

УДК 65.012

С. Джавед, А. А. Руденко

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ВЫБОРА МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОБЪЕКТОВ

В статье представлен краткий анализ содержания и условий управления строительными проектами. В ходе исследования выявлены основные проблемы управления строительством, а также рассмотрены различные методы их решения с использованием многокритериальных подходов. Особое внимание уделено значению грамотного управления как решающего фактора, обеспечивающего успех для любого значимого и устойчивого проекта. Управление строительным проектом представлено как сложный процесс, включающий постановку целей, определение требований пользователей, а также учет ограничений проекта и ресурсов. Цель данного исследования — создание практически значимой модели управления строительством. В рамках статьи представлен комплексный набор критериев, которые послужили основой для разработки модели принятия решений в области управления строительством. Успешное применение данной модели продемонстрировано на примере турецкого тематического исследования. Для анализа и расчетов использовались метод аналитической иерархии и программное обеспечение.

К л ю ч е в ы е с л о в а: строительство, проект, управление, подрядчик, многокритериальное принятие решений.

Введение

Управление строительством и применяемые технологии представляют собой два важных аспекта, влияющих на развитие сферы строительства. Несмотря на внедрение нескольких передовых технологий в строительные проекты за последние 40 лет, эффективность данной отрасли оставалась на недостаточно высоком уровне [1]. Предшествующие исследования указывают на то, что цифровые технологии способствуют созданию быстрых и гибких организационных структур для проектов. Процесс управления строительным проектом начинается с идентификации потребностей пользователей, ограничений проекта и ресурсов, а также установления реалистичных задач для достижения стратегических целей. Этот процесс является итеративным, поскольку новая информация становится доступной благодаря усилиям различных специалистов, участвующих в проекте [2]. В настоящее время мобильные устройства, облачные вычисления и интегрированные программные решения все чаще используются для хранения, поиска, автоматизации, прототипирования и моделирования. Основной задачей управления проектом является обеспечение выполнения проекта в соответствии с требованиями к объему работ с учетом бюджета и графика, а также обеспечение приемлемого уровня рисков, качества, безопасности и защищенности [3].

Выбор подрядчика является одной из ключевых задач в сфере строительства. Среди множества претендентов на рынке определение подходящего кандидата представляет собой сложную проблему для заказчиков. Особенно важно правильно выбрать подрядчика, способного обеспечить высокое качество строительства, учитывая долгосрочные перспективы проекта [2]. Дос-

тижение этой цели в значительной степени зависит от эффективности работы выбранного подрядчика. Исследования подтверждают, что качество выпускаемой продукции и своевременность поставок играют важную роль при выборе поставщика.

В строительной отрасли все процессы имеют определенную значимость [4]. Все управленческие вопросы в сфере строительства должны решаться по мере их возникновения. Теории организации рассматривают решение проблем как процесс обработки информации [5], однако с развитием знаниевых подходов к организации решение проблем все чаще рассматривается как стимул для создания новых знаний. В процессе совместного решения проблем разные участники вносят свои знания в ситуацию, они обмениваются, создают и распространяют информацию в команде [6]. В рамках строительных проектов совместное решение проблем часто осуществляется на месте с помощью прагматического управления изменениями в проекте.

Материалы и методы

Многокритериальная модель принятия решений используется для выбора методов управления при проектировании и строительстве технически сложных объектов. Она представляет собой инструмент, предназначенный для учета множества часто противоречивых критериев при принятии решений.

Каждый из этих критериев может быть измерен в разных единицах, иметь качественные характеристики и различный относительный вес [7, 8]. Некоторые критерии могут быть измерены количественно, в то время как другие могут быть оценены только субъективно [9].

Основы многокритериальной модели заложены в 1960—1970-х гг., и с тех пор разработано множество методов решения проблем, в том числе многокритериальная модель принятия решений. Эти методы способны решать широкий круг управленческих задач, обеспечивая адекватный учет взаимосвязанных и разнообразных критериев при принятии решений [10]. В последние десятилетия наблюдается растущий интерес к многокритериальной модели принятия решений в контексте выбора методов управления при проектировании и строительстве технически сложных объектов, таких как здания, мосты, инфраструктурные сооружения и т. д. Эта модель представляет собой эффективный инструмент для анализа и выбора оптимальных стратегий управления в таких проектах, учитывающий множество разнообразных критериев [11—13]. При применении в контексте строительства технически сложных объектов учитываются различные аспекты, включая следующие:

- разработка строительных проектов требует учета множества функциональных требований и технических спецификаций, таких как прочность, устойчивость к нагрузкам, энергоэффективность и др.;
- строительство и эксплуатация технически сложных объектов связаны со значительными экономическими затратами. Поэтому в процессе принятия решений необходимо учитывать финансовые ограничения, стоимость строительства, операционные расходы, прогнозируемую доходность и т. д.;
- строительство и эксплуатация объектов влияют на окружающую среду. Оценка экологических последствий, учет использования ресурсов, снижение негативного воздействия на природу и общество — важные критерии при принятии решений;

- социальные факторы, такие как безопасность, уровень удовлетворенности общества, включая местное сообщество, работников и пользователей объекта;

- оценка технической сложности проекта и возможности применения инновационных технологий для повышения эффективности и сокращения рисков.

Все эти критерии могут иметь различные единицы измерения, качественные характеристики и относительный вес. При использовании многокритериальной модели принятия решений для выбора методов управления при проектировании и строительстве технически сложных объектов, рассматривая возможности выбора подрядчика на основе метода низкой цены, должен учитываться ряд потенциальных последствий. Во-первых, среди непрофессионалов распространено заблуждение, что профессиональные чертежи и спецификации автоматически гарантируют идентичные результаты от всех подрядчиков [14, 15]. Однако это не всегда так, разные подрядчики могут достичь различных результатов, что может не соответствовать ожиданиям заказчика. Во-вторых, важно отметить, что окончательные стоимость и качество строительства остаются неизвестными до завершения проекта, поэтому владелец и архитектор должны ожидать завершения процесса строительства, чтобы убедиться, что проект соответствует заданным бюджету и качественным стандартам [16].

При проектировании и строительстве технически сложных объектов крайне важно применение многокритериальной модели принятия решений для выбора оптимальных методов управления строительством. Для этого необходимо последовательно выполнить ряд шагов. Разработана специализированная модель, основанная на многокритериальном подходе, чтобы обеспечить эффективное принятие решений в данных условиях [17—19]. В рамках многокритериальной модели принятия решений для выбора методов управления в процессе проектирования и строительства технически сложных объектов необходимо последовательно выполнить следующие этапы:

1. Определение альтернативных вариантов решения. Например, при выборе подрядчика для строительства необходимо проанализировать все доступные варианты для данного проекта.

2. Установка критериев для этих альтернатив. Это включает определение факторов, оказывающих влияние на выбор подрядчика.

3. Разработка системы критериальной оценки. Каждый критерий оценивается индивидуально, поэтому требуется создание системы оценки, учитывающей разнообразные уровни значимости критериев. Например, опыт подрядчика может быть оценен как выдающийся, отличный, средний, ниже среднего или недостаточный, а рентабельность может быть высокой, средней или низкой и т. д.

4. Определение весов критериев. На этом этапе устанавливается важность каждого критерия. Чем более важен критерий, тем больший вес ему присваивается.

5. Оценка каждого критерия для каждой альтернативы. Это позволяет проанализировать каждую альтернативу с учетом всех критериев.

6. Принятие решения и выбор наилучшей альтернативы, осуществляемые с использованием компьютерного программного обеспечения для подсчета и анализа данных.

Результаты и обсуждение

В рамках процесса выбора методов управления при проектировании и строительстве технически сложных объектов применение многокритериальной модели принятия решений играет ключевую роль. Решение о выборе подрядчика для выполнения строительных работ зависит от широкого спектра факторов, включая технический опыт, показатели производительности, финансовую устойчивость, квалификацию персонала, мощность, безопасность и состояние эксплуатации оборудования.

Учитывая их разнообразие и степень значимости, необходимо провести систематическую оценку, включающую как основные критерии, так и подкритерии. Например, при анализе технического опыта подрядчика учитывают количество завершенных проектов, присваивая им разные степени важности. Производится расчет весовых коэффициентов для изучаемых факторов.

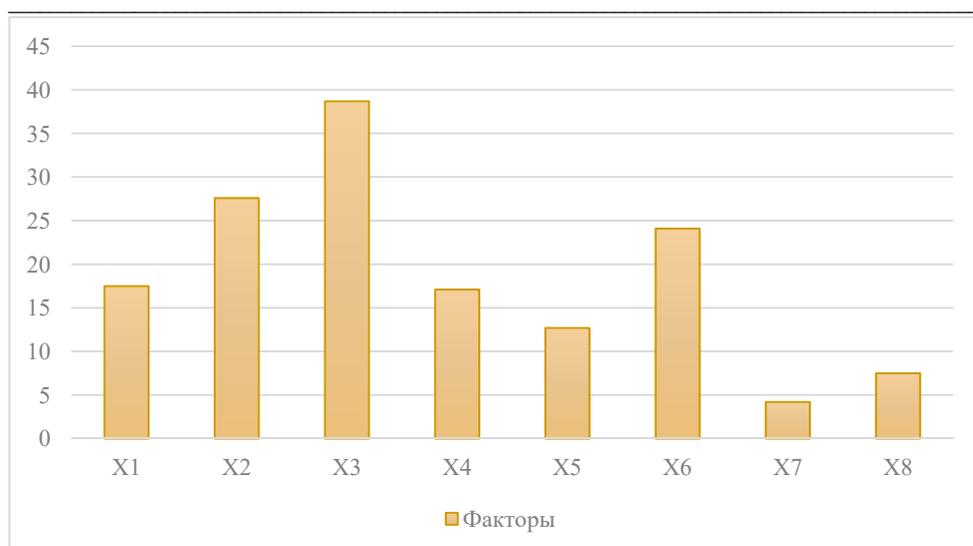
Проведенные эксперимент и анализ позволили выделить ряд факторов, оказывающих влияние на эффективности выбора организационно-производственных структур и методов управления строительством (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Исследуемых факторов, влияющих на эффективности выбора методов управления

Наименование фактора	Модуль	Ранг
Средний срок строительства по стандартам	X_1	3
Прогресс в технологических процессах строительства	X_2	1
Применение современных методов временного планирования	X_3	2
Модернизация инфраструктурных систем	X_4	5
Улучшение системы управления качеством	X_5	4
Выполнение работ при климатических условиях местности	X_6	1
Потребности в строительных материалах и изделиях	X_7	2
Техническая подготовленность строительной компании	X_8	1
Сотрудничество строительной компании с внутренними и внешними участниками	X_9	3
Масштаб инвестиций в проекты	X_{10}	1
Обеспечение строительства техническими средствами	X_{11}	4
Стандарты организационно-технической документации	X_{12}	3
Планирование, реальные сроки завершения проекта	X_{13}	5
Исследование временных затрат	X_{14}	3
Наличие высококвалифицированных специалистов	X_{15}	3

Эти факторы представляют собой различные аспекты, важные при принятии решений по выбору организационно-производственных структур и методов управления в строительстве. Учет всех этих факторов способствует повышению эффективности строительного процесса. Основные факторы, описывающие выбор организационно-производственных структур в рамках предложенной декомпозиции строительного объекта, влияют на выбор организационно-производственных структур, которые придают вероятностный характер производственному процессу в строительстве. Графическое представление этого вектора весов параметров предложено на рис.



Распределение степени значимости каждого фактора

Для решения этой задачи наиболее распространенным методом является использование средних значений для обобщения результатов. Способы определения весовых характеристик будут рассмотрены более подробно далее. После завершения анкетирования экспертов производится обработка данных.

Для проверки результатов экспертного опроса и измерения степени взаимосвязи между ранжированными факторами использовался коэффициент конкордации (КС).

$$КС = \frac{12S}{d^2(n^3 - n) - d \sum T_i} = 0,56, \quad (1)$$

где n — количество рассматриваемых факторов (15); d — количество участвующих экспертов (5); S — сумма квадратов разностей между суммой рангов и их средней арифметической; T_i — количество повторяющихся элементов в оценках i отдельного эксперта.

Мера согласованности также определяется путем вычисления коэффициента корреляции Пирсона с применением следующего уравнения:

$$X_p^2 = КС d(n-1) = 0,56 \cdot 5(15-1) = 39,2. \quad (2)$$

Этот метод представляет собой анкетирование, разработанное с учетом особенностей конкретной отрасли. При изучении вопросов и заполнении анкеты каждому эксперту предлагается выставить оценку от 1 до 15 для каждого из предложенных факторов.

Аналогично осуществляется оценка производительности, финансовой устойчивости, квалификации персонала, мощности, безопасности и состояния оборудования. Эти критерии и подкритерии подвергаются систематической оценке на основе экспертных оценок и мнения заинтересованных сторон.

Метод аналитической иерархии (МАИ) специально разработан для обработки многокритериальных задач принятия решений, а также обеспечивает систематическую оценку значимости каждого критерия и подкритерия с учетом их влияния на итоговое принятие решений. В контексте данного метода ключевым инструментом оценки является коэффициент согласованности (КС), который применяется для проверки степени согласованности мнений экспертов, что обеспечивает основания для использования данных в дальнейшем анализе.

Для каждой категории критериев вычислены веса подкритериев, что отражено в обобщенных значениях весов, представленных в табл. 2.

Таблица 2

Оценка критериев в многокритериальной модели управления строительством

Критерий	Весовой показатель	Методы управления		
		Организационно-административные методы	Экономические методы	Социально-психологические методы
Стоимость	0,2	Высокая	Средняя	Низкая
Время выполнения	0,3	Долгое	Среднее	Короткое
Качество выполнения работ	0,25	Низкое	Среднее	Высокое
Сложность реализации	0,15	Высокая	Средняя	Низкая
Степень автоматизации	0,05	Низкая	Средняя	Высокая
Риск	0,1	Высокий	Средний	Низкий

В результате этого использованы планы, близкие по критериям D -оптимальности, и уделено внимание построению матрицы планирования с учетом всех особенностей процесса. Важно отметить, что основная цель факторного анализа заключается в упрощении сложных данных для более глубокого понимания связей между ними. Этот процесс включает использование критериев корреляции Пирсона для вычисления взаимосвязи между переменными факторами, что требует особого внимания.

Для сокращения числа переменных исключим технологические и организационные аспекты с рейтингом ниже восьмого уровня и применим методы парной корреляции (интеркорреляции). После проведения расчетов выделены ключевые технологические и организационные аспекты, воздействующие на выбор методов управления строительством $X_2, X_6, X_8, X_{10}, X_3, X_9, X_{12}, X_{15}$. Данные переменные сгруппированы в соответствии с результатами, которые представлены в табл. 3.

На основе проведенного анализа матрицы интеркорреляций выделяются четыре группы тесно взаимосвязанных переменных Z_1, Z_2, Z_3 и Z_4 . Значимость факторов Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 оказывается значительно больше по сравнению с остальными. Общее воздействие этих факторов на нашу систему составляет менее

25 %, что делает возможным их исключение с учетом небольшого объема потери информации. Эти категории переменных представлены в виде колонок, а факторы из числа имеющихся выделены в строках. Для каждой категории в строке указан средний коэффициент корреляции между факторами этой категории. Таким образом, создана факторная матрица (табл. 4), в которой коэффициенты корреляции представляют собой факторные нагрузки.

Таблица 3

Сводная матрица сравнений, взаимосвязей между восьмью факторами по критерию

Индекс параметра	X_2	X_6	X_8	X_{10}	X_3	X_9	X_{12}	X_{15}
X_2	1	-0,9573	0,024195	0,75515	-0,68432	-0,26082	-0,77022	-0,8681
X_6	-0,9573	1	-0,44431	-0,44431	-0,44431	-0,44431	-0,44431	-0,44431
X_8	0,024195	-0,44431	1	-0,5363	-0,5363	-0,5363	-0,5363	-0,5363
X_{10}	0,75515	-0,48991	-0,5363	1	-0,37313	-0,37313	-0,37313	-0,37313
X_3	-0,68432	0,392787	-0,68411	-0,37313	1	-0,65401	-0,65401	-0,65401
X_9	-0,26082	-0,28965	0,641587	-0,33131	-0,65401	1	-0,49331	-0,49331
X_{12}	-0,77022	0,26401	-0,61832	-0,13281	-0,45210	-0,49331	1	0,986706
X_{15}	-0,8681	0,641238	-0,66391	-0,31241	0,88736	-0,53451	0,986706	1

Таблица 4

Сводная матрица сравнений факторов

Индекс параметра	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
X_2	0,737	-0,592	-0,11	-0,302
X_6	-0,782	0,898	-0,703	0,049
X_8	0,011	-0,421	0,798	-0,512
X_{10}	0,757	-0,652	-0,038	-0,261
X_3	-0,472	0,898	-0,0901	0,052
X_9	0,104	-0,683	0,798	-0,441
X_{12}	-0,102	0,064	-0,581	0,808
X_{15}	-0,461	0,037	-0,471	0,808

Важность всех групп факторов определяется уровнем дисперсии между факторными нагрузками и факторами. Для вычисления значения группы Z_i необходимо найти общую сумму квадратов нагрузки каждого из факторов X_i во всех столбцах факторной матрицы. Следовательно, дисперсия группы Dz_i выражается следующим образом: оценка весовых характеристик группы факторов $X(z_i)$ вычисляется как отношение дисперсии группы Dz_i к общему числу факторов n по следующей формуле:

$$Y(z_i) = Dz_i / n. \quad (3)$$

Весовые характеристики отражают, какую часть общей дисперсии в матрице интеркорреляций представляет собой каждая конкретная группа z_i . Данные по $X(z_i)$ и Dz_i представлены в табл. 5.

*Наиболее значимые факторы,
влияющие на выбор методов управления строительством*

Группа значимых факторов	Дисперсия группы	Характеристика группы с учетом весовых факторов
Z_1	0,6992	0,0874
Z_2	0,1962	0,0246
Z_3	0,4188	0,0524
Z_4	0,6948	0,0869

Эти факторы могут служить основой для разработки организационно-технической модели процесса производства работ, а также ориентиром для исследователей с целью оптимизации использования ресурсов, затрат и сокращения продолжительности строительства. Полученные исследовательские выводы стали достаточными для создания параметрической основы, обеспечивающей высокий уровень надежности строительства.

Выводы

Результаты проведенного исследования выбора методов управления при проектировании и строительстве технически сложных объектов позволили сделать следующие выводы:

1. Применение многофакторной модели демонстрирует, что выбор оптимальных методов управления требует системного подхода и тщательного анализа множества факторов.

2. Успешное осуществление проекта зависит от эффективного управления ресурсами, соблюдения временных рамок и обеспечения высокого стандарта качества работ.

3. Многофакторная модель позволяет выявлять потенциальные проблемы и риски на ранних этапах проекта, что способствует разработке мер по их предотвращению или снижению. Это снижает вероятность возникновения препятствий и задержек в процессе строительства.

4. Модель обеспечивает системный подход к управлению процессом строительства, способствуя повышению производственной эффективности и успешному завершению проектов.

5. Адекватный анализ множества факторов позволяет оптимизировать использование ресурсов, эффективно распределять задачи и контролировать выполнение работ.

6. Использование многофакторной модели в управлении проектами в строительной отрасли, особенно в контексте оптимального использования ресурсов, снижения рисков и достижения целей проекта, позволяет компаниям эффективно конкурировать на строительном рынке и удовлетворять потребности заказчиков, соблюдая высокие стандарты качества и безопасности в процессе строительства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Абрамова И. Г.* Основы организации и управления подготовкой производства машиностроительного предприятия: учеб. пособие. Самара : СГАУ, 2011. 96 с.
2. *Торгашина С. Н., Ереценко Т. В., Косовцев В. Д., Чернобай Е. А.* Междисциплинарные связи // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия : Строительство и архитектура. 2022. Вып. 1(86). С. 348—357.

3. *Парамонов Ф. И.* Моделирование процессов производства. М. : Машиностроение, 1984. 232 с.
4. *Петров А. С.* Основы организации и управления промышленным производством. М. : Экономика, 1969. 216 с.
5. *Пелих А. С., Терехов Л. Л., Терехова Л. А.* Экономико-математические методы и модели в управлении производством: учеб. пособие. Ростов-н/Д. : Феникс, 2005. 246 с.
6. *Коркмазов Ш. Х., Омельченко И. С.* Динамическая операционная модель как метод решения задачи управления автоматизированным производством // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2015. № 1. С. 47—53.
7. *Заболотни Г. И., Матвеева Е. А., Симагина С. Г.* Информационные технологии управления: реализация функциональных задач стратегического, финансового и инвестиционного менеджмента: учеб. пособие. М. : ЮНИТИДАНА, 2012. 140 с.
8. *Саак А. Э., Пахомов Е. В., Тюшняков В. Н.* Информационные технологии управления: учебник по специальности «Государственное и муниципальное управление». СПб. : Питер, 2013. 318 с.
9. *Калачева Е. А.* Внедрение RDM-системы на предприятии как фактор оптимизации производства // Методы менеджмента качества. 2015. № 1. С. 30—33.
10. *Трофимов В. В.* Информационные системы и технологии в экономике и управлении: учебник для академического бакалавриата по направлению «Менеджмент». М. : Юрайт, 2015. 542 с.
11. *Тихомиров В. И.* Организация, планирование и управление производством летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1978. 496 с.
12. *Chauhan A. A., Hafez S. S.* A hybrid approach integrating Affinity Diagram, AHP and fuzzy TOPSIS for sustainable city logistics planning // Applied Mathematical Modelling. 2012. Vol. 36. Pp. 573—584.
13. *Aragonés-Beltrán P., Pastor-Ferrando J.-P., Pla-Rubio A.* An AHP (Analytic Hierarchy Process)/ANP (Analytic Network Process)-based multi-criteria decision approach for the selection of solar-thermal power plant investment projects // Energy. 2014. Vol. 66. Pp. 222—238.
14. *Jahromi N. M., Jahromi M. J. H.* Propose a model to choose best project by AHP in distributed generation // Procedia Technology. 2012. Vol. 1. Pp. 481—484.
15. *Rahmani A. T., Rahmani T. A. N.* Developing a Multi Criteria Model for Stochastic IT Portfolio Selection by AHP Method // Procedia — Social and Behavioral Sciences. 2012. Vol. 62. Pp. 1041—1045.
16. *Khalil M. I. A.* Selecting the appropriate project delivery method using AHP // International Journal of Project Management. 2012. Vol. 20. Pp. 469—474.
17. *Amiri M. P.* Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods // Expert Systems with Applications. 2010. Vol. 37. Pp. 6218—6224.
18. *Dalalah F. A.-O., Dalalah M. H.* Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) in Multi-Criteria Analysis of the Selection of Cranes // Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering. 2010. Vol. 4. Pp. 567—578.
19. *Wei C.-F. C., Wang M.-J. J.* An AHP-based approach to ERP system selection // International Journal Production Economics. 2005. Pp. 47—62.

© *Джавед С., Руденко А. А.*, 2024

*Поступила в редакцию
в июне 2024 г.*

Ссылка для цитирования:

Джавед С., Руденко А. А. Применение моделей принятия решений для выбора методов управления при проектировании и строительстве объектов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 3(96). С. 105—114. DOI: 10.35211/18154360_2024_3_105.

Об авторах:

Джавед Сират — аспирант, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Российская Федерация, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4; jawed.serat@yandex.ru

Руденко Александр Алексеевич — д-р экон. наук, канд. техн. наук, проф. каф. организации строительства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Российская Федерация, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4; rudenkoa.a@mail.ru

Serat Jawed, Alexander A. Rudenko

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

APPLICATION OF DECISION MAKING MODELS FOR THE SELECTION OF MANAGEMENT METHODS IN THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF FACILITIES

This article presents a brief analysis of the content and conditions of construction project management. The study identified the main problems of construction management, and also considered various methods for solving them using multi-criteria approaches. Particular attention is paid to the importance of good management as a decisive factor in ensuring the success of any significant and sustainable project. Construction project management is presented as a complex process that involves setting goals, identifying user requirements, and considering project and resource constraints. The purpose of this study is to create a practically relevant construction management model. The article presents a comprehensive set of criteria that served as the basis for the development of a decision-making model in the field of construction management. The successful application of this model was demonstrated in a Turkish case study. Analytical hierarchy method and software were used for analysis and calculations.

Key words: construction, project, management, contractor, multi-criteria decision making.

For citation:

Jawed S., Rudenko A. A. [Application of decision making models for the selection of management methods in the design and construction of facilities]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2024, iss. 3, pp. 105—114. DOI: 10.35211/18154360_2024_3_105.

About authors:

Serat Jawed — Postgraduate student, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. 4, 2nd Krasnoarmeyskaya st., Saint Petersburg, 190005, Russian Federation; jawed.serat@yandex.ru

Alexander A. Rudenko — Doctor of Economics, Candidate of Engineering Sciences, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. 4, 2nd Krasnoarmeyskaya st., Saint Petersburg, 190005, Russian Federation; rudenkoa.a@mail.ru