
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В РЕШЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

УДК 338.27

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫБОРА ПАРТНЕРА (НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ)

Д. М. Жуков

*Управление Федерального агентства кадастра объектов недвижимости
по Воронежской области,
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет*

Поступила в редакцию 22 декабря 2008 г.

Аннотация: обеспечение качества при одновременном снижении затрат всегда было целью любого производителя, ибо некачественный продукт не покупается, а высокие производственные затраты влекут потерю прибыли от продажи даже качественного товара. Соотношение между ценой и качеством продукции или услуг оценивается клиентом всё жестче. В проектировании повышение качества продукции особенно важно. На принятие решения о выборе оптимального делового партнера оказывают влияние ряд факторов: затраты, сроки и качество проектных работ, а также квалификация и опыт проектировщиков. Для оценки надежности подрядной организации выбрана многофакторная экономико-математическая модель.

Ключевые слова: качество продукции, проектная организация, математическая модель.

Abstract: maintenance of quality at simultaneous reduction of expenses always was the purpose of any manufacturer for the poor-quality product is not bought, and high industrial expenses entail loss of the profit from sale even the qualitative goods. The ratio between the price and quality of production or services is estimated by the client all more rigidly. In designing improvement of quality of production is especially important. Decision-making on a choice of the optimum business partner is influenced with factors: expenses, terms and quality of design works, and also designers. For an estimation of reliability of a contract organization the multifactorial economic-mathematical model is chosen.

Key words: quality of production, the design organization, mathematical model.

Проектирование — важный этап процесса экономического развития.

Качество проектирования оказывает существенное воздействие на эффективность формирования и преобразования экономических систем.

Во многом качество проектных работ определяется выбором организации-проектировщика. Основу проектного потенциала составляют малые предприятия, выполняющие сейчас более 60 % всех объемов проектно-изыскатель-

ских работ (ПИР), многие из этих предприятий овладели современными компьютерными технологиями и предлагают на рынке конкурентоспособную продукцию.

На принятие решения о выборе организации-проектировщика оказывают влияние ряд факторов: затраты, сроки и качество проектных работ. С учетом этого для обоснования решения о выборе нами использована многофакторная модель (рис. 1).

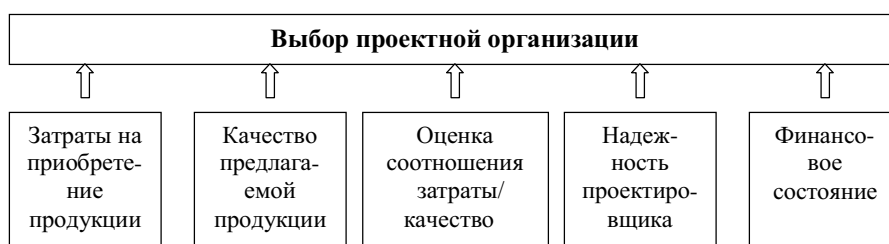


Рис. 1. Многофакторная модель выбора проектной организации

© Жуков Д. М., 2009

Целевая функция имеет вид:

$$F=f(S; K; Q; N; U), \quad (1)$$

где S — общая сумма затрат на проектную документацию; K — качество проектной документации; Q — оценка соотношения цена/качество проекта; N — надежность проектной организации; U — финансовая устойчивость организации.

Алгоритм сравнительной оценки организаций представляется следующим:

1. Исходные данные представляются в виде таблиц, где по строкам записаны показатели, а по столбцам — конкурирующие проектные организации.

2. Все исходные данные приводятся к единому показателю.

3. Для каждой анализируемой проектной организации определяется значение рейтинговой оценки по формуле Лапласа:

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{1}{LN_i} K_i, \quad (2)$$

где L — число показателей, используемых для рейтинговой оценки; N_i — нормативный уровень i -го коэффициента; K_i — i -й коэффициент; $\overline{LN_i}$ — весовой индекс i -го коэффициента.

4. Производится ранжирование проектных организаций.

5. Определяются факторные нагрузки и осуществляется выбор проектировщика.

В рассматриваемом случае расчет произведен на примере трех воронежских организаций: ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ», ПТМ 18, НПЦ.

Для расчета затрат на проектирование принимаются следующие исходные данные: проектируемый объект — жилой дом — 1 секция площадью 1200 м², рыночная стоимость 1 м² проектируемой площади 35 000 руб., стоимость проектируемого объекта 42 000 000 руб. Затраты на проектирование представлены в табл. 1.

Для оценки качества проекта используется некоторый набор числовых данных в абсолютных или относительных показателях: сроки сдачи, гарантийный срок, степень соответствия нормативам и проч. Для объектов строительства такими значениями являются уровни соответствия стандартам, установленным СНиП, ГОСТ или договорными отношениями (табл. 2).

Одной из наиболее важных характеристик является степень надежности проектировщика, единицей измерения которой может быть, например, поставка проектной документации в полном объеме или точность соблюдения графика. Несоблюдение графика выполнения проектных работ существенно увеличивает риск заказчика и может вызвать простои в строительстве, что влечет за собой значительные убытки (табл. 3).

Немаловажным фактором, определяющим выбор, является финансовое состояние проектной организации (табл. 4).

Т а б л и ц а 1

Затраты на проектирование секции жилого дома S=1200 м²

Затраты	ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	ПТМ 18	НПЦ
1. ТЭО, руб. (20 % от п. 4)	420 000	588 000	840 000
2. Эскизный проект, руб. (15 % от п. 4)	315 000	441 000	630 000
3. Проект, руб. (60 % от п. 4)	1 260 000	1 764 000	2 520 000
4. Рабочий проект, руб. (2—10 % от стоимости здания)	2 100 000	2 940 000	4 200 000
Всего затраты, тыс. руб.	4 095 000	5 733 000	8 190 000

Т а б л и ц а 2

Качественные характеристики проекта

Показатели	ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	ПТМ 18	НПЦ
Отставание выполнения проекта, руб.	2 940 000	9 240 000	10 080 000
Ошибки в проекте, руб.	2 910 000	1 760 000	6 300 000

Надежность проектной организации

Показатели	ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	ПТМ 18	НПЦ
Выполнение проекта в срок, %	89	62	61
Отставание сдачи проекта на 1—5 дней, %	7	22	24
Отставание сдачи проекта более 10 дней, %	4	16	15

Финансовые коэффициенты

Показатели	ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	ПТМ 18	НПЦ
Оценка рентабельности			
Рентабельность продукции	0,030	0,028	0,025
Рентабельность продаж	0,030	0,019	0,016
Рентабельность капитала	0,200	0,100	0,120
Оценка финансовой устойчивости			
1. Коэффициент концентрации собственного капитала=собственный капитал / общая валюта баланса	0,241	0,103	0,150
2. Коэффициент концентрации заемного капитала=заемный капитал / общая валюта баланса	0,759	0,000	0,774
3. Коэффициент текущей задолженности=краткосрочные финансовые обязательства / общая валюта баланса	0,759	0,000	0,780
4. Коэффициент долгосрочной финансовой независимости =собственный капитал + долгосрочные обязательства / общая валюта баланса	0,317	0,000	0,284
5. Коэффициент платежеспособности=собственный капитал / заемный капитал	0,317	0,280	0,230
6. Коэффициент финансового левериджа=заемный капитал / собственный капитал	3,152	0,000	3,230
7. Коэффициент маневренности	0,170	0,300	0,100
Оценка платежеспособности и ликвидности			
Коэффициент абсолютной ликвидности	0,410	0,400	0,430
Коэффициент текущей ликвидности	1,050	1,030	1,035

Чтобы адекватно оценить все перечисленные выше критерии, необходимо привести их к единому эквиваленту. Сложность оценки заключается также в том, что для разных экономических категорий целевая функция различна:

$F(x) \rightarrow \min$ — для цены продукции;

$F(x) \rightarrow \max$ — для финансовой устойчивости предприятия-проектировщика, а также для большинства показателей качества и надежности.

Для учета различных целевых функций и возможных отрицательных значений используется метод оптимального приближения, экономический смысл которого заключается в следующем: каждый исследуемый показатель должен стремиться к своему оптимальному значению.

Для каждого показателя определяются максимальное и минимальное значения. Все промежуточные значения показателя X_i будут находиться в интервале:

$$l = X_{\max} - X_{\min} \quad (3)$$

Для целевой функции $F(x) \rightarrow \min$ должно выполняться условие:

$$l_1 \rightarrow 0; l_2 \rightarrow l.$$

Для упрощения обозначений вводится коэффициент оптимума. Рассчитать коэффициент приближения или коэффициент оптимума для суммы затрат можно по формуле:

$$q = \frac{l_2}{l_1} = \frac{X_{\max} - X_i}{X_{\max} - X_{\min}} \rightarrow 1. \quad (4)$$

Для целевой функции $F(x) \rightarrow \max: l_2 \rightarrow 0; l_1 \rightarrow l$. Коэффициент оптимума рассчитывается следующим образом:

$$q = \frac{l_1}{l} = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \rightarrow 1. \quad (5)$$

Часто возникает необходимость учета отрицательных значений некоторых показателей, например, коэффициента рентабельности.

Интервал значений определяется по формуле (3). В случае отрицательного значения X_{\min} получим:

$$l = X_{\max} - (-X_{\min}) = X_{\max} + X_{\min}. \quad (6)$$

Все коэффициенты, рассчитанные методом приближения к оптимуму, имеют единую направленность, т.е. $q \rightarrow 1$. Следовательно, сравнение полученных показателей становится возможным. При этом соблюдается общее условие для коэффициентов оптимума всех характеристик: чем выше значение коэффициента оптимума, тем лучше экономический показатель.

На основании данных табл. 1 рассчитываются коэффициенты оптимума, определяются максимальная и минимальная величины затрат из всех возможных: 8 190 000 руб. и 4 095 000 руб.

Т а б л и ц а 5
Коэффициенты оптимума суммы затрат

Проектировщики	ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	ПТМ 18	НПЦ
Коэффициент оптимума q	1,00	0,60	0,00

Показатели качества имеют различные целевые функции, соответственно, коэффициент оптимума рассчитывается по формулам (4) и (5). Рейтинговая оценка определяет общий показатель рейтинга организации по совокупности характеристик и рассчитывается по формуле (2). Так как в расчете участвуют 2 показателя, то $L = 2$. За нормативный уровень для i -го коэффициента N_i принимается максимальное значение коэффициента оптимума по каждой строке.

Т а б л и ц а 6
Коэффициенты оптимума качества проекта

	ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	ПТМ 18	НПЦ	max
Отставание выполнения проекта, %	0,000	0,882	1,000	1
Ошибки в проекте, %	0,253	0,000	1,000	1
Рейтинговая оценка	0,127	0,441	1,000	

Приведа к единому показателю критерии «затраты» и «качество», можно произвести оценку их соотношения. Соотношение максимальных рейтинговых оценок определяет оптимальное отношение затраты/качество эталонного предприятия $Q_{\text{опт}}$. Оптимизация выбора производится по минимуму отклонения Q_i от $Q_{\text{опт}}$:

$$D_i = |Q_i - Q_{\text{опт}}|. \quad (7)$$

Оптимальным будет вариант, для которого выполняется условие: $D_i \rightarrow 0$.

Оценка проводится на основании данных таблиц 4 и 5.

Величина интервала рассчитывается как разность максимального и минимального значений: $7,90 - 0,00 = 7,90$.

Целевая функция $F(x) \rightarrow \min$, т.е. отклонение от оптимального соотношения должно быть минимальным. Следовательно, коэффициент оптимума определяется по формуле (4).

Расчет оценки надежности проектировщика проводится на основании данных табл. 3. Необходимо учесть различные целевые функции исследуемых характеристик: выполнение проекта в срок — $F(x) \rightarrow \max$, остальные показатели — $F(x) \rightarrow \min$. Рейтинговая оценка вычисляется по формуле (2), но при этом $L = 3$, так как в расчете участвуют 3 показателя.

Коэффициенты оптимума, характеризующие оценку финансового состояния проектировщика, рассчитываются для каждого показателя из табл. 4.

Чтобы оценить финансовое состояние в целом, необходимо вычислить общую рейтинговую оценку на основе оценок отдельных характеристик.

Т а б л и ц а 7

Оценка соотношения затраты/качество

Показатели	ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	ПТМ 18	НПЦ	max
Оценка затрат	1,00	0,60	0,00	1,00
Оценка качества	0,13	0,44	1,00	1,00
Соотношение рейтинговых оценок цена/качество	7,90	1,36	0,00	7,90
$IQ_i - QI$	0,00	6,54	7,90	7,90
$\min IQ_i - QI$	0,00			
$\max IQ_i - QI$	7,90			
величина интервала	7,90			
Коэффициент оптимума	1,00	0,17	0,00	1,00

Т а б л и ц а 8

Оценка надежности проектировщика

Показатели	ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	ПТМ 18	НПЦ	max
Выполнение проекта в срок, %	1,000	0,129	0,097	1
Отставание сдачи проекта на 1—5 дней, %	1,000	0,211	0,105	1
Отставание сдачи проекта более 10 дней, %	1,000	0,000	0,083	1
Рейтинговая оценка	1,00	0,11	0,10	

Т а б л и ц а 9

Коэффициенты оптимума

Показатели	ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	ПТМ 18	НПЦ	max
Рейтинговая оценка рентабельности	1,000	0,271	0,067	1,000
Рейтинговая оценка финансовой устойчивости	0,897	0,225	0,605	0,897
Рейтинговая оценка платежеспособности и ликвидности	1,000	0,000	0,625	1,000

Т а б л и ц а 10

Рейтинговая оценка финансового состояния проектировщика

Показатели	ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	ПТМ 18	НПЦ	max
Оценка рентабельности	1,00	0,27	0,07	1,00
Оценка финансовой устойчивости	0,90	0,22	0,61	0,90
Оценка платежеспособности и ликвидности	1,00	0,00	0,62	1,00
Рейтинговая оценка финансового состояния	1,00	0,17	0,46	1,00

Полученные значения рейтинговых оценок по различным показателям позволяют рассчитать общую интегральную оценку каждого

проектировщика. Интегральная оценка вычисляется как сумма значений рейтинговых чисел по каждой организации (табл. 5—8, 10).

Т а б л и ц а 11

Общая рейтинговая оценка проектировщиков

Показатели	ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	ПТМ 18	НПЦ
Затраты	1,00	0,60	0,00
Качество	0,13	0,44	1,00
Затраты/качество	1,00	0,17	0,00
Надежность проектировщика	1,00	0,11	0,10
Финансовое состояние	1,00	0,17	0,46
Интегральная оценка	4,13	1,50	1,55

Целевая функция может быть представлена в аддитивной форме:

$$F = aQ_S + bQ_K + cQ_Z + dQ_N + eQ_U, \quad (8)$$

где Q_S — коэффициент оптимума затрат заказчика на приобретение проектной документации; Q_K — коэффициент оптимума качества поставляемой продукции; Q_Z — коэффициент оптимума соотношения затраты/качество продукции; Q_N — коэффициент оптимума надежности проектировщика; Q_U — коэффициент оптимума финансовой устойчивости предприятия; a, b, c, d, e — меры влияния определяющих факторов или величины факторных нагрузок.

На основании полученных данных (табл. 11) строится таблица рангов предприятий по всем признакам (табл. 12). Предприятия располагаются в порядке убывания рейтинговых чисел по показателю «общая оценка». Остальные ранги ставятся в зависимости от рассчитанных значений в произвольном порядке.

Каждый из рассматриваемых факторов имеет некоторую степень влияния на выбор проектировщика. Для того чтобы определить эту степень, воспользуемся методом ранговой корреляции.

Факторные нагрузки рассчитываются на основе коэффициента корреляции рангов, которым измеряется теснота связи факторов. Положительный знак факторной нагрузки указывает на прямую (отрицательный — на обратную) связь факторов. Коэф-

фициент корреляции вычисляется по формуле Спирмена:

$$r = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n}, \quad (9)$$

где $d_i = x_i - y_i$; x_i, y_i — ранги по признакам А и В; n — количество объектов.

Данные о факторных нагрузках позволяют сформулировать выводы об относительном весе отдельного признака в структуре результативного фактора. В свою очередь, данные о факторных весах определяют ранжирование объекта по каждому фактору.

За числовую характеристику факторной нагрузки принят коэффициент детерминации, т.е. квадрат корреляционного отношения, показывающий долю вариации результативного признака, объясняемой за счет вариации факторного признака.

Коэффициент детерминации $R = r^2$. Следовательно, чем выше коэффициент детерминации, тем большее влияние на результативный признак (решение о выборе делового партнера) оказывает исследуемый фактор.

Рассмотрим парную корреляцию отдельных признаков.

Общая оценка — затраты; общая оценка — качество; общая оценка — затраты/качество; общая оценка — надежность; общая оценка — финансовая устойчивость. Рассчитаем коэффициент ранговой корреляции и коэффициент детерминации для признаков общая оценка — затраты (табл. 13).

Т а б л и ц а 12

Ранги предприятий

Проектировщики	Общая оценка	Затраты	Качество	Затраты/качество	Надежность	Финансовое состояние
ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	1	1	3	1	1	1
НПЦ	2	3	1	3	3	2
ПТМ 18	3	2	2	2	2	3

Т а б л и ц а 13

Расчет методом ранговой корреляции

Проектировщики	Общая оценка	Затраты	Разность рангов	Квадрат разности
ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	1	1	0	0
НПЦ	2	3	-1	1
ПТМ 18	3	2	1	1
Итого				2
Коэффициент ранговой корреляции по Спирмену				0,5
Коэффициент детерминации				0,250

Проектировщики	Общая оценка	Качество	Разность рангов	Квадрат разности
ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	1	3	-2	4
НПЦ	2	1	1	1
ПТМ 18	3	2	1	1
Итого				6
Коэффициент ранговой корреляции по Спирмену				-0,5
Коэффициент детерминации				0,250
Проектировщики	Общая оценка	Затраты/качество	Разность рангов	Квадрат разности
ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	1	1	0	0
НПЦ	2	3	-1	1
ПТМ 18	3	2	1	1
Итого				2
Коэффициент ранговой корреляции по Спирмену				0,5
Коэффициент детерминации				0,250
Проектировщики	Общая оценка	Надежность	Разность рангов	Квадрат разности
ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	1	1	0	0
НПЦ	2	3	-1	1
ПТМ 18	3	2	1	1
Итого				2
Коэффициент ранговой корреляции по Спирмену				0,5
Коэффициент детерминации				0,250
Проектировщики	Общая оценка	Финансовое состояние	Разность рангов	Квадрат разности
ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	1	1	0	0
НПЦ	2	2	0	0
ПТМ 18	3	3	0	0
Итого				0
Коэффициент ранговой корреляции по Спирмену				1
Коэффициент детерминации				1,000

Т а б л и ц а 14
Факторные нагрузки

Факторы	Факторные нагрузки (коэф-ты детерминации)
Затраты	0,250
Качество	0,250
Затраты/качество	0,250
Надежность поставщика	0,250
Финансовое состояние	1,000

Подставив полученные значения факторных нагрузок в формулу (8), получим таблицу скорректированных коэффициентов оптимума, в которой каждое значение коэффициента оптимума i -го фактора умножается на весовой показатель i -го фактора. В итоге вычисляется общая интегральная оценка, позволяющая сделать оптимальный выбор (табл. 15).

Т а б л и ц а 15
Общая рейтинговая оценка проектировщиков с учетом факторных весов

Показатели	ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	ПТМ 18	НПЦ
Затраты	0,25	0,15	0,00
Качество	0,03	0,11	0,25
Затраты/качество	0,25	0,04	0,00
Надежность поставщика	0,25	0,03	0,02
Финансовое состояние	1,00	0,17	0,46
Интегральная оценка	1,78	0,51	0,73

Т а б л и ц а 16
Рейтинговая структура

Проектировщики	Общая оценка
ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ»	1
НПЦ	2
ПТМ 18	3

Жуков Д. М., руководитель Управления Федерального агентства кадастра объектов недвижимости по Воронежской области, доктор экономических наук, профессор (Воронежский государственный архитектурно-строительный университет)

Лидером среди организаций оказалось ОАО ВПИ «ГИПРОПРОМ» — хорошо зарекомендовавшая себя фирма, осуществляющая проектирование промышленных предприятий и выполняющая функции территориальной проектной организации в Центрально-Черноземном районе.

Zhukov D. M., Head of the Voronezh Federal Cadastral Agency of the Real Estate, Doctor of Economics, Professor (Voronezh State University of Architecture and Building Construction)