

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

DOI: 10.12737/article_5968b452b07910.28047397

*Виноградова Д.И., магистрант,
Шарапова А.В., стар. препод.*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФАКТОРНОГО ПРОСТРАНСТВА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТАХ

d_vinogradova93@mail.ru

В статье обосновывается важность реализации проведенного анализа организационно-технологических рисков при реализации инвестиционно-строительного проекта и обосновывается целесообразность применения предлагаемых моделей для оценки рисков. Применение статистическо-математических моделей позволяет учитывать, как количественные, так и прогнозируемые характеристики, а также представлять статистические описания с помощью предлагаемы множеств и переменных уравнений. Описываемая математическая модель содержит 10 входных переменных, характеризующих факторы риска и 6 входных переменных, характеризующих организационно-строительные риски ИСП. Методика позволяет выявить взаимосвязь между факторами и рисками, а также позволяет вычислить более значимые факторы и оценить динамику рисков.

Ключевые слова: *инвестиционно-строительный проект, рисковое окружение, организационно-технологический риск, строительные риски, рисковые факторы, количественный показатель риска, факторный анализ, регрессия, корреляция.*

Введение. Строительство является одной из ведущих отраслей экономики страны. Она связана с удовлетворением важнейших потребностей населения и сосредоточила значительные людские, материальные и финансовые ресурсы. Поэтому финансирование строительства занимает одно из ведущих мест в инвестиционной политике различных коммерческих организаций [1].

Инвестиционно-строительная деятельность, как и любая отрасль современной интенсивной экономики, основанная на прогнозах и предположениях подвержена воздействию неопределенности и риска [2]. Неопределенность и риск считаются естественными и неотъемлемыми свойствами любого инвестиционного процесса [3].

В изучении рискового окружения ИСП сегодня имеется еще ряд слабоизученных проблем, требующих скорейшего разрешения. В частности, к ним можно отнести проблему формирования эффективного управления инвестиционными рисками в строительной отрасли, а также принятия эффективных инвестиционных решений в условиях риска. Специфика строительной отрасли накладывает определенные особенности на динамику проявления конкретных ситуаций неопределенности, что позволяет говорить о различной степени актуальности и специфических особенностях тех или иных рисков применительно к ИСП [4].

Методология. Строительство как отрасль материального производства характеризуется уникальным набором внешних и внутренних факторов, сопутствующих инвестиционным процессам, формирующим устойчивый спектр организационно-технологических и финансовых рисков, отражающий вид, качество и последовательность производимых строительно-монтажных работ (СМР) [5]. Установлено, что 47–50 % потеря прибыли строительной организации приходится на факторы, связанные с использованием трудовых ресурсов, 28 % приходится на внешние факторы, не зависящие от деятельности строительного предприятия, а также на финансовые, 20 % – с организацией и технологией строительного производства, 4 % – с использованием материалов. Эти цифры свидетельствуют о возможности упрощенного деления инвестиционно-строительных рисков на организационно-технологические (3/4 потерь) и финансово-экономические. Таким образом, большая часть рисков ИСП являются прямо связанными непосредственно с самим процессом строительства [6]. В этой связи риски, присущие отдельным видам строительно-монтажных работ укрупненно классифицированы по следующим группам:

- риск ошибок в проектировании;
- риск увеличения сроков строительства;
- риск увеличения сметной стоимости строительства;

- риск срыва поставок материалов и качество;
- риск отказа строительной техники;
- риск несоблюдения технологического процесса.

Каждый риск подвержен влиянию различных факторов [7]. Связь между этими факторами, и в некоторых случаях, невозможность их деления, вынуждают в каждом конкретном случае наблюдать совокупный эффект многих причин, из которых только лишь некоторые могут оказать значительное влияние на размеры риска, остальные, в свою очередь, могут являться побочными факторами [8]. В связи с этим необходимо выявить и проранжировать наиболее значимые факторы организационно-технологических и финансовых рисков, которые оказывают максимальное влияние на экономическую эффективность всей инвестиционно-строительной деятельности [9]. Так как наибольшая часть рисков связана со строительным процессом, то можно определить причины, которые наиболее влияют на организационно-технологический процесс строительства объектов недвижимости [10].

Основная часть. Прогнозирование уровня организационно-технологических рисков предлагается проводить в несколько этапов:

На 1-ом этапе выявляем факторы, которые влияют, как каждый в отдельности, так и в факторной совокупности на каждую группу рисков.

Затем, применяя метод анализа иерархий (МАИ), определяем весовые коэффициенты j_i , которые варьируются в зависимости от влияния на тот или иной риск. Система парного сравнения факторов представляется в виде обратной симметричной матрицы, элементами которой является интенсивность проявления элемента иерархии

одного фактора (например, Ф1) относительно элемента иерархии другого фактора (Ф2), оценивая по шкале интенсивности от 1 до 9. Компонент нормализованного вектора приоритетов (НВП) или j_i вычисляем по формуле:

$$\text{НВП} = j_i = \frac{a_n}{\sum a_i}, \quad (1)$$

$$a_n \sqrt[n]{\text{приведение элементов в } n - \text{й строки}}, \quad (2)$$

где a_n – элементы матрицы (факторы организационно-технологических рисков).

Таблица 1

Идентификация факторного пространства

Факторы ОТР	Обозначение
1	2
I. Архитектурные (физические) факторы	
Объемно-планировочные характеристики	Ф1
Конструктивные характеристики	Ф2
II. Организационно-производственные факторы	
Технология строительного производства	Ф3
Качество строительных материалов и конструкций	Ф4
Функционирование строительного оборудования и машин	Ф5
Трудовые ресурсы	Ф6
Строки строительства	Ф7
III. Финансовые факторы	
Сметная стоимость строительства	Ф8
Источники финансирования	Ф9
IV. Внешние факторы	
Непредвиденные и форс-мажорные обстоятельства	Ф10

Таблица 2

Определение весовых коэффициентов МАИ

Наименование фактора	Весовой коэффициент по группе риска, j_i					
	Риск ошибок в проектировании	Увеличение сроков строительства	Увеличение сметной стоимости	Срыв поставок мат-в и их качество	Отказ строительной техники	Несоблюдение технологического процесса
1. Объемно-планировочные хар-ки	0,33	0,09	0,21	0,07	0,07	0,24
2. Конструктивные хар-ки	0,22	0,03	0,12	0,11	0,05	0,47
3. Технология строительства	0,03	0,12	0,21	0,06	0,04	0,55
4. Качество строительных мат-в	0,02	0,14	0,26	0,50	0,03	0,05
5. Функционирование строит. техники	0,12	0,12	0,12	0,04	0,54	0,06
6. Трудовые ресурсы	0,33	0,13	0,08	0,03	0,03	0,41
7. Сроки строительства	0,15	0,34	0,09	0,12	0,15	0,14
8. Сметная стоимость	0,13	0,06	0,55	0,14	0,06	0,07
9. Источники финансирования	0,07	0,15	0,33	0,31	0,06	0,09
10. Непредвиденные или форс-мажорные обстоятельства	0,04	0,21	0,21	0,25	0,22	0,07

На 2-ом этапе присвоим количественный показатель каждому фактору по группе риска, что в свою очередь, отразит характер проявления не-

благоприятных ситуаций на строительной площадке [11]. Для количественной оценки ОТР применим метод балльной оценки рисков. В первую очередь, необходимо выбрать частные

показатели, характеризующие каждый фактор; для этого назначим балльную шкалу от 0 до 10 – на этапе исследования отдельного объекта недвижимости, таким образом, сформировав, факторные показатели [12].

1. Конструктивные и объемно-планировочные характеристики здания – укрупненно анализируется шаг несущих конструкций и высота

этажа. Такой критерий оценки характеризует гибкость планировки и внутренний полезный объем здания (сооружения), зависимость эффективности внутреннего пространства исследуемого объекта от шага конструкций и высоты этажа [13]:

Таблица 3

Предлагаемая шкала балльной оценки для конструктивных и объемно-планировочных характеристик здания

Конструктивная схема	Шаг несущих конструкций	Высота этажа	Балл
Бескаркасная	расстояние между несущими стенами до 6 м	высота этажа до 5 м	1
Бескаркасная	расстояние между несущими стенами от 6 м до 12 м	высота этажа до 5 м	2
Бескаркасная	расстояние между несущими стенами от 6 м до 12 м	высота этажа от 5 до 10 м	3
Бескаркасная	расстояние между несущими стенами от 6 м до 12 м	высота этажа более 10 м	4
Бескаркасная	расстояние между несущими стенами 12 м и более	высота этажа более 10 м	5
Каркасная	шаг колонн до 6 м	высота этажа до 5 м	6
Каркасная	шаг колонн от 6 м до 12 м	высота этажа до 5 м	7
Каркасная	шаг колонн от 6 м до 12 м	высота этажа от 5 до 10 м	8
Каркасная	шаг колонн от 6 м до 12 м	высота этажа более 10 м	9
Каркасная	шаг колонн 12 м и более	высота этажа более 10 м	10

2. Технология строительного производства – анализируются методы и последовательность выполняемых строительно-монтажных работ:

Поточный метод – 2 балла;

Комбинированный метод – 4 балла;

Последовательный метод – 6 баллов;

Последовательно-параллельный метод – 8 баллов;

Параллельный метод – 10 баллов.

3. Качество строительных материалов и конструкций:

Экологическое воздействие материала – 2 балла;

Срок годности строительных материалов – 4 балла;

Правильность применения строительных материалов – 6 баллов;

Условия хранения и применения материалов – 8 баллов;

Соответствие заводским характеристикам материала – 10 баллов.

4. Функционирование строительного оборудования и машин – анализируется количеством участвующей техники при строительном производстве:

20 % комплексной механизации – 2 балла;

40 % комплексной механизации – 4 балла;

60 % комплексной механизации – 6 баллов;

80 % комплексной механизации – 8 баллов;

100 % комплексной механизации – 10 баллов.

5. Трудовые ресурсы:

Потери рабочего времени (болезни, отпуска) – 2 балла;

Стаж работы – 4 балла;

Управленческие ошибки – 6 баллов;

Квалификация персонала – 8 баллов;

Производительность труда – 10 баллов.

6. Сроки строительства – учитываются показатели, влияющие на сроки выполнения строительно-монтажных работ:

Погодные условия – 2 балла;

Несвоевременная поставка МТР – 4 балла;

Незапланированные финансовые затраты – 6 балла;

Размер и сложность конструкции – 8 балла.

7. Сметная стоимость строительства – анализируются статьи затрат строительного производства:

Сметная прибыль – 6 баллов;

Накладные расходы – 8 баллов;

Прямые затраты – 10 баллов.

8. Источники финансирования:

Собственные средства девелопера – 2 балла;

Долевое финансирование – 4 балла;

Облигационные займы – 6 баллов;

Банковское кредитование – 8 баллов.

9. Непредвиденные и форс-мажорные обстоятельства:

Террористические акты – 2 балла;

Стихийные бедствия – 4 балла;

Пожары – 6 баллов;

Аварии – 8 баллов;

Климатические условия – 10 баллов.

В качестве примера выберем проектируемый гостинично-развлекательный комплекс в г. Белгород с переменной этажностью. Форма здания в плане сложной конфигурации, и имеет 2 основных объема в пять и два этажа. Высота здания составляет 22,5 м. Высота первого этажа составляет 4,5 м, типовых жилых этажей – 3,0 м. Размеры в основных осях (1-19; 16-25; А-Ю; Е-Ф);

составляет 68,4 м, 24,7 м, 135,8 м и 49,3 м соответственно. Конструктивная схема здания — полный железобетонный монолитный каркас со съемной опалубкой, с сеткой колонн 9×9 м, сечение которых составляет 400×400 мм. Работы производятся поточным методом. Срок строительства по календарному плану составляет 482 дней (около 1,3 года).



Рис.1. Перспектива обследуемого объекта недвижимости

На основании выбранных факторных критериев и исследуемого объекта произведем балльно-рейтинговую оценку рисков и вычислим итоговые баллы, применив формулу:

$$P = \sum P_i \times j_i, \tag{3}$$

где P – интегральная оценка инвестиционной привлекательности объекта недвижимости; P_i – индивидуальный балл для каждого фактора; j_i – рейтинговый весовой коэффициент для каждого фактора.

Таблица 4

Определение количественных показателей факторного пространства ОТР

Обозначение фактора	Индивидуальный балл (P _i)	Весовой коэффициент по группе риска, j							Итоговый балл					Общий балл фактора
		Риск ошибок в проектировании	Увеличение сроков строительства	Увеличение сметной стоим-ти	Срыв поставок мат-в и их качество	Отказ строительной техники	Несоблюдение технолог процесса	Риск ошибок в проектировании	Увеличение сроков строительства	Увеличение сметной стоим-ти	Срыв поставок мат-в и их качество	Отказ строительной техники	Несоблюдение технолог процесса	
Ф1	7	0,33	0,09	0,21	0,07	0,07	0,24	2,28	0,61	1,48	0,47	0,49	1,67	1,17
Ф2	7	0,22	0,03	0,12	0,11	0,05	0,47	1,51	0,24	0,81	0,80	0,33	3,31	1,17
Ф3	2	0,03	0,12	0,21	0,06	0,04	0,55	0,06	0,23	0,41	0,12	0,07	1,10	0,33
Ф4	6	0,02	0,14	0,26	0,50	0,03	0,05	0,15	0,81	1,53	2,99	0,19	0,32	1,00
Ф5	6	0,12	0,12	0,12	0,04	0,54	0,06	0,75	0,71	0,73	0,23	3,23	0,35	1,00
Ф6	10	0,33	0,13	0,08	0,03	0,03	0,41	3,32	1,26	0,77	0,31	0,26	4,08	1,67
Ф7	8	0,15	0,34	0,09	0,12	0,15	0,14	1,20	2,76	0,76	0,95	1,20	1,14	1,33
Ф8	10	0,13	0,06	0,55	0,14	0,06	0,07	1,30	0,57	5,47	1,39	0,59	0,69	1,67
Ф9	8	0,07	0,15	0,33	0,31	0,06	0,09	0,52	1,18	2,67	2,49	0,45	0,70	1,33
Ф10	8	0,04	0,21	0,21	0,25	0,22	0,07	0,36	1,65	1,65	2,02	1,78	0,54	1,33
ИТОГО								11,44	10,03	16,27	11,77	8,58	13,91	

На данной стадии уже можно спрогнозировать динамику строительного процесса и сделать выводы о наступлении конкретных рисков неэффективности инвестиционных проектов.

На 3 - ем этапе выявим тесноту связей изучаемых факторов и рисков, которая оценивается линейным коэффициентом корреляции r_{xy} и задается формулой:

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \times \sum(y_i - \bar{y})^2}}, \tag{4}$$

где x – факторы, принимаемые переменной X; y – значение группы риска по фактору, принимаемые переменной Y; \bar{x} – среднее значение по X; \bar{y} – среднее значение по Y.

Результаты вычислений сведем в таблицу.

Расчет коэффициента корреляции

	y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
y	1	0,4959	0,4607	0,5653	0,273	-0,59855	0,2569	-0,4767	0,7847	0,5793	-0,1777
x1		1	0,638	0,3147	-0,45	-0,37477	0,7963	-0,3158	0,2389	-0,252	-0,8893
x2			1	0,8302	-0,308	-0,41346	0,8712	-0,3393	-0,133	-0,297	-0,7652
x3				1	-0,203	-0,36863	0,6247	-0,1391	0,0311	-0,084	-0,4056
x4					1	-0,44334	-0,569	-0,2354	0,3431	0,8902	0,64615
x5						1	-0,407	-0,0035	-0,493	0,7156	0,6008
x6							1	-0,0035	-0,263	-0,536	-0,9515
x7								1	-0,493	-0,308	0,10475
x8									1	0,7156	0,21517
x9										1	0,6008
x10											1

Коэффициент корреляции изменяется в интервале от -1 до 1. Получив статистические данные, выберем те переменные $y = f(x)$, где $r = \{0,5; 1\}$; это означает, что значения, входящие в этот диапазон оказывают среднее и сильное влияние на результат риска. Таким образом, на данном этапе статистически определяются те факторы, которые в рамках настоящего исследования имеют большее влияние на наступление рискованного случая, и для дальнейшего расчета будут учитываться только факторы Ф3, Ф5, Ф8 и Ф9 [14].

$$\begin{cases} \sum y = na + b_1 \sum x_1 + b_2 \sum x_2 + \dots + b_m \sum x_m, \\ \sum yx_1 = a \sum x_1 + b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_1x_2 + \dots + b_m \sum x_mx_1, \\ \sum yx_m = a \sum x_m + b_1 \sum x_1x_m + b_2 \sum x_2x_m + \dots + b_m \sum x_m^2. \end{cases} \quad (5)$$

Параметры при x характеризуют среднее изменение рисков с изменением соответствующего фактора на единицу при неизменном значении других факторов. Вычислив параметры при x , получим следующее уравнение регрессии:

$y = 10,31 + 5,74x_1 - 5,19x_2 + 11,05x_3 - 1,85x_4$, где x_1 – технология строительства (Ф3), x_2 – функционирование строительной техники (Ф5), x_3 – сметная стоимость (Ф8), x_4 – источники финансирования (Ф9).

Значимость данного уравнения оценивается с помощью F – критерия Фишера:

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \times \frac{n-m-1}{n}, \quad (6)$$

где n – число наблюдений, равное 6; m – число факторов, равное 10; R – коэффициент множественной корреляции. Фактическое значение F-критерия сравнивается с табличным. Если фактическое значение превышает табличное ($F_{\text{табл}} = 4,3$), то дополнительное включение фактора x_i в модель статистически оправданно и коэффициент чистой регрессии b_i при факторе x_i статистически значим [15].

Таким образом, получим, что $F = 12,49$, $R = 0,99$, R -квадрат = 0,98. Это означает, что состав-

На 4-ом этапе построим уравнение множественной регрессии и определим его статистическую значимость в целом и отдельные параметры в целом. Множественная регрессия представляет собой уравнение связи с несколькими переменными $y = f(x_1, x_2, \dots, x_m) + \epsilon$. Уравнение будет иметь вид: $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4$.

Для оценки параметров уравнения применим метод наименьших квадратов (МНК). Построим систему нормальных уравнений, решение которых позволит получить оценки параметров регрессии:

Уравнение регрессии признается статистически значимым и связь между группами исследуемых ОТР и факторами весьма тесная.

Выводы. Предлагаемый нетрадиционный многоступенчатый подход позволяет вычислить не только количественные показатели организационно-технологически рисков инвестиционно-строительного процесса, но и статистически выделить характер поведения того или иного риска посредством выявления более зависимых факторов. Таким образом, можно спрогнозировать ход строительного процесса объектов любой недвижимости, и, исходя из исследований, прибегать к мерам снижения конкретного риска или системе рисков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глушенко С.А. Нечеткая модель и инструментарий управления рисками инвестиционно-строительных проектов // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Выпуск 3. СПб: Университет ИТМО, 2014. С. 172–174.

2. Жариков И.С. Методологический подход к учету технического состояния объектов недви-

жимости при определении их стоимостных характеристик // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. 2014. № 22. С. 100–104.

3. Авилова И.П. Совершенствование критериев и методов оценки экономической эффективности инвестиционно-строительных объектов: дисс. на соиск. учен. степ. к.э.н.: Спец. 08.00.05.; БГТУ, 2007. 199 с.

4. Авилова И.П., Жариков И.С. Методика оценки инвестиционной привлекательности реконструкции здания (сооружения) для последующей его реализации как объекта недвижимости коммерческого, жилого или социального назначения // Экономика и предпринимательство. 2015. № 4-1 (57-1). С. 966–971.

5. Шалабанов А.К., Роганов Д.А. Практикум по эконометрике с применением MS Excel. Линейные модели парной и множественной регрессии. Казань 2008. 53 с.

6. Зуева Л.М. Учет факторов риска в строительном производстве // Экономика строительства. 1997. № 8. С. 46–53.

7. Щенятская М.А., Авилова И.П., Наумов А.Е. Успех реализации инвестиционно-строительного проекта в контексте инфраструктурных факторов // Научные труды SWorld. 2015. Выпуск 3(40). Том 9. С. 40–44.

10. Щенятская М.А., Авилова И.П., Наумов А.Е. К вопросу об учете рисков при анализе эффективности инвестиционно-строительных проектов // Образование и наука: современное состояние и перспективы развития: сборник научных

трудов по материалам Международной научно-практической конференции 31 августа 2015 г. Том 1. Тамбов, 2015. С. 180–183.

11. Щенятская М. А., Авилова И. П., Наумов А. Е. Строительное инвестирование как особый вид инвестиционной деятельности // Мир науки и инноваций. Выпуск 2(2). Том 9. Иваново: Научный мир, 2015. С. 61–65.

12. Жариков И.С., Дедов Е.В., Тюремских М.А. Квалиметрия рискованного окружения инвестиционно-строительных проектов // В сборнике: Международный студенческий строительный форум - 2016 (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства): электронный сборник докладов. 2016. С. 832–837.

13. Абдразаков Ф.К., Поморова А.В., Байдина О.В., Жариков И.С. Современный механизм взаимоотношений участников инвестиционно-строительной деятельности // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12-3 (53-3). С. 557–561.

14. Авилова И.П., Жариков И.С., Товстий В.П. О содержательной основе ставки дисконтирования метода NPV // Экономика и предпринимательство. 2013. № 12-1 (41-1). С. 641–643.

15. Авилова И.П., Жариков И.С., Шарапова А.В., Желевский А.В. Комплексная модель технико-экономического обоснования инвестиционно-строительного проекта // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 5. С. 174–178.

Vinogradova D.I., Sharapova A.V.

A METHOD OF CONSTRUCTION THE MATHEMATICAL MODEL OF FACTOR SPACE OF ORGANIZATIONAL-TECHNOLOGICAL RISKS IN INVESTMENT-BUILDING PROJECTS

The article substantiates the importance of applying the analysis of organizational and technological risks in the implementation of the investment and construction project and justifies the advisability of applying the proposed models for risk assessment. The application of statistical-mathematical models allows to take into account both quantitative and predicted characteristics, as well as to represent statistical descriptions using the proposed sets and variable equations. The described mathematical model contains 10 input variables characterizing risk factors and 6 input variables characterizing the organizational and construction risks of ISP. The methodology allows us to identify the relationship between factors and risks, and also allows us to calculate more significant factors and assess the dynamics of risks.

Key words: *Investment and construction project, risky environment, organizational and technological risk, construction risks, risk factors, quantitative risk indicator, factor analysis, regression, correlation.*

Виноградова Дана Игоревна, магистрант кафедры экспертизы и управления недвижимостью
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: d_vinogradova93@mail.ru

Шарапова Анна Викторовна, старший преподаватель кафедры экспертизы и управления недвижимостью
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.
E-mail: igor_bgtu@mail.ru