Модельная оценка эффективности инвестиций в объекты капитального строительства

Митрофанов Евгений Петрович
кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных технологий и кибербезопасности, Российский государственный университет социальных технологий, mep79@list.ru,

Кулагина Алевтина Григорьевна
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры актуарной и финансовой математики, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, agkul68@bk.ru,

Петров Кирилл Алексеевич
магистрант, Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, krrrlll.0001@gmail.com,

Митрофанов Максим Евгеньевич
студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, mitrofanov@rgust.ru

В статье предложены пути совершенствования существующих методик оценки эффективности инвестирования объектов капитального строительства (ОКС) в регионах РФ. Итоговая оценка определяется как средневзвешенная величина критериев, характеризующих эффективность ОКС. Весовые коэффициенты критериев оцениваются с применением метода анализа иерархий.
В ходе исследования математически обоснована возможность использования логонормального распределения для получения экспертных оценок при построении матрицы попарных сравнений в методе анализа иерархий. Оптимальная оценка параметров логонормального распределения получена экспериментально с учетом требований к матрице попарных сравнений.
В работе получены доверительные интервалы оценок эффективности ОКС.
Проведенная верификация предлагаемой методики оценки эффективности инвестиций в ОКС по 229 объектам, показала приемлемую погрешность.
Ключевые слова: эффективность объектов капитального строительства, метод анализа иерархий, логонормальное распределение, интегральная оценка эффективности.

Введение

Инвестиции в строительную отрасль имеют важное значение для национальной экономики страны. Данный процесс обладает рядом ключевых особенностей: длительный срок окупаемости, высокая капиталоёмкость, риск и большая доля субъективизма экспертов[5]. Последнее оказывает ключевую роль на классификацию объектов инвестиций как эффективных и неэффективных, что в конечном итоге может привести к некорректным решениям.

Существующие классические методы оценки эффективности инвестиций, например, расчет чистой приведенной стоимости (NPV), дисконтированного срока окупаемости (IRR), сложны в расчетах и не отражают в полной мере все положительные и отрицательные эффекты для инвестора[1]. Сложность и трудоемкость расчетов классических показателей эффективности инвестиций обусловлена прежде всего тем, что для анализа требуется большое количество данных, которые не всегда есть в открытом доступе. Практика же показывает, что для оценки эффективности инвестиций в объекты капитального строительства предпочтительнее использовать ряд критериев с весовыми коэффициентами, которые заранее определены экспертным мнением аналитиков с учетом совокупности макроэкономических и отраслевых факторов, специфичных особенностей проекта, уровня инвестиционных рисков и стратегических целей инвестора.

К исследуемой проблеме стоит отнести и субъективное мнение эксперта в выборе критериев, их значений и весовых коэффициентов для оценки эффективности инвестиций в объекты капитального строительства.

Основной целью данного исследования является совершенствование методики оценки эффективности инвестиций в объекты капитального строительства с минимизацией субъективности итоговой оценки.

Данные и методология исследования

В настоящее время отсутствует единый инструмент по оценке эффективности инвестиций в объекты капитального строительства. Существующие методики основаны на экспертных оценках критериев, по которым оценивается эффективность ОКС, и их весовых коэффициентов. Это определяет высокую долю субъективизма в полученной оценке. К тому же для каждого региона определены свои критерии и весовые коэффициенты. Поэтому для получения единой и менее субъективной оценки эффективности ОКС по РФ целесообразно разработать методику с едиными критериями и математически обоснованными весовыми коэффициентами.

В целях сокращения имеющегося субъективизма в настоящем исследовании предлагается использовать метод анализа иерархий для определения весовых коэффициентов критериев, характеризующих эффективность ОКС.

Кроме основной проблемы, существует и другая, не менее важная – это отсутствие группы реальных экспертов. В качестве альтернативы решения этой проблемы мы предлагаем математическое моделирование экспертного мнения.

Для математически обоснованного алгоритма оценки эффективности ОКС предлагаем воспользоваться методом анализа иерархий, разработанный американским математиком Томасом Саати[3, 6].

Алгоритм состоит из трех последовательных действий.

На первом этапе производится сбор экспертных оценок и формируется матрица попарных предпочтений (1).

$$A_{n\times n}=\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

На втором этапе производится проверка противоречивости экспертных суждений с помощью критерия согласованности (2), значение которого не должно превышать критического значения, равного 0.1[4].

$$KC=\frac{ИС}{M[ИС]}=\frac{\lambda_{max}^{набл}-n}{(n-1)\cdot M[ИС]}. \quad (2)$$

Моделирование экспертного мнения проводилось посредством датчика случайных чисел (3) и использования логнормального закона распределения (4), (5), (рис. 1).

$$X=\{1,\dots,9\}=\{1, 0\le z<F_1, k, F_{k-1}\le z<F_k, \dots 9, F_8\le z<1. \quad (3)$$

где z – случайное число,

$$F(x)=\int_0^x f(t)\,dt, \quad (4)$$

$$f(x)=\frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}}e^{\frac{-(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}}. \quad (5)$$

Одним из ключевых критериев в выборе закона распределения является то, насколько адекватно он отражает человеческое мышление. Логнормальное распределение с теоретической и практической точки зрения является наиболее подходящим для моделирования экспертных оценок[2].

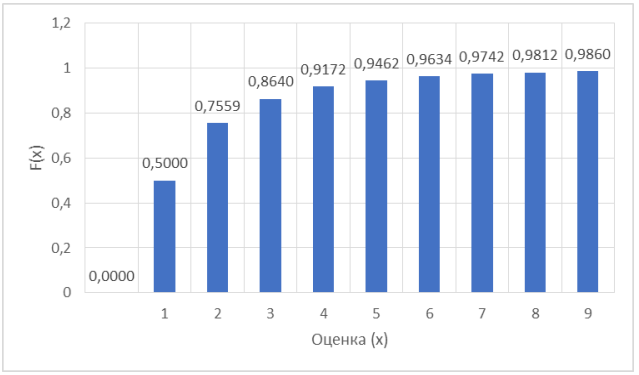


Рис. 1. Гистограмма функции распределения логнормального закона.

Данный закон распределения задается двумя параметрами: μ и σ, каждый из которых имеет практическое обоснование: $\mu = 0$ означает, что «эксперт» не склонен к намеренному завышению оценок; σ – характеризует неопределённость. С ростом значения параметра σ увеличивается разброс фактических оценок «эксперта» вокруг истинных.

Оптимальные значения параметров логонормального распределения определены экспериментально. Результаты эксперимента, по определению оптимального значения параметра σ, представлены на рис. 2 и рис. 3. Получили, что оптимальное значение σ лежит диапазоне от 0.05 до 0.6. Однако на уровне значимости 10 % при значении $\sigma > 0.6$ согласованность матриц значительно уменьшается. Поэтому для моделирования экспертного мнения выбрано значение $\sigma = 0.45$. А второй параметр μ задается равным 0.

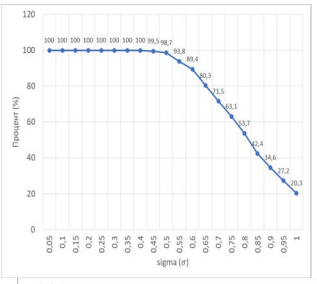


Рис. 2. Зависимость доли сгенерированных согласованных матриц от σ

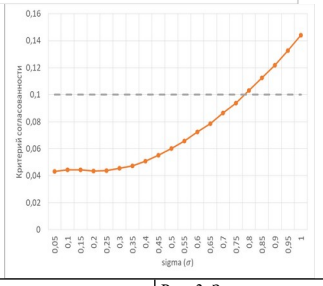


Рис. 3. Зависимость среднего значения КС сгенерированных матриц от

В рамках исследования рассмотрены две основные методики, регламентирующие оценку эффективности инвестиций в объекты капитального строительства в разных регионах РФ.

Алгоритм оценки (рис. 4) достаточно простой: по каждому критерию (табл. 1) эксперты выставляют баллы, которые умножаются на соответствующие весовые коэффициенты и после чего полученные значения суммируются. Результатом вычислений является комплексная оценка, по значению которой определяется характеристика объекта.

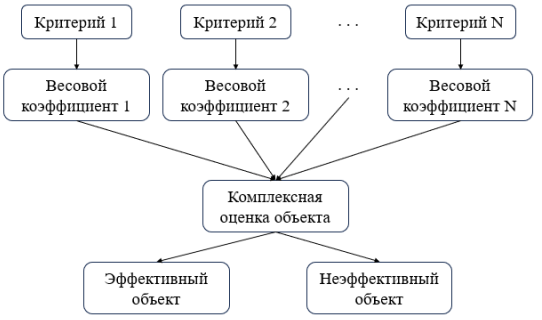


Рис. 4. Методика оценки эффективности ОКС

Таблица 1
Критерии оценки эффективности ОКС

Методика №1	Методика №2
Критерий охвата результатами проекта ($К_{Э1}$)	Публичность обязательств ($ЭК_1$)
Критерий влияния проекта на объем услуг, достаточный для нужд области ($К_{Э2}$)	Состояние завершенности проекта ($ЭК_2$)
Критерий обеспеченности услугами до реализации проекта ($К_{Э3}$)	Фактическое состояние объектов общественной инфраструктуры ($ЭК_3$)
Критерий степени подготовки проекта ($К_{Э4}$)	Социальная эффективность проекта ($ЭК_4$)
Критерий достижения планируемых результатов ($К_{Э5}$)	Бюджетная эффективность проекта ($ЭК_5$)
Критерий обеспеченности планируемого проекта инженерной и транспортной инфраструктурой ($К_{Э6}$)	Последствия привлечения средств республиканского бюджета Чувашской Республики в проект ($ЭК_6$)
Критерий бюджетной эффективности ($К_{Э7}$)	Своевременность регистрации прав собственности на объекты госзаказа ($ЭК_7$)
Критерий изменения эксплуатационных затрат ($К_{Э8}$)	Наличие гарантийных обязательств муниципалитета по содержанию объекта ($ЭК_8$)
Критерий привлечения средств ($К_{Э9}$)	

В таблице 1 представлены критерии, которые участвуют в формировании комплексной оценки. Каждому такому критерию проставляется определенная оценка, которая тоже заранее выставлена объекту экспертом.

Одинаковым цветом выделены критерии, которые, по нашему мнению, являются схожими по смыслу. Остальные же критерии уникальные в каждом регионе.

С учетом всего вышеупомянутого в рамках исследования разработан общий алгоритм (рис. 5) оценки объектов капитального строительства, который включает моделирование экспертных предпочтений в выборе критериев, пересчет весовых коэффициентов и формирование новой комплексной оценки.

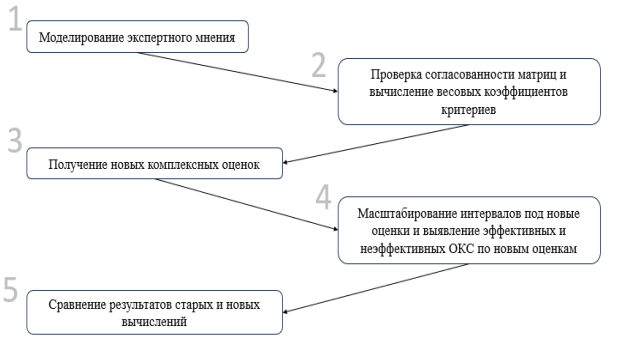


Рис. 5. Разработанный алгоритм оценки эффективности ОКС.

В качестве верификации предлагаемой нами методики на рис. 6 представлены результаты оценки эффективности 229 ОКС по методикам, предложенными экспертами, а результаты расчетов по усовершенствованному алгоритму представлены на рис. 7.

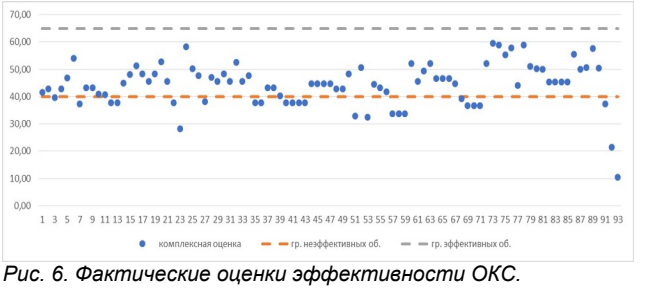


Рис. 6. Фактические оценки эффективности ОКС.

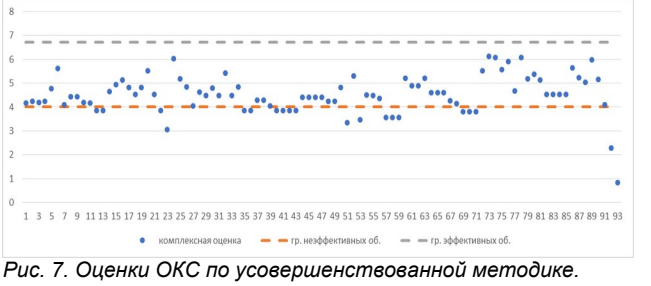


Рис. 7. Оценки ОКС по усовершенствованной методике.

Следует отметить, расхождение в оценках эффективности рассмотренных 229 ОКС незначительно, что подтверждает объективность полученных на основе МАИ весовых коэффициентов критерий (табл. 2). Применение этой методики существенно сократит субъективизм итоговой оценки.

Таблица 2
Оценка эффективности ОКС

Классификация объектов	Фактическая оценка	Оценка по усовершенствованной методике
Не эффективные объекты	26,882%	21,505%
Эффективные объекты	73,118%	78,495%

Заключение

В работе теоретически обосновано применение логнормального распределения для моделирования экспертных суждений при формировании матрицы попарных сравнений критерий, характеризующих эффективность инвестиций в ОКС. На основе психофизического закона Вебера-Фехнера показано, что выбранное распределение наиболее точно отражает основу парных сравнений в методе анализа иерархий. В ходе практического эксперимента определены оптимальные значения параметров логнормального распределения для моделирования согласованных матриц попарных предпочтений.

В практической части работы предложен усовершенствованный алгоритм оценки эффективности объектов капитального строительства, основанный на теоретической базе проведенного исследования. Применение выработанного подхода к реальной оценке эффективности инвестиций в ОКС показало хорошую точность с небольшими расхождениями, которые являются следствием применения нелинейного метода моделирования экспертных оценок и нелинейного масштабирования заданных интервалов, классифицирующих объекты как эффективные и неэффективные.

С целью формирования единой методики по оценке эффективности объектов капитального строительства на всей территории РФ целесообразно разработать единый набор критериев, а их весовые коэффициенты рассчитывать по предложенной методике. Это повлечет за собой ряд положительных изменений в методологию оценки эффективности инвестиций в объекты капитального строительства, среди которых стоит отметить:

сравнительный анализ ОКС по всей России позволит улучшить качество принимаемых решений;

формирование общероссийского рейтинга инвестиционной привлекательности объектов капитального строительства;

повышение прозрачности процесса принятия инвестиционных решений;

ведение мониторинга инвестиционной активности в капитальное строительство на федеральном и региональном уровнях.

Таким образом, предложенный подход к оценке эффективности инвестиций в объекты капитального строительства расширяет теоретико-методологическую основу инвестиционного анализа и может быть рекомендован к практическому применению оценки реальных объектов.

Литература

1. Анализ маркетинговых данных в строительном бизнесе / А. Г. Кулагина, С. Н. Лаванов, Е. Г. Ефимова [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2026. – № 2(164). – DOI 10.60797/IRJ.2026.164.68. – EDN SPSWJK.
2. Бацокин, А. О. Применение закона Вебера-Фехнера в оплате труда персонала / А. О. Бацокин, А. С. Макекадырова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 4-2(94). – С. 11-14. – DOI 10.23670/IRJ.2020.94.4.024. – EDN UXEZBN.
3. Волокобинский, М. Ю. Принятие решений на основе метода анализа иерархий / М. Ю. Волокобинский, О. А. Пекарская, Д. А. Рази // Вестник Финансового университета. – 2016. – Т. 20, № 2(92). – С. 33-42. – EDN WDCJHB.
4. Лубенцова Е. В., Ожогова Е. В., Лубенцов В. Ф. [и др.] Метод согласованности матриц парных сравнений на основе компонент их максимальных собственных чисел // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – № 7. – С. 78-83. – DOI 10.17513/snt.38138. – EDN DJHVKM.
5. Львова М. И., Долгих Ю. А. Теоретические аспекты инвестиционных проектов в сфере строительства // Вестник Академии знаний. 2022. №6 (53). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-aspekty-investitsionnyh-proektov-v-sfere-stroitelstva.
6. Саати, Томас Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати; Пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. — М.: Радио и связь, 1993. — 314,[1] с.: ил.: 20 см.; ISBN 5-256-00443-3.

Model assessment of the efficiency of investments in capital construction projects

Mitrofanov E.P., Kulagina A.G., Petrov K.A., Mitrofanov M.E.
Russian State University of Social Technologies, I.N. Ulyanov Chuvash State University, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)

JEL classification: D24, D20, D61, D80, D92, O11, O12, M20

The article proposes ways to improve existing methods for assessing the efficiency of investing in capital construction projects (CCPs) in the regions of the Russian Federation. The final assessment is determined as the weighted average of the criteria characterizing the efficiency of CCPs. The weighting coefficients of the criteria are assessed using the hierarchical analysis method. During the study, the possibility of using the lognormal distribution to obtain expert assessments when constructing a matrix of pairwise comparisons in the hierarchical analysis method is mathematically substantiated. The optimal estimate of the parameters of the lognormal distribution was obtained experimentally, taking into account the requirements for the matrix of pairwise comparisons. The study obtained confidence intervals for the estimates of the effectiveness of OCS.. The verification of the proposed methodology for assessing the effectiveness of investments in OCS across 229 objects showed an acceptable level of error.

Keywords: efficiency of capital construction facilities, hierarchical analysis method, lognormal distribution, integral efficiency assessment.

References

1. Analysis of marketing data in the construction business / A. G. Kulagina, S. N. Lavanov, E. G. Efimova [et al.] // International Research Journal. – 2026. – No. 2(164). – DOI 10.60797/IRJ.2026.164.68. – EDN SPSWJK.
2. Batsokin, A. O. Application of the Weber-Fechner law in personnel remuneration / A. O. Batsokin, A. S. Makekadyrova // International Research Journal. – 2020. – No. 4-2(94). – P. 11-14. – DOI 10.23670/IRJ.2020.94.4.024. – EDN UXEZBN.
3. Volokobinsky, M. Yu. Decision-making based on the Analytic Hierarchy Process / M. Yu. Volokobinsky, O. A. Pekarskaya, D. A. Razi // Bulletin of the Financial University. – 2016. – Vol. 20, No. 2(92). – P. 33-42. – EDN WDCJHB.
4. Lubentsova E. V., Ozhogova E. V., Lubentsov V. F. [et al.] Method for the consistency of pairwise comparison matrices based on the components of their maximum eigenvalues // Modern High Technologies. – 2020. – No. 7. – P. 78-83. – DOI 10.17513/snt.38138. – EDN DJHVKM.
5. Lvova M. I., Dolgikh Yu. A. Theoretical aspects of investment projects in the construction sector // Bulletin of the Academy of Knowledge. 2022. No. 6 (53). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-aspekty-investitsionnyh-proektov-v-sfere-stroitelstva.
6. Saaty, Thomas L. Decision Making: The Analytic Hierarchy Process / T. Saaty; Trans. from English by R. G. Vachnadze. — Moscow: Radio i Svyaz, 1993. — 314,[1] p.: ill.: 20 cm; ISBN 5-256-00443-3.