

*Шаева Алина Евгеньевна, студент 2 курса магистратуры
факультета математики и информационных технологий
ФГБОУ ВО «НИ МГУ им. Н. П. Огарёва», г. Саранск*

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПРОЕКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА

Аннотация: Неопределенность и риск играют большую роль при оценке эффективности инвестиционного проекта. Поэтому каждая компания стремится минимизировать потери под влиянием различных ситуаций. В статье рассматриваются методы оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях неопределенности и риска, такие как: метод корректировки ставки дисконтирования, метод достоверных эквивалентов, метод «дерево решений», метод теории игр, метод сценариев, метод нечеткой логики, анализ чувствительности показателей эффективности, имитационное моделирование по методу Монте-Карло.

Ключевые слова: эффективность инвестиционного проекта, риск, неопределенность, метод корректировки ставки дисконтирования, методы теории игр, «дерево решений», метод нечеткой логики, метод сценариев.

Abstract: Uncertainty and risk play an important role in evaluating the effectiveness of an investment project. Therefore, each company seeks to minimize losses under the influence of various situations. The article discusses methods for evaluating the effectiveness of investment projects under conditions of uncertainty and risk, such as: the method of adjusting the discount rate, the method of reliable equivalents, the decision tree method, the game theory method, the scenario method, the fuzzy logic method, sensitivity analysis of performance indicators, simulation modeling by the Monte Carlo method.

Keywords: investment project efficiency, risk, uncertainty, discount rate adjustment method, game theory methods, decision tree, fuzzy logic method, scenario method.

Неопределенность числовых характеристик предполагаемого проекта считается важным фактором при прогнозировании финансовой эффективности и оценки рисков осуществления проекта. Неизбежная неопределенность создает столь же неизбежные риски при принятии решений. В результате возникает проблема формального представления и правильного расчета параметров прогнозирования неопределенности, определяющих проект. Следовательно, существование многообразных типов неопределенностей приводит к потребности корректировки вышеуказанных показателей, применяемых с целью оценки финансовой эффективности проекта, на основе использования математических методов, позволяющих формализовать и одновременно подвергать обработке различных типов неопределенностей.

Основные методы для оценки эффективности проектов в условиях риска и неопределенности представлены на рисунке 1.

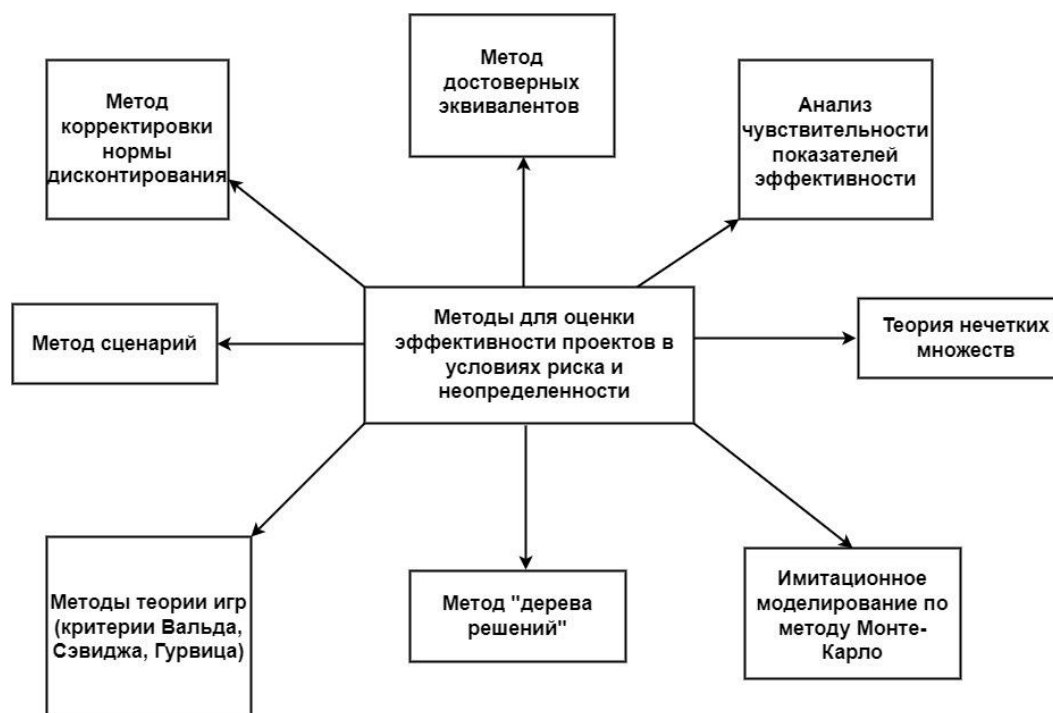


Рисунок 1 – Методы для оценки эффективности проектов

Метод достоверных эквивалентов (коэффициентов достоверности) подразумевает регулирование денежных потоков проекта на основе расчетной надежности ожидаемой стоимости проекта. Для этого для любого планового периода t вычисляется специальный понижающий коэффициент a_t . В зависимости от того, как находится понижающий показатель, имеется ряд альтернатив данного метода. Среди них выделяется один из подходов, в котором происходит вычисление отношения естественного значения денежного поступления безрисковых капиталовложений в промежуток времени t , к предполагаемому значению денежного поступления проекта в момент t .

$$a_t = \frac{CF_{rf}^t}{ECF_t},$$

где CF_{rf}^t – денежное поступление безрисковых капиталовложений в промежуток времени t ; ECF_t – предполагаемое значение денежного поступления проекта в момент t .

Согласно данному способу расчет коэффициентов надежности «денежных поступлений, создаваемые осуществлением проекта, объясняются как безрисковый инвестиционный доход, что подвергает к невыполнимости проведения исследования эффективности проекта в условиях неопределенности и риска» [7, с. 113].

Второй подход состоит в экспертной оценке, в которой параметр a_t определяет уровень вероятности предполагаемого размера денежных поступлений. В случае исследования эффективности долгосрочных капиталовложений предусматривается краткосрочная стоимость валютных инвестиций и условия, равносильные определенности, то для сведения к минимуму двойного счета необходимо использовать безрисковую ставку дисконтирования при оценке соответствующих показателей [2, с. 62].

Метод корректировки нормы дисконтирования показывает, что с увеличением ставки дисконтирования включается премия за риск. Он

рассчитывается по следующей формуле:

$$R^R = R + R^N + R^U,$$

где R – безрисковая ставка дисконтирования; R^N – отрегулирование ставки дисконтирования на нормальный уровень риска кредитора; R^U – поправка на риски, превышающие нормальные [6, с. 101].

Проблема рассмотрения чувствительности параметров эффективности заключается в изучении влияния различных обстоятельств проекта на существенные показатели эффективности проекта, к примеру, текущая величина выгоды. Выделяют следующие этапы анализа чувствительности:

Подбор основного признака эффективности инвестиций (текущая норма рентабельности (IRR) либо чистая приведенная стоимость – NPV).

Выбор условий, по которым создатель проекта не обладает абстрактными представлениями (т. е. находится в неопределенном состоянии). К таким факторам относятся: стоимость капитала и оборотных вложений; коммерческие конъюнктуры – стоимость продукции и объемы реализаций; составляющие себестоимости продукции.

Определить фиктивные и максимальные значения факторов неопределенности, которые были выбраны на втором шаге.

Рассчитать параметр для всех подобранных пределов неопределенности.

Основным недостатком данного метода считается то, что он позволяет изменять один параметр элемента отдельно от всех остальных параметров.

Метод сценариев кроме базисных наборов начальных данных проекта рассматривает большое число иных наборов данных, которые могут возникнуть во время исполнения проекта. В анализе сценария выбираются и оцениваются характеристики для набора «плохих» и «хороших» ситуаций. Затем рассчитывается NPV для хороших и плохих обстоятельств и сопоставляется с предполагаемым NPV.

Если версий сценария формирования много, но достоверно оценить их

вероятности невозможно, то в таком случае с целью принятия научных решений о подборе более выгодного проекта из большого количества других проектов в обстоятельствах неопределенности применяются методы теории игр [7, с. 114 – 115].

Критерий Вальда является максиминным критерием. Наиболее лучшим для данного критерия является стратегия A_k , для которой [3, с. 235]

$$W = \max_i \min_j a_{ij}.$$

«Критерий Вальда позволяет уменьшить риски для вкладчиков, но при его использовании многие выгодные проекты могут быть неосновательно отвергнуты. Этот метод условно понижает выгодность проекта, поэтому его целесообразно использовать для получения будущих результатов» [7, с. 115].

Критерий Сэвиджа является критерием минимаксного риска:

$$S = \min_i \max_j r_{ij}.$$

«Однако этот критерий неравносителен критерию Вальда, т. е. план, который выгодный по Сэвиджу, может быть не выгодным по Вальду» [3, с. 235].

«Критерий Сэвиджа ориентирован не только на уменьшении потерь, но и на сокращения угрызений совести об упущенном доходе. Для получения дополнительной суммы от проекта он допускает разумный риск». [7, с. 115] Применять данный критерий можно только в том случае, если вы убеждены, что неожиданная потеря определенного дохода никак не приведет к безотносительному краху компании.

Критерий Гурвица считается комбинированным критерием. В этом методе из всех ожидаемых альтернатив формирования операций в инвестиционной деятельности выбираются два, при которых проект достигает

минимальной и максимальной выгоды. Подбор целесообразного инвестиционного проекта с точки зрения чистой приведенной стоимости производится с помощью формулы:

$$H = \max_i (k \min_j a_{ij} + (1 - k) \max_j a_{ij}),$$

где $0 < k < 1$ – коэффициент оптимистичности. При $k = 1$ критерий Гурвица совпадает с критерием Вальда, а при $k = 0$ – крайний оптимизм [3, с. 235].

Метод дерева решений наиболее подходит для последовательного риска. Особенностью последовательного риска является то, что создание стоимости инвестиционных проектов осуществляется поэтапно, при этом с учетом влияния факторов окружающей среды в установленной последовательности.

«Дерево решений» – это графический или табличный метод, используемый для организации последовательности денежных потоков, которые могут быть созданы во время реализации инвестиционного проекта.

Данный метод позволяет комплексно учитывать риски инвестиционного проекта на каждом последующем этапе его реализации. Он применим к следующим ситуациям:

- два или более последовательных набора решений, и последующие решения основаны на результатах предыдущего решения;
- два или более наборов состояний окружающей среды, т. е. возникает цепочка решений, генерируемая друг другом, соответствующая для событий, которые происходят с определенной вероятностью.

Исходя из этого, при анализе инвестиционных проектов можно принимать во внимание корреляцию денежных поступлений, имеющих отношение к разным промежуткам времени. Например, если выясняется, что исследуемый проект имеет высокие показатели денежных поступлений на начальном промежутке времени, то вероятно, она будет иметь высокие показатели денежных поступлений в последующих периодах. Однако, хотя эта связь между тем, что произошло в один период, и тем, что произошло в

последующий период, часто наблюдается, ее нельзя полностью определить. Если предполагается, что между денежными потоками в разные периоды нет взаимосвязи, необходимо объяснить распределение вероятностей значений денежных потоков в разные периоды. Если такая связь действительно существует, то ее необходимо учитывать.

Характеристики реализации этого метода показаны на рисунке 2.

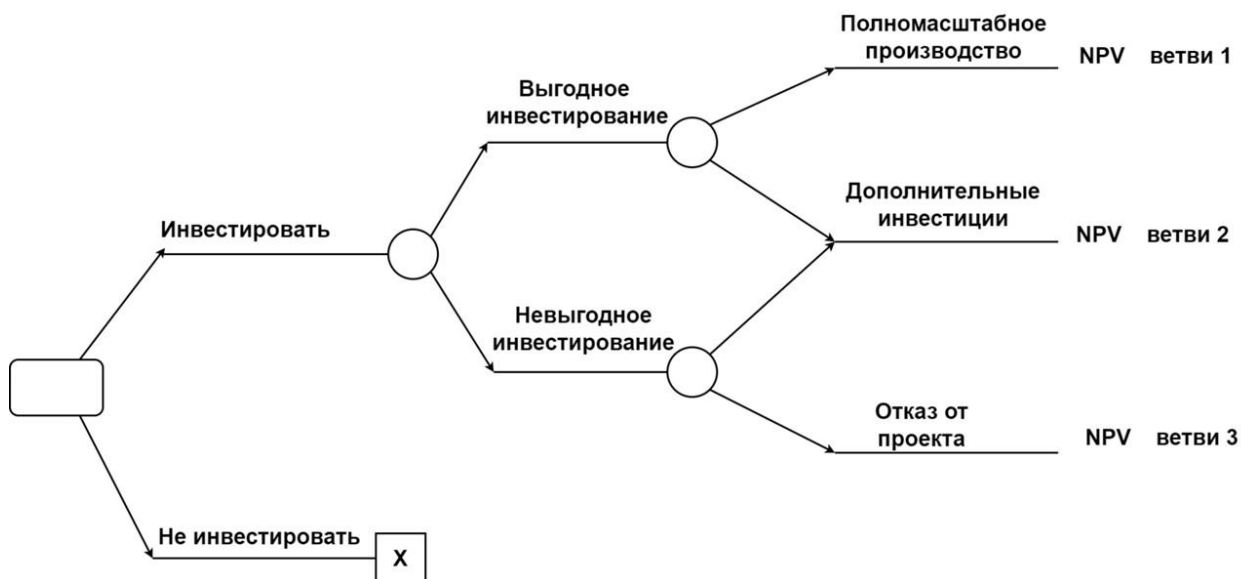


Рисунок 2 – Дерево решений

Алгоритм дерева решений:

- определить важные (узловые) события и назначить их тому или иному времени (шкала времени). Традиционно выбранные узлы отображаются графически. Альтернативные решения – ветвление;
- задать вероятности событий;
- соответствовать временной последовательности;
- прогнозировать денежный поток по оси времени для выполнения событий в каждой ветке;
- оценить эффективность по ветви и выбросить низкоэффективные ветви;
- вероятный расчет накопленного результата с учетом вероятности прохождения по ветке.

Превосходство данного способа в том, что дерево решений способен не

только принимать во внимание риски всех стадий инвестиционного проекта, однако, кроме того, способен реагировать на итоги любой стадии и принимать результативные решения [1, с. 190 – 192].

Имитационная модель оценки риска основывается на том, что при вычислениях часто используется чистая приведенная стоимость вместо нормы прибыли.

Суть модели такова:

1. На основании экспертной оценки любого проекта строятся 3 допустимых версии развития:

- а) худшее;
- б) наиболее достоверное;
- в) оптимистичное.

2. Для каждого варианта вычисляется NPV ;

3. Для каждого проекта вычисляется:

- а) среднее значение NPV :

$$\overline{NPV} = \sum_{j=1}^3 NPV_j * W_j ,$$

где NPV_j – чистая приведенная стоимость при j -ом варианте формирования; W_j – вероятность j -го варианта формирования.

- б) вариация:

$$V = \sum_{j=1}^3 (NPV_j - \overline{NPV})^2 * W_j.$$

- в) среднее квадратичное отклонение:

$$\delta = \sqrt{V}.$$

Наиболее рискованным проектом считается тот, у которого больше среднее квадратичное отклонение [8, с. 31 – 36].

Средством для перевода языковедческих показателей на математический язык является теория нечетких множеств.

Согласно определению: «Функция принадлежности $\mu_A(X)$ – математическая функция, которая определяет степень и уровень решительности в том, что элементы некоторого множества X принадлежат заданному нечеткому множеству A . Чем больший параметр x соответствует нечеткому множеству A , тем больше значение $\mu_A(X)$, т. е. тем ближе значение параметра к 1» [7, с. 118].

В методах теории нечетких множеств особый интерес уделяется интегральной оценке риска на основе критерия Воронова и Максимова ($V\&M$). Для любого инвестиционного проекта, который может быть оценен с помощью данного показателя, NPV можно свести к треугольному числу $NPV = (NPV_1, \overline{NPV}, NPV_2)$, где NPV_1 – чистая приведенная стоимость при выгодном сценарии; NPV_2 – чистая приведенная стоимость при невыгодном сценарии; \overline{NPV} – предполагаемая чистая приведенная стоимость. Если NPV превышает стандартную G , установленную инвестором (обычно принимается равным нулю), то проект считается прибыльным.

После того как установили последние показатели чистой приведенной стоимости, рассчитывают функцию принадлежности по следующей формуле:

$$V\&M = \int_0^{\alpha_1} \varphi^*(\alpha) d\alpha$$

где

$$\varphi^*(\alpha) = \begin{cases} 0, & G \leq NPV_1 \\ \frac{G - NPV_1}{NPV_2 - NPV_1}, & NPV_1 < G < NPV_2 \\ 1, & NPV_2 \leq G \end{cases}$$

После взятия интеграла, приводим уравнение к виду:

$$V\&M = \begin{cases} 0, & G < NPV_{min} \\ R * \left(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \ln(1 - \alpha_1)\right), & NPV_{min} \leq G < \overline{NPV} \\ 1 - (1 - R) * \left(1 + \frac{1 - \alpha_1}{\alpha_1} \ln(1 - \alpha_1)\right), & \overline{NPV} \leq G < NPV_{max} \\ 1, & NPV_{max} \leq G \end{cases}$$

где

$$R = \begin{cases} \frac{G - NPV_{min}}{NPV_{max} - NPV_{min}}, & G < NPV_{max} \\ 1, & NPV_{max} \leq G \end{cases}$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} 0, & G < NPV_{min} \\ \frac{G - NPV_{min}}{\overline{NPV} - NPV_{min}}, & NPV_{min} \leq G < \overline{NPV} \\ \frac{NPV_{max} - G}{NPV_{max} - \overline{NPV}}, & \overline{NPV} \leq G < NPV_{max} \\ 0, & NPV_{max} \leq G \end{cases}$$

Критерий Воронова и Максимова принимает значения от 0 до 1.

Выделяют следующие достоинства данного метода:

- на базе концепции нечетких множеств создается целый диапазон вероятных сценариев действий осуществлении плана;
- принимаются решения согласно совокупности оценок производительности плана;
- прогнозируемая результативность предполагает собой область интервальных значений, которая характеризуется функцией принадлежности соответствующего нечеткого числа [7, с. 118 – 120].

В завершении можно сказать, что одним из критериев расчета

приемлемости инвестиций является то, что разные методы дают разные рейтинги исследуемых проектов с учетом степени прибыльности. Причиной тому является то, что нереально объединить все без исключения в множество факторов и совмещение разных заинтересованностей возможных участников к только одному инвестиционному проекту. С учетом оценки каждого рассматриваемого проекта производится их конечный отбор в создаваемую компанией программы осуществления ансамбля проектов.

Библиографический список:

1. Болодурина, М. П. Инвестиционный анализ: учебное пособие / М. П. Болодурина. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 255 с. – ISBN 978-5-7410-1754-8. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/110686> (дата обращения: 13.12.2021). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Бурцева, Т. А. Моделирование и управление рисками: учебное пособие / Т. А. Бурцева. – Москва: РТУ МИРЭА, 2020. – 131 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/171446> (дата обращения: 29.01.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Есипов, Б. А. Методы исследования операций: учебное пособие / Б. А. Есипов. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 304 с. – ISBN 978-5-8114-0917-4. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212204> (дата обращения: 28.01.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Куляшова, Н. М. Математические методы анализа финансовых инвестиций / Н. М. Куляшова, И. А. Карпюк // Актуальные вопросы современной экономики. – 2018. – № 4. – С. 131-133.

5. Куляшова, Н. М. Математические методы и модели в экономике / Н. М. Куляшова, И. А. Карпюк. – Текст: электронный // Научно-методический электронный журнал Концепт. – 2016. № Т26. С. 661-665.

6. Романов, Б. А. Анализ экономики и управления предприятиями: учебно-практическое пособие / Б. А. Романов. – Москва: Дашков и К, 2016. – 248 с. – ISBN 978-5-394-02647-8. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1428047> (дата обращения: 20.02.2022). – Режим доступа: по подписке.

7. Управление проектами в АПК: учебное пособие / М. Ф. Тяпкина, Ю. Д. Монгуш, Е. А. Ильина, Д. И. Иляшевич. – Иркутск: Иркутский ГАУ, 2018. – 178 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/156825> (дата обращения: 28.03.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Яковлева, Н. А. Анализ эффективности инвестиционных проектов (с учетом фактора времени, риска и инфляции): учеб.-метод. пособ. / Н. А. Яковлева. – Мн.: БГУ, 2000 – 63 с.