideas that investors invest money. A startup is a high-risk venture. The article considers the risks of a startup from the point of view of an investor, for which it is necessary to evaluate economic indicators. There is an extensive literature on the evaluation of the effectiveness of the project based on economic indicators, including those based on the use of mathematical modeling tools, which require further close study. Since the indicators of a startup project cannot be clearly determined, it is proposed to consider them from the point of view of fuzzy modeling.

Purpose. Develop a technology for assessing the investment risks of a startup project based on the theory of fuzzy sets.

Methodology. To assess the risks of a startup project, an integrated assessment methodology is used. The method is based on the theory of fuzzy sets. Financial indicators are defined: net present value, internal rate of return, which will allow to assess the risks of investment start-up projects. In conducting the assessments, project indicators were used as fuzzy parameters. For this purpose, the membership functions are constructed, which establish the degree of belonging to the fuzzy set. As the type of function, a triangular view is selected and parameters are set that correspond to pessimistic, basic and optimistic scenarios.

Results. The introduction of methods of researching risks of a startup, one of which is proposed in this work, will help limit and control risks, conduct their comparative analysis with a given degree of accuracy, and build various scenarios.

The considered fuzzy-multiple approach can be used to develop a risk management procedure that will reduce the number of startups that do not achieve success.

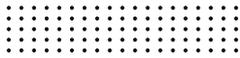
Key words: autopoiesis, power, organization external environment, reduction, structure of expectations.

Современный этап характеризуется прорывным развитием цифровых технологий, ускорением процессов глобализации экономики. Информация приобретает характеристику ресурса в общественных и хозяйственных процессах. Социально-экономические отношения переходят в сетевое пространство. Использование информационных технологий становится необходимым и безусловным фактором успеха экономической деятельности. Появилось понятие «цифровая экономика». Программные продукты стали доступны для ведения и исследования экономических процессов в деятельности предприятия. В условиях быстро развивающейся цифровой экономики стали создаваться стартапы – небольшие компании, строящие свой бизнес на основе новой инновационной идеи с использованием передовых современных информационных технологий. Стартапом может быть любая компания, вне зависимости от ее сферы деятельности, чаще всего стартапы создают в сфере высоких технологий, интернет-бизнесе и «смежных дисциплинах». Стартап – это временная динамичная структура, используемая для создания масштабируемой, воспроизводимой бизнес-модели [1, с. 10]. Структура, стратегия, могут меняться в зависимости реакции рынка на продукт, удержание пользователей. Для успешного развития проекта и достижения цели разработчики стартапа должны решить следующие задачи: изучить спрос у целевой аудитории, выбрать требуемый «Продукт», подобрать креативную «Команду», разработать рентабельную «Бизнес-модель», обеспечить «Финансы» [2; 3, с. 66]. Характерная особенность стартапа – нехватка финансов и непрочное положение фирмы на рынке.

Стартапы нуждаются в инвесторах, которые заинтересуются новыми идеями и помогут их реализовать, вкладывая свои средства. При этом стартап – предприятие с высоким риском. До реализации стартап-проекта возникает вопрос, какова вероятность получения положительного эффекта. Рассмотрим риски стартапа с точки зрения инвестора, как риски инвестиционного проекта.

Показатели стартапа

Показатели стартап-проекта не могут быть четко детерминированы. Классические аналитические методы нельзя использовать для исследования. Для работы с неопределенностями разработано нечеткое моделирование, направленное на формализацию и обработку неопределенной информации. Нечеткая логика объединяет совокупность алгоритмов, процедур, базирующихся на использовании нечетких знаний и оценок экспертов для решаемой задачи. Нечетко-множественный подход отражает особенности недетерминированного поведения экономической системы, процесса или явления. С помощью метода нечетких множеств строятся нечеткие переменные, которые отражают неопределенность. [4, с. 40; 5, с. 224; 6, с. 58]. Основная идея применения этого аппарата состоит в том, что любой экономический показатель трактуется как интервальный, т. е. задается не конкретным числом, а некоторым промежутком (фазифицируется), представляется в виде нечеткого множества. Это соответствует ситуациям, когда достаточно точно известны лишь границы значений анализируемого показателя,



в пределах которых он может изменяться, но при этом отсутствует какая-либо количественная или качественная информация о возможностях или вероятностях реализации различных его значений внутри заданного интервала. Моделям, построенным на нечеткой логике, свойственна возможность адаптации к меняющимся условиям рынка.

В работе [7, с. 47] автором представлена математическая модель оценки риска прибыли, построенная средствами программы Mathcad на основе теории нечетких множеств. Используем эту модель для исследования рисков инвестиций стартапа.

Определим понятие «стартап». Стартап – это всегда монополия, так как второго такого бизнеса быть не должно. Стартап отличается от обычного бизнеса тем, что сразу имеет инвесторов, т.е. инвесторы вкладывают деньги в компанию не в тот момент, когда она уже успешно работает, а только в самом начале ее зарождения. Стартап основывается на идеях, и именно в эти идеи и инвесторы вкладывают деньги.

Постановка задачи

Пусть начальная инвестиция составляет около 3 млн руб. Рассмотрим проект на протяжении двух периодов, в каждый из которых он будет в среднем приносить от 1,5 млн руб. до 2,5 млн руб. Проведем исследование проекта на основе чистой современной стоимости и внутренней доходности.

Для расчета эффективности стартап-проекта, рассмотрим финансовые показатели [8]:

1) Чистая приведенная стоимость NPV – разница между приведенными денежными доходами и величиной первоначальных затрат

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

Здесь I – объем первоначальных инвестиций; V_i – оборотное сальдо поступлений и платежей (прибыль) в k -м периоде; n – число периодов; r – ставка дисконтирования в k -ом периоде. Будем считать, что прибыль каждый период одинакова $V_1 = V_2$.

2) Внутренняя норма доходности IRR – показатель, отражающий уровень рентабельности проекта, при котором текущая приведенная стоимость проекта равна инвестициям на его реализацию:

$$NPV = -I + \sum_{k=1}^n \frac{V_k}{(1+IRR)^k} = 0 \quad (2)$$

Положительный показатель NPV обеспечивается, если $IRR > r$, в этом случае проект одобрен к реализации.

Нечеткие переменные

В соответствии с моделью зададим показатели проекта как нечеткие параметры. Для этого построим для них функции принадлежности, которые устанавливают степень принадлежности нечеткому множеству. Треугольный вид функции принадлежности часто используется в практике анализа инвестиционных проектов. Треугольное число A задается с помощью трех параметров $A = (a, b, c)$: минимальное значение (a), ожидаемое (b) и максимальное (c), что соответствуют пессимистическому, базовому и оптимистическому сценариям. Исходя из выражения (1), определим переменные, которые представим в нечеткой форме. Это начальная инвестиция I , прибыль V , ставка дисконтирования R . Выберем пределы изменения исследуемых показателей. Зададим для них функции принадлежности в виде треугольных функций. Создадим множества α -уровня. Строя множества α -уровня, получаем приближенное разложение нечеткого множества. Используя операции над α -уровнями, найдем NPV и получим приближенное разложение нечеткого множества NPV по тем же уровням α . Фактически построим функцию принадлежности для NPV , которую будем исследовать.

Предполагается, что начальная инвестиция составляет 3 млн руб., но в зависимости от условий, может быть от 2,9 до 3,1 млн руб. Задаем множество I в виде тройки $I(2,9; 3; 3,1)$. Предполагаемая прибыль $V_1 = V_2 = V$ в каждый год составит около 2 млн руб., однако, может колебаться в пределах от 1,5 до 2,7 млн руб. Задаем множество в виде тройки $V = (1,5; 2; 2,7)$. Для средних значений показателей I и V внутренняя доходность проекта $IRR = 21,5\%$. Для ставок дисконтирования $R < 21,5\%$ проект является прибыльным, поскольку чистая дисконтированная стоимость $NPV > 0$. Для ставки дисконтирования $R = 21,5\%$, дисконтированные доходы от проекта равны инвестиционным затратам. Это максимально возможная ставка дисконта, при которой можно инвестировать средства без каких-либо потерь. Выберем ставку дисконтирования R в пределах от 12% до 21% с вероятным значением 17%. Задаем множество в виде тройки $R = (0,12; 0,17; 0,21)$.

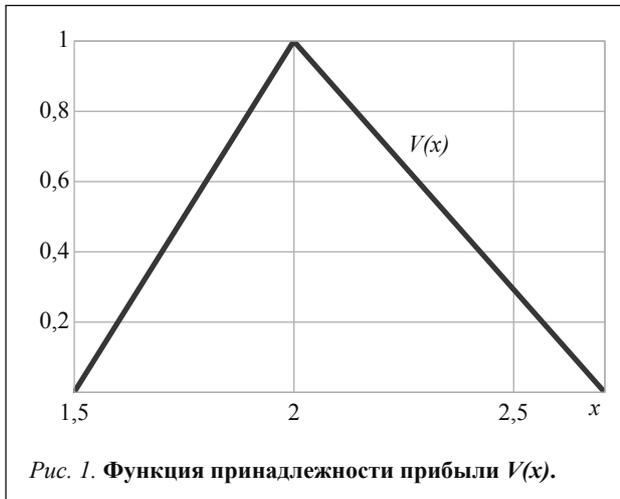
Представляем нечеткие показатели в виде треугольных функций принадлежности. Примера показана функция принадлежности для прибыли $V(x)$ (рис. 1, стр. 94). Функция имеет вид:

$$V(x) = \begin{cases} 1 - \frac{Vb - x}{Vb - Va}, & Va \leq x \leq Vb \\ 1 - \frac{x - Vb}{Vc - Vb}, & Vb \leq x \leq Vc \\ 0, & x \leq Va, x \geq Vc \end{cases} \quad (2)$$

где $Va = 1,5$, $Vb = 3$, $Vc = 2,7$.



Пожарская Г. И., Молодецкая С. Ф.



Аналогично построены функции принадлежности для I, R . Далее строится приближенное разложение нечетких множеств I, V, R по α -уровням. Рассчитываются границы множеств I, V, R при заданном значении α – интервалы достоверности. Выбраны 10 уровней α на отрезке $[0,1]$: $\alpha \in \{0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1\}$. Все расчеты проведены с помощью матриц. Для расчета интервалов достоверности при заданном значении α_i решаются уравнения вида:

$$I(x)_i = \alpha_i; V(x)_i = \alpha_i; R(x)_i = \alpha_i, \quad (3)$$

где $I(x)_i, V(x)_i, R(x)_i$ – значение функций принадлежности для i -го уровня.

Решением будут два значения – левый и правый конец сечения функций принадлежности. Интервалы достоверности представляются в виде матриц с элементами $I\alpha_{ij}, V\alpha_{ij}, R\alpha_{ij}, (i = 1 \dots 10; j = 1, 2)$. (рис. 2а,б)

Используя матрицы интервалов достоверности $I\alpha, V\alpha, R\alpha$, найдем функцию $NPV\alpha(I\alpha, V\alpha, R\alpha)$ по формуле (1).

$$NPV\alpha(I\alpha, V\alpha, R\alpha) = -I\alpha + \sum_{k=1}^n \frac{V\alpha}{(1+R)^k} \quad (4)$$

В результате получим приближенное разложение нечеткого множества NPV по уровням α с элементами $NPV\alpha_{ij} (i = 1 \dots 10; j = 1, 2)$. Представим $NPV\alpha$ в виде двух матриц: левый край сечения $NPVL$ и правый край сечения $NPVR$. Номер строки матрицы соответствует значению α_i (рис. 3)

Матрицы $NPVL$ и $NPVR$ представляют рассчитанные значения NPV для каждого уровня нечеткости α , которому соответствуют входные показатели $I\alpha,$

	1
1	0
2	0,1
3	0,2
4	0,3
5	0,4
6	0,5
7	0,6
8	0,7
9	0,8
10	0,9
11	1

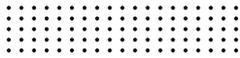
Рис. 2а. Матрица α -уровней

	1	2
1	2,9	3,2
2	2,91	3,18
3	2,92	3,16
4	2,93	3,14
5	2,94	3,12
6	2,95	3,1
7	2,96	3,08
8	2,97	3,06
9	2,98	3,04
10	2,99	3,02
11	3	3

	1	2
1	1,5	2,7
2	1,55	2,63
3	1,6	2,56
4	1,65	2,49
5	1,7	2,42
6	1,75	2,35
7	1,8	2,28
8	1,85	2,21
9	1,9	2,14
10	1,95	2,07
11	2	2

	1	2
1	0,12	0,21
2	0,125	0,206
3	0,13	0,202
4	0,135	0,198
5	0,14	0,194
6	0,145	0,19
7	0,15	0,186
8	0,155	0,182
9	0,16	0,178
10	0,165	0,174
11	0,17	0,17

Рис. 2б. Матрицы $I\alpha, V\alpha, R\alpha,$



Пожарская Г. И., Молодецкая С. Ф.

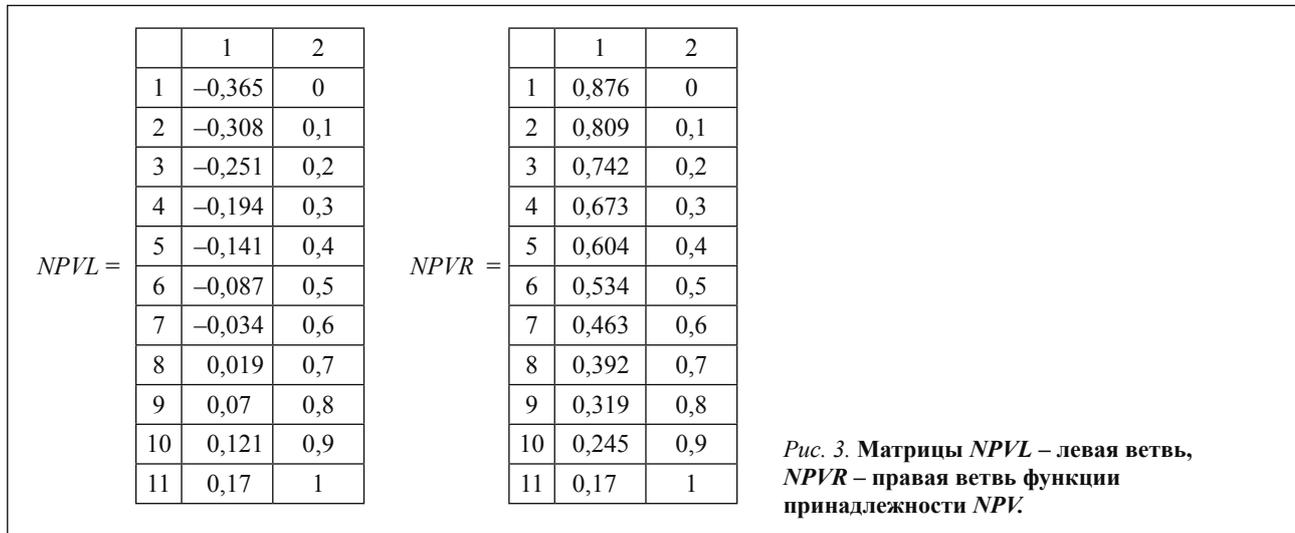


Рис. 3. Матрицы $NPVL$ – левая ветвь, $NPVR$ – правая ветвь функции принадлежности NPV .

$V\alpha$, $R\alpha$ для этого уровня. Фактически получена функция принадлежности нечеткого множества чистой дисконтированной стоимости $NPV(NPV_{min}, NPV_c, NPV_{max})$ (рис. 4).

Функция имеет также треугольный вид. При этом $NPV_{min} = NPVL(1,1) = -0,365$, $NPV_{max} = NPVR(1,1) = 0,856$, $NPV_c = NPVL(11,1) = NPVR(11,1) = 0,17$. NPV_{min} – пессимистический сценарий, NPV_{max} оптимистический сценарий. NPV_c – базовое значение для $\alpha = 1$, $NPV_0 = 0$.

Оценка риска

Проект признается прибыльным, если NPV больше заданного инвесторами критерия. Оценка риска инвестиций – определение условий, при которых результирующее значение инвестиционного процесса NPV окажется ниже предустановленного граничного уровня. Пусть G – выбранное граничное значение. В нашей задаче с нечеткими переменными оценим возможность события $NPV < G$, что определяет риск того, что

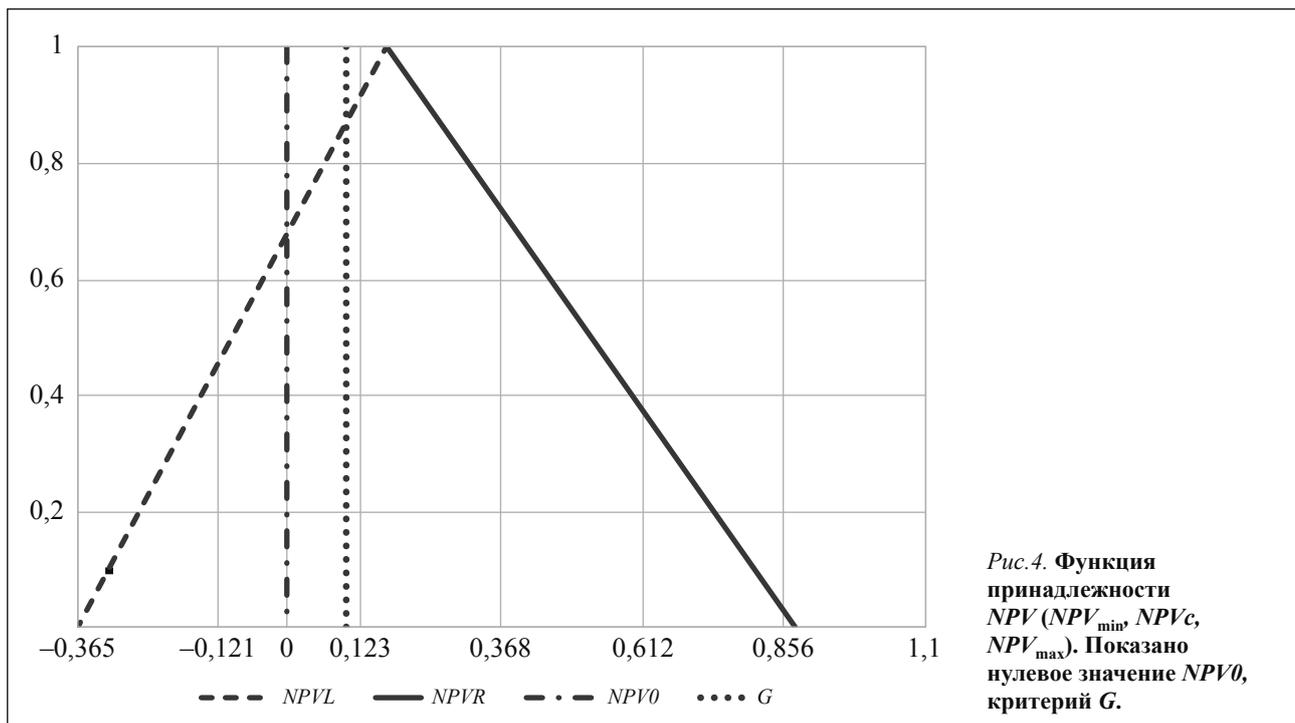


Рис. 4. Функция принадлежности $NPV(NPV_{min}, NPV_c, NPV_{max})$. Показано нулевое значение NPV_0 , критерий G .



Пожарская Г. И., Молодецкая С. Ф.

проект окажется неэффективным. Минимальное значение критерия $G_{min} = NPV_0$. Измерение риска проекта с позиции нечетких множеств – выявление геометрической вероятности события попадания точки в зону неэффективных инвестиций. Определяется площадь области, ограниченной левой ветвью $NPVL$ и прямой $NPV = G$ (рис. 4). Точка пересечения α_1 функции принадлежности и прямой $NPV = G$ соответствует предельному случаю $G = G_{min}$. При попадании в область $\alpha < \alpha_1$ $NPV < 0$, степень риска определяется площадью этой области, α_1 – нижняя граница риска. При $\alpha > \alpha_1$, $NPV > 0$. При выборе критерия $G > 0$ точка пересечения функции принадлежности и прямой $NPV = G$ сдвигается вверх – α_2 , площадь неэффективных инвестиций растет и риск увеличивается.

Оценка риска получить невыгодный проект проведена на основе интегральной оценки риска VM (Воронова и Максимова) [9, с. 9]. Точка пересечения α в зависимости от критерия G для левой ветви $NPVL$ представляется в виде:

$$\alpha(G) = R1(G), NPV_{min} < G \leq NPV \quad (5)$$

$$\text{где } R1(G) = \frac{G - NPV_{min}}{NPV_c - NPV_{min}}$$

Значение степени риска VM определяется следующим образом.

$$VM = \int_0^{\alpha} \varphi(x) dx \quad (6)$$

$$\text{где } \varphi(x) = \begin{cases} 0, G \leq GL(x) \\ \frac{G - GL(x)}{GR(x) - CL(x)}, GL(x) < G \leq GR(x), \\ 1, x \leq GR(x) \leq G \end{cases}$$

$$GL = x(G - NPV_{min}) + NPV_{min},$$

$$GR = NPV_{max} - x(NPV_{max} - G)$$

Тогда риск $VM(G)$ как функция критерия G приводится к виду:

$$VM(G) = \begin{cases} R(G) \cdot \left[1 + \frac{1 - R1(G)}{R1(G)} \cdot \ln(1 - R1(G)) \right], NPV_{min} \leq G < NPV_c \\ 1 - (1 - R1(G)) \cdot \left[1 + \frac{1 - R1(G)}{R1(G)} \cdot \ln(1 - R1(G)) \right], NPV_c \leq G < NPV_{max} \end{cases} \quad (7)$$

$$\text{где } R(G) = \frac{G - NPV_{min}}{NPV_{max} - NPV_{min}}$$

Проведены расчеты для граничных значений от $G = G_{min}$ до $G = NPV_c$ (базовый сценарий). График

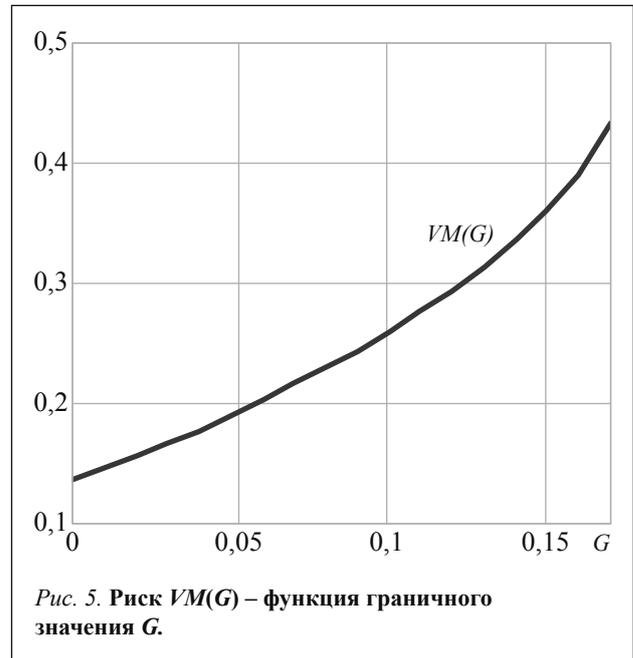


Рис. 5. Риск $VM(G)$ – функция граничного значения G .

$VM(G)$ (рис. 5) демонстрирует тенденцию изменения риска. В таблице 1 приведены рассчитанные параметры для ряда значений критерия G . Для рассматриваемого проекта минимальный риск составляет 13,7%, что соответствует случаю $G = G_{min}$. В этом сценарии ставка дисконтирования равна 15,5%, предполагаемая прибыль V_{min} составит 1,85 млн руб. Для базового сценария риск $VM(NPV_c) = 43,4\%$.

Инвестор, исходя из своих инвестиционных предпочтений, может классифицировать значения VM , выделив отрезок неприемлемых значений риска. Например, такой вариант:

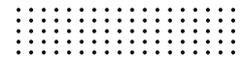
Степень риска менее 0,15 низкая, проект принять с осторожностью и последующим мониторингом.

Степень риска 0,16–0,35 средняя, принять с ограничениями.

Степень риска 0,36–0,4 высокая. Отклонить и пересмотреть проект.

Таблица 1. Параметры стартапа для значений граничного критерия G

Граничный критерий G	α	Риск VM	R_{min}	Прибыль V_{min} (млн)
NPV_0	0,68	0,137	15,5%	1,85
0,05	0,78	0,19	15,8%	1,89
0,1	0,87	0,26	16,5%	1,94
NPV_c (базовый сценарий)	1	0,434	17%	2,0



Заключение

Использование принципов нечеткой логики для прогнозирования развития инноваций дает возможность оперировать входными данными, заданными нечетко, моделировать поведение исследуемой системы в условиях нестабильности и изменчивости. Рассмотренный выше нечетко-множественный подход может быть использован как инструмент для принятия управленческих решений при оценке состояния стартапа. Стартап – специфическая организация, которая нуждается в методологиях и рекомендациях по управлению рисками, учитывающими его особенность. Внедрение методов исследования рисков стартапа, один из которых предложен в данной работе, поможет ограничить и контролировать риски, проводить их сравнительный анализ с заданной степенью точности, строить различные сценарии. Рассмотренный нечетко-множественный подход можно использовать для разработки процедуры риск-менеджмента, что позволит снизить число стартапов, не достигающих успеха.

Литература:

1. Бланк С. Стартап: Настольная книга основателя. М.: Альпина Паблишер, 2016. 616 с.
2. Войнова Ю. А., Демин С. С. Классификация рисков стартапа. [электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-riskov-startapa> (дата обращения 14.11.2018)
3. Иншаков М. О., Орлова А. А. Инновационные стартапы в России: проблемы создания и маркетингового продвижения // Вестник ВолГУ. Экономика. Экология. 2014. № 1 С. 66–76.
4. Конышева Л. К., Назаров Д. М. Основы теории нечетких множеств. СПб: Питер, 2011 С. 39–56.
5. Пожарская Г. И., Назаров Д. М. Сервисы MATHCAD 14: реализация технологий экономико-математического моделирования. // Интуит. Национальный открытый университет. 2016. С. 224.
6. Молодецкая С. Ф. Теория нечетких множеств как инструмент стратегического планирования ресурсов. // Управленец. 2012. № 1. С. 58–69.
7. Пожарская Г. И. Оценка риска планирования прибыли методом нечеткого моделирования в среде Mathcad // Материалы Международной научно-практической очно-заочной конференции VI-технологии в оптимизации бизнес-процессов. Екатеринбург. 2015 С. 47–54.
8. Показатели эффективности инвестиционного проекта (инвестиций). [электронный ресурс]. URL: <http://mathhelpplanet.com/static.php?p=pokazateli-effektivnosti-investitsionnogo-proekta> (дата обращения 14.11.2018)
9. Недосекин А. О. Простейшая оценка риска инвестиционного проекта. // Современные аспекты экономики. 2002. № 11. С. 8–22.

References:

1. Blank S. Startup: Handbook of the founder. M.: Alpina Publisher, 2016. 616 p.
2. Voinova Yu. A., Demin S. S. The risk classification of a startup. [e-resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-riskov-startapa> (date of reference 14.11.2018)
3. Inshakov M. O., Orlova A. A. Innovative startups in Russia: problems of creation and marketing promotion // Bulletin of VolSU. Economy. Ecology. 2014. № 1 P. 66–76.
4. Konyshova L. K., Nazarov D. M. Fundamentals of the theory of fuzzy sets. SPb: Peter, 2011. P. 39–56.
5. Pozharskaya G. I., Nazarov D. M. Services MATHCAD 14: implementation of technologies for economic and mathematical modeling // Intuit. National Open University. 2016. P. 224.
6. Molodetskaya S. F. Theory of fuzzy sets as a tool for strategic resource planning. // Manager. 2012. № 1. P. 58–69.
7. Pozharskaya G. I. Risk assessment of profit planning by the method of fuzzy modeling in the Mathcad environment // Proceedings of the International Scientific and Practical In-Office – absentee Conference BI – technology in optimizing business processes. Yekaterinburg. 2015 P. 47–54.
8. Indicators of the effectiveness of the investment project (investment). [e-resource]. URL: <http://mathhelpplanet.com/static.php?p=pokazateli-effektivnosti-investitsionnogo-proekta> (date of reference 14.11.2018)
9. Nedosekin A. O. The simplest risk assessment of an investment project. // Modern aspects of the economy. 2002. № 11. P. 8–22.