МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра управления

ПОСТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине «Организация строительного производства» для студентов направления 38.03.01 «Экономика» (все профили) всех форм обучения

Воронеж 2022

УДК 658.5(07)
ББК 65.301я7

Составители: д-р техн. наук, проф. С. А. Баркалов,
д-р техн. наук, проф. П. Н. Курочка

Построение комплексной оценки организационно-технологических решений: методические указания к проведению практических занятий и самостоятельной работе по дисциплине «Организация строительного производства» для студентов направления 38.03.01 «Экономика» (все профили) всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: С. А. Баркалов, П. Н. Курочка. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. 32 с.

Основной целью методических указаний является подготовка материала к проведению практического занятия «Построение комплексной оценки организационно-технологических решений», связанного с выбором вариантов проведения строительно-монтажных работ на основе построения комплексной оценки каждого варианта.

Предназначены для студентов направления 38.03.01 «Экономика» (все профили), всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_ПКООТР_ПЗ_СР.pdf.

Табл. 8. Библиогр.: 7 назв.

УДК 658.5(07)
ББК 65.301я7

Рецензент – В. П. Морозов, д-р техн. наук, доц. кафедры
управления ВГТУ

Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета

ВВЕДЕНИЕ

Цель изучения дисциплины «Организация строительного производства»:

– подготовка квалифицированных специалистов строительства, знающих теоретические основы организации и планирования строительного производства и умеющих их использовать в практической деятельности строительной фирмы;

– формирование знаний и навыков современного специалиста в области современных алгоритмов организационно-технологического проектирования.

Задачами дисциплины «Организация строительного производства» являются:

– получение студентами знаний и навыков формирования организационно-технологических решений;

– освоение математических методов, используемых при моделировании задач организационно-технологического проектирования;

– формирование практических навыков и ознакомление с основными приёмами и методиками, необходимыми для эффективной организации и планирования строительного производства и их использование для получения обоснованной системы показателей, с помощью которых выявляются имеющиеся резервы роста эффективности производства и прогноз тенденций его развития.

Результатом освоения дисциплины является освоение следующих компетенций:

по направлению подготовки 38.03.01 «Экономика»:

ОПК-4 способностью находить организационно-управленческие решения в профессиональной деятельности и готовность нести за них ответственность

ПК-1 – способностью собрать и проанализировать исходные данные, необходимые для расчета экономических и социально-экономических показателей, характеризующих деятельность хозяйствующих субъектов;

ПК-2 – способностью на основе типовых методик и действующей нормативно-правовой базы рассчитать экономические и социально-экономические показатели, характеризующие деятельность хозяйствующих субъектов;

ПК-3 – способностью выполнять необходимые для составления экономических разделов планов расчеты, обосновывать их и представлять результаты работы в соответствии с принятыми в организации стандартами.

Основными разделами изучаемой дисциплины «Организация строительного производства» являются:

Тема № 1. «Организация проектно-изыскательских работ и предпроектная стадия в строительстве»

Тема № 2. «Модели строительного производства. Методы организации строительного производства. Сетевое моделирование»

Тема № 3. «Планирование производственной деятельности строительной организации»

Тема № 4. «Организационно-технологическое проектирование в строительстве»

Тема № 5. «Организация управления качеством строительной продукции. Сдача законченных строительством объектов в эксплуатацию»

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО КУРСУ «ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

Практические занятия по данному курсу предполагают закрепление знаний, полученных на лекциях. Данные методические указания направлены на обеспечение выполнения практической работы по определению организационно-технологических параметров строительства при помощи статистических методов, основанных на теории массового обслуживания.

Необходимость привлечения статистических методов диктуется тем, что строительство представляет собой сложную, динамическую, систему изменение которой происходит по вероятностным законам. В этом случае повышение надежности принимаемых организационно-технологических решений лежит в области учета стохастической природы применяемых параметров. Именно на это и нацелено данное практическое занятие.

С другой стороны, материал методических указаний может быть использован и для организации самостоятельной работы студентов.

Место самостоятельной работы в курсе «Организация строительного производства» заключается в том, что согласно учебному плану половина времени, отводимое на изучение предмета, должно приходится на самостоятельную работу студентов вне стен учебного заведения. Таким образом, весь спектр занятий, предусмотренный учебным планом, студент должен осуществлять не только на занятиях согласно расписанию, но также и самостоятельно. Следовательно, прослушав лекцию, студент должен, придя домой, разобрать конспект лекции, почитать то, что на тему, рассмотренную на лекции, написано в рекомендованном учебнике и ответить на контрольные вопросы.

При подготовке к практическому или лабораторному занятию студент долен повторить лекционный материал, разобрать примеры, приведенные в методических указаний и решить то, что было задано на практическом или лабораторном занятии. Здесь следует обратить внимание на то, что целесообразность выполнения данного практического занятия в ходе аудиторных занятий целиком определяется преподавателем, ведущим эту дисциплину. Вполне возможен вариант передачи данного материала для самостоятельной работы студентов.

Использование методических указаний предполагает, что студент изучил лекционный материал и, если у него возникли вопросы, то можно просмотреть рекомендации, содержащиеся в данных методических указаниях по конкретной теме. Методические указания ни в коем случае не должны заменять материал лекционных, практических и лабораторных занятий.

В данном случае совершенно справедливо утверждение о том, что если преподаватель привел своих студентов на берег реки знаний, то это не означает, что он сможет заставить их что-то из этой реки зачерпнуть. Необходима воля и труд, самих обучающихся. Таким образом, учеба является достаточно тяжелым и напряженным трудом, сопряженным со значительными затратами времени и ограничиться только посещением занятий совершенно недостаточно.

ТЕМА ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ: «ПОСТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ»

Цель работы: изучить методы оценки организационно-технологического решений, направленных на выбор наиболее рационального варианта производства строительно-монтажных работ.

Время выполнения работы: 6 часа.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Оценка организационно–технологических решений (ОТР) строительства любого объекта является важной составляющей всего комплекса задач теории принятия решений в строительстве. В современных экономических условиях часто оказывается недостаточным только личный опыт лица, принимающего решение. Недооценка каких-либо факторов на уровне организационно-технологического проектирования может вызвать огромные затраты, выходящие за сметную стоимость строительства объекта на этапе производства работ.

Таким образом, важной задачей видится принятие наиболее выгодного варианта производства работ. Критериями здесь могут выступать важнейшие экономические показатели: время выполнения, стоимость, ограничения по ресурсам. Базой для оценки будет являться информация о существующем положении и современных достижениях в области строительного производства. Такую информацию могут представить специалисты, отвечающие за различные аспекты проведения работ (конструктор, технолог, экономист и т.д.). Затем необходимо выработать правило оценки и принятия решения на основе исходной информации.

Получение рейтинговой оценки возможно различными путями, самый простой из которых – это нахождение среднего арифметического или среднегеометрического значения исследуемых показателей. В этом случае предполагается, что все параметры имеют одинаковое влияние на оценку, характеризующую положение в изучаемой организации, то есть параметры равнозначны. Зачастую это не так, поэтому данный подход практически не используется.

Большинство современных методов получения рейтинговой оценки базируется на использовании средневзвешанной суммы, для нахождения которой могут быть использованы различные подходы. Самым простым является получение комплексной оценки исходя из формулы

$$z = \sum_{i=1}^{n} q_i x_i \,, \tag{1}$$

где z - интегральная оценка; q_i - весовой коэффициент при i-ом показателе, определяемый, как правило, экспертным путем; x_i - значение i-го показателя; при этом в процессе моделирования используются нормированные значения показателей. Нормировка может быть произведена по-разному, например, используется величина, определяющая степень влияния показателя на всю оценку, то есть величина вида

$$\overline{x}_i = \frac{|x_i|}{\sum_{i=1}^{n} |x_i|} .$$

Но наиболее часто применяется формула полной нормализации. В этом случае нормированное значения показателя, ориентированного на максимальное значение (то есть чем выше значение данного показателя, тем лучше) может быть получено по следующей формуле

$$\overline{y}_{ij} = \frac{y_{ij} - y_{i\min}}{y_{i\max} - y_{i\min}} \;; \tag{2}$$

а для критерия, ориентированного на минимальное значение (то есть чем меньше значение данного показателя, тем лучше)

$$\overline{y}_{ij} = 1 - \frac{y_{ij} - y_{i\min}}{y_{i\max} - y_{i\min}} \;. \tag{3}$$

Как уже говорилось, значения весовых коэффициентов в формуле (1) определяется экспертным путем. Причем экспертам предлагается оценить важность каждого из показателей попарно, то есть эксперт должен в i-ой строке и j-ом столбце матрицы указать во сколько раз, по его мнению, i-ый показатель важнее j-го. Таким образом по результатам экспертного опроса получаем матрицу все элементы которой будут положительными и удовлетворять следующему соотношению для любых значений i и j

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

Такая матрица называется *обратно-симметричной*. Из этого, в частности, следует, что

$$a_{ii} = 1$$

Если эксперт при составлении матрицы экспертного опроса негде не противоречил своим предыдущим высказыванием, то рассматриваемая матрица результатов экспертного опроса *A* будет *согласованной*.

Матрица называется *согласованной* если для любых *i*, *j* и *k*, имеет место равенство

$$a_{ik} a_{kj} = a_{ij}$$

Тем самым, идеальная матрица сравнений обратно-симмитрична и согласована.

Построить какую-нибудь обратно-симметричную матрицу совсем нетрудно. Правда, вряд ли она окажется согласованной.

Существует достаточно простой критерий, позволяющий определить это.

ТЕОРЕМА. Положительная обратно-симметричная матрица является согласованной тогда и только тогда, когда порядок матрицы и ее наибольшее собственное значение совпадают,

$$\lambda_{\max} = n$$

Это означает, в частности, что если наибольшее собственное значение обратно-симметричной матрицы равно ее порядку, то эта матрица непременно будет согласованной.

Таким образом, по результатам экспертного опроса получена матрица парных сравнений, которая будет являться положительной и обратно-симметричной. Но каким-то образом необходимо перейти от матрицы парных сравнений к значениям весовых коэффициентов. Оказывается, что если полученная матрица парных сравнений будет согласованной или достаточно близка к ней, то для весовых коэффициентов будет справедливо следующая система уравнений, которая в матричном виде записывается в форме

$$Aq = nq$$

где A – матрица парных сравнений, полученная в результате экспертного опроса; q – вектор-столбец весовых коэффициентов, который необходимо определить.

Таким образом, задача нахождения весовых коэффициентов по матрице парных сравнений сводится к решению задачи на собственные значения для положительной, обратно-симметричной матрицы.

Алгоритмы нахождения собственных значений для произвольной матрицы достаточно сложны и трудоемки, но в рассматриваемом случае возможно применение простых и эффективных алгоритмов, которые можно использовать только в том случае если рассматриваемая матрица будет согласованной или достаточно близка к ней. Таким образом, возникает задача оценки степени согласованности матрицы. Это оценивается с помощью индекса согласованности.

Ясно, что если элементы положительной обратно-симметричной согласованной матрицы *A* незначительно изменить (подвергнуть малому шевелению), то максимальное собственное значение λ_{max} также изменится незначительно.

Пусть A — произвольная положительная обратно-симметричная матрица и λ_{max} — ее наибольшее собственное значение.

Если

$$\lambda_{\max} = n$$

то матрица A — согласованная. Если же

$$\lambda_{\max} \neq n$$

(всегда $\lambda_{max} > n$), то в качестве степени отклонения положительной обратно-симметричной матрицы A от согласованной можно взять отношение

$$\frac{\boldsymbol{\lambda_{max} - n}}{\boldsymbol{n - 1}}$$

которое называется *индексом согласованности* матрицы A и является показателем близости этой матрицы к согласованной.

Степень согласованности суждений считается удовлетворительной, если индекс согласованности не превышает 0,1.

Естествен вопрос, как находить наибольшее собственное значение λ_{max} положительной обратно-симметричной матрицы.

В общем случае эта задача, хотя и разрешима, но технически достаточно сложна. Поэтому, желая содержательно, но относительно просто ответить на поставленный вопрос, мы вынуждены чем-то поступиться. Проще всего поступиться точностью вычислений, т. е. искать приближенное значение наибольшего собственного числа.

Для этого поступают так: сначала приближенно строится нужный собственный столбец, а затем по нему ищется приближенное собственное значение.

Опишем один из простых алгоритмов отыскания приближенного собственного столбца обратно-симметричной матрицы [6]:

1) элементы каждого столбца складываются,
2) элементы каждого столбца делятся на их сумму,
3) элементы каждой строки полученной матрицы складываются,
4) полученные результаты записываются в столбец и каждый из элементов этого столбца делится на порядок исходной матрицы n.

Совсем нетрудно убедиться в том, что каждый из приведенных способов, будучи примененным к идеальной матрице, дает один и тот точный результат — собственный столбец, отвечающий наибольшее собственному значению n.

В применении к обратно-симметричной, но не согласованной матрице ни один из предложенных способов к собственному столбцу уже не приводит. Тем не менее, при вычислении приближенных собственных столбцов таких матриц удобно пользоваться именно этими способам

Специально подчеркнем, что описанные способы вычисления приближенного собственного столбца матрицы эффективны лишь для обратно-симметричных матриц, достаточно близких к согласованным.

Рассмотрим пример получения весовых коэффициентов для построения построения комплексной оценки по аддитивному методу для 3-х вариантов реализации строительных проектов данные о которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики КП строительства (цифры условные)

Показатели \ Варианты КП	A	B	C	Требование
Стоимость работ (*C*)	700	680	640	730
Время выполнения (*T*)	16	17	18	20
Оценка риска / Коэффициент эффективности ($K_{эф}$)	0,31	0,32	0,33	0,30
Коэффициент совмещенности ($K_{св}$)	0,44	0,45	0,47	0,40
Коэффициент критичности ($K_{кр}$)	0,34	0,40	0,44	0,50

Вычислим одним из предложенных способов приближеных собственный столбец обратно-симметричной матрицы 5-го порядка

$$\begin{Vmatrix} 1 & 2 & 4 & 7 & 8 \\ 1/2 & 1 & 3 & 6 & 7 \\ 1/4 & 1/3 & 1 & 2 & 4 \\ 1/7 & 1/6 & 1/2 & 1 & 2 \\ 1/8 & 1/7 & 1/4 & 1/2 & 1 \end{Vmatrix}$$

полученной в результате попарных сравнений пяти критериев оценки С, Т, $К_{эф}$, $К_{св}$ и $К_{кр}$.

Имеем

1 шаг. Суммируем элементы каждого столбца матрицы парных сравнений. В результате получаем по столбцам

2, 018; 3,643; 8,75; 16,5; 22.

2 шаг. Элементы каждого столбца делятся на их сумму. В результате получаем следующую матрицу

	I	**II**	**III**	**IV**	**V**	**Сумма**
I	0,50	0,55	0,46	0,42	0,36	2,29
II	0,25	0,27	0,34	0,36	0,32	1,55
III	0,12	0,09	0,11	0,12	0,18	0,63
IV	0,07	0,05	0,06	0,06	0,09	0,33
V	0,06	0,04	0,03	0,03	0,05	0,21

3 шаг. Элементы каждой строки полученной матрицы складываются. Данные приведены в предыдущей таблице в последнем столбце

4 шаг. Каждый из элементов этого столбца делится на порядок исходной матрицы *n*.

В итоге получаем

0,46
0,31
0,13
0,07
0,04

Итак, приближенный собственный вектор найден. Его компоненты и будут составлять искомые весовые коэффициенты, но нам необходимо определить какова же точность наших вычислений. Для этой цели необходимо найти максимальное собственное значение.

Покажем, как это можно сделать.

Если мы хотим проверить, является ли предъявленный вектор x собственным столбцом матрицы А, следует поступать так:

1. Умножить матрицу А на этот столбец

$$Ax - y,$$

или подробнее

$$\begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix},$$

2. Разделить элементы полученного столбца y на соответствующие элементы столбца x

$$\frac{y_1}{x_1}, \dots, \frac{y_n}{x_n}$$

Если все отношения совпадают

$$\frac{y_1}{x_1} = \dots = \frac{y_n}{x_n} \tag{*}$$

то их общее значение и есть собственное значение матрицы А, отвечающее данному столбцу x.

Если же хотя бы одно из равенств (*) нарушается, то столбец x уже не является собственным столбцом матрицы А.

Именно такой случай нас и интересует.

Выберем в качестве приближения к искомому собственному значению среднее арифметическое отношений

$$\frac{y_1}{x_1}, \dots, \frac{y_n}{x_n}$$

Имеем

$$\tilde{\lambda}_{\max} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{y_i}{x_i}.$$

Для отыскания приближенного значения наибольшего собственного числа заданной матрицы 5 х 5, используем приближение собственного столбца, найденное выше.

Умножим матрицу на этот столбец

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 7 & 8 \\ 1/2 & 1 & 3 & 6 & 7 \\ 1/4 & 1/3 & 1 & 2 & 4 \\ 1/7 & 1/6 & 1/2 & 1 & 2 \\ 1/8 & 1/7 & 1/4 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0{,}46 \\ 0{,}31 \\ 0{,}12 \\ 0{,}07 \\ 0{,}04 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2{,}37 \\ 1{,}6 \\ 0{,}64 \\ 0{,}33 \\ 0{,}21 \end{bmatrix}$$

Поделив элементы найденного столбца-произведения на соответствующие элементы исходного столбца-сомножителя, получим следующие числа

5,17; 5,16; 5,05; 5,04; 5,03.

Вычислим их среднее арифметическое. Имеем

$$\frac{5{,}17 + 5{,}16 + 5{,}05 + 5{,}04 + 5{,}03}{5} = \frac{25{,}44}{5} \approx 5{,}09$$

Тем самым,

$$\tilde{\lambda}_{\max} \approx 5{,}09$$

Найдем индекс согласованности. Он равен

$$\frac{5{,}09 - 5}{5 - 1} = \frac{0{,}09}{4} \approx 0{,}02$$

Таким образом, индекс согласованности равен 2 %, поэтому результат экспертизы можно считать вполне приемлемыми.

Действуя описанным выше методом, мы не только проверяем количественно согласованность наших суждений, но и устанавливаем (тоже в количественном выражении) приоритеты сравниваемых объектов.

В данном случае приближенный собственный столбец

0,46; 0,31; 0,12; 0,07; 0,04.

сумма всех его элементов равна 1 позволяет подвести итог проведенного анализа таблицы сравнений:

среди используемых критериев наивысший приоритет имеет критерий С (46%), затем критерии Т (31%), $К_{эф}$ (12%), $К_{св}$ (7%) и $К_{кр}$(4%).

В данном случае, чем выше значение интегральной оценки, тем лучше принятое организационно–технологическое решение.

Помимо данного подхода, используются и другие, менее распространенные модели [3]. Достаточно широко может быть использован способ получения интегральной оценки на базе так называемого метода расстояний [2]. В этом случае интегральная оценка получается из соотношения вида

$$R = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} q_i (1 - a_i)^2} \; ;$$

при этом нормировка показателей осуществляется следующим образом:

$$a_i = \frac{x_i}{x_i^{\max}},$$

где x_i^{max} - максимальное значение i-го показателя по отрасли или группе аналогичных предприятий.

В этой модели, чем меньше рейтинговая оценка, тем лучше вариант организационно–технологического решения. Следовательно, метод расстояний можно интерпретировать как расстояние от точки с координатами {1,1, ...,1}, характеризующей наилучшее решение с максимальными значениями показателей в фазовом n - мерном пространстве, размерность которого равна числу показателей, включенных в расчет. Положение этой идеальной точки тоже не бесспорно: зависит от группы рассматриваемых вариантов решений предприятий, включенных в модель. К тому же совершенно недоказанным является тот факт, что величина расстояния не изменится с увеличением размерности этого пространства, то есть вариант решения сохранит свой рейтинг при увеличении числа показателей, включаемых в модель. Остается достаточно субъективным и выбор точки, характеризующей идеальное положение в пространстве рассматриваемых показателей, так как ориентация на максимальные значения показателей в группе анализируемых вариантов решения может характеризовать только эту замкнутую систему и положение каждого варианта в этой системе. Это обстоятельство несколько затрудняет сравнение полученных результатов с данными, выявленными на основе других моделей. К тому же, как видно из самой формулы, интегральная оценка будет находиться в пределах от 0 до 1, в связи с чем достаточно трудно установить границы допустимого изменения рейтинговой оценки организационно–технологических решений. То есть данная модель хорошо действует в случае вариантного проектирования: в этом случае, чем ниже оценка, тем решение лучше в рамках рассматриваемых показателей. То есть в данном случае идет речь об относительной оценке: можно определить какое из решений в рассматриваемой группе будет является лучшим. Но не всегда можно судить об эффективности и качестве рассматриваемых организационно–технологических решений в целом. Иными словами нет никакой гарантии, что выбранное решение не будет являться лучшим среди самых худших вариантов решения проблемы. Для того чтобы в результате сравнения получить действительно самое качественное решение рассматриваемой проблемы, необходимо априорное существование в рассматриваемой группе хотя бы одного варианта решения удовлетворяющего высоким требованиям.

Когда же возникает необходимость оценить одно организационно-технологическое решение, то такая задача связана с трудностями получения значений x_i^{max} и последующей интерпретацией полученного результата, то есть с определением значений рейтинговой оценки, характерной для «хорошего» и «плохого» решения.

Данная модель может дать несколько одностороннюю завышенную оценку за счет значительного превышения значения одного из показателей над всеми остальными. Этот недостаток в какой-то степени призваны компенсировать весовые коэффициенты q_i, но их выбор, как правило, достаточно субъективен и отражает только мнение исследователя или группы экспертов по данному вопросу.

Другим способом построения комплексной оценки организационно-технологических решений является применение матрицы потерь.

В основе этого способа лежит простая идея, которая заключается в том, что, выбирая проект лучший по какому-либо критерию, мы ухудшаем получаемое организационно-технологическое решение по другим критериям. Вполне понятно, что величину таких потерь можно использовать в качестве характеристики важности показателя оценки, то есть должна существовать функциональная зависимость весовых показателей от потерь, возникающих в процессе выбора конкретного решения.

Пусть имеется $\boldsymbol{n}$ проектов каждый из которых характеризуется $\boldsymbol{m}$ параметрами (критериями), позволяющими оценивать степень его соответствия квалификационным. Тогда исходные данные для задачи могут быть заданы в виде матрицы

$$\boldsymbol{D} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

элементы которой нормализованы по формулам полной нормализации (2)–(3).

Данная нормировка позволяет свести все показатели к диапазону изменения от 0 до 1 и привести все показатели к одному типу, то есть к показателям, ориентированным на максимум. Это дает возможность легко построить вектор $\boldsymbol{Y}^*$ идеального проекта. Компоненты этого вектора находятся в общем случае по формуле

$$y_j = \max_i y_{ij} .$$

Учитывая, что согласно условиям нормировки самое лучшее значение, принимаемое любым показателем равно 1, получаем, что все компоненты вектора $\boldsymbol{Y}^*$ идеального проекта, будут равны 1, то есть $\boldsymbol{Y}^* = \{\mathbf{1},\ \mathbf{1},\ \dots,\ \mathbf{1}\}$.

Используя матрицу нормированных исходных данных, строим вспомогательную матрицу $\boldsymbol{A}=\left\|\boldsymbol{\alpha}_{ij}\right\|$, по следующему правилу: произвольный элемент матрицы $\boldsymbol{\alpha}_{ij}$ есть значение i-го показателя, если выбирается проект, лучший по j-ому показателю. На основе вспомогательной матрицы $\boldsymbol{A}=\left\|\boldsymbol{\alpha}_{ij}\right\|$ и вектора $\boldsymbol{Y}^*$ идеального проекта, строится матрица потерь

$$\boldsymbol{P}=\left\|\boldsymbol{p}_{ij}\right\|=\boldsymbol{Y}^*-\boldsymbol{A}=\left\|\boldsymbol{y}_j^*-\boldsymbol{\alpha}_{ij}\right\|=\left\|\boldsymbol{1}-\boldsymbol{\alpha}_{ij}\right\|$$

Матрица потерь $\boldsymbol{P}=\left\|\boldsymbol{p}_{ij}\right\|$ будет характеризовать потери при выборе конкретного проекта.

Для построения интегральной оценки каждого проекта необходимо получить весовые коэффициенты каждого из критериев. Это можно сделать, используя идею о том, что весовые коэффициенты должны быть функциями от матрицы потерь. Для этого можно использовать соотношение вида $\boldsymbol{q}_i\boldsymbol{P}_{ij}=\boldsymbol{q}_j\boldsymbol{P}_{ji}$ и нормировочное соотношение для весовых коэффициентов $\sum_{j=1}^{n}\boldsymbol{q}_j=\boldsymbol{1}$.

Определив значимость показателей, находим рейтинг каждого проекта, умножив значение показателя на его значимость.

Рассмотренные модели относятся к классу аддитивных и, как уже отмечалось, имеют весьма существенный недостаток: высокий рейтинг может получиться за счет резкого роста только одного какого-то показателя при очень низких значениях всех остальных.

Этот недостаток преодолевается с помощью введения мультипликативных моделей, в которых рассматривается произведение показателей. К ним относится модель трудности, в которой рассматривается показатель трудности достижения поставленной цели. В качестве цели в данной задаче используется понятие достижения «хороших» значений по каждому из показателей.

Пусть известно, что каждое организационно-технологическое решение оценивается по n показателям y_i. Для любого показателя i=1, ..., n существует требование $y_i^*\in[0;\,1]$ – (минимально допустимое значение показателя i). Тогда $y_i\in[0;\,1]$ – достигнутое значение показателя. Очевидно, что к рассмотрению принимаются только те организационно-технологические решения, которые являются более предпочтительными, чем требования ε_i, то есть должно выполняться соотношение $y_i\geq y_i^*$.

Важную роль при оценке организационно-технологических решений играет понятие трудности для каждого показателя. Интуитивно ясно, что чем больше разница между требуемым значением показателя и его фактическим уровнем, тем лучше вариант организационно-технологического решения. Можно рассматривать трудности по стоимости, качеству, времени выполнения работ. Зависимость трудности для каждого показателя от ε_i и μ_i должна обладать следующими свойствами:

- при $y_i = y_i^*$ быть максимальной, т. е. равной **1** (трудность максимальна при предельно низком значении показателя);

- при, $y_i = 1_i$ $y_i \geq y_i^*$ быть минимальной, т. е. равной 0 (при предельно высоком значении показателя трудность должна быть минимальной);

- при $y_i > 0$, y_i^*=0 быть минимальной, так как при отсутствии требований к показателю допускается любое его значение.

Для этих условий будет справедлива функция вида

$$d_i = \frac{y_i^*\left(1 - y_i\right)}{y_i\left(1 - y_i^*\right)} \quad \text{при } y_i \geq y_i^*. \tag{4}$$

Полагаем также, что d_i=0 при $y_i = y_i^*$= 0 и d_i=1 при $y_i = y_i^*$= 1. После того, как получена формула трудности для каждого показателя, необходимо вывести общую формулу для оценки трудности организационно – технологического решения. Интегральная трудность должна удовлетворять следующим условиям:

- независимости трудностей показателей, входящих в интегральную оценку;

- равноважности показателей (показатели будут равноправными, если значение трудности не меняется при любой их перестановке);

- одноуровневости показателей;

- если трудность какого-либо показателя равна 1, то и общая трудность должна равняться 1;

- если трудность какого-либо показателя равна 0 (то есть трудность отсутствует), то на значение общей трудности этот показатель не должен оказывать влияния.

Исходя из таких соображений общая трудность имеет вид

$$D = 1 - \prod_{i=1}^{n}\left(1 - d_i\right) \tag{5}$$

Построение интегральной оценки происходит в несколько этапов:

- формирование множества показателей для оценки вариантов организационно–технологического решения;

- определение требований минимально (максимально) возможных значений показателей (критериев);

- оценка каждого варианта организационно – технологического решения по всем показателям; (критериям)

- построение интегральной оценки по всем вариантам;

- выбор наилучшего организационно–технологического решения.

Рассмотрим подробнее все этапы формирования оценок организационно– технологического решения.

На первом этапе происходит формирование множества показателей, которые должны описывать организационно–технологическое решение. В предлагаемой методике показатели должны быть независимы, то есть находится на одном уровне иерархии. Это условие достаточно трудно проверяется, но на практике можно пользоваться теми соображениями, что все показатели должны относится к проекту в целом.

На втором этапе определяется минимально-допустимое значение каждого показателя. Руководителю проекта всегда известны требования по моменту окончания работ, стоимости их выполнения, ограничения по трудовым и материальным ресурсам в каждый период времени строительства.

На третьем этапе рассчитываются значения y_{ij} и y_i^* для каждого показателя $i=1, ..., n$ и каждого проекта $j=1, ..., m.$, то есть осуществляется нормализация исходных данных и их приведение к одному виду. Для этой цели обычно используются формулы полной нормализации вида (2) – (3). А затем по каждому показателю рассчитывается трудность по формуле (4).

На четвертом этапе по формуле (5) вычисляется интегральная оценка каждого проекта.

На пятом этапе лицо, принимающее решение делает вывод о выборе организационно–технологического решения.

Рассмотренная методика оценки организационно-технологических решений обладает важным свойством независимости. В меняющихся условиях рынка на выбор того или иного варианта могут в различное время влиять разные показатели. Построение интегральной оценки типа “трудность” не зависит от набора показателей и каждый раз может быть легко модернизирована при добавлении новых или удалении старых показателей.

В процессе функционирования каждой фирме приходится решать трудную задачу определения размера и сферы приложения инвестиций. Как и любым управленческим решениям, подобным решениям сопутствует риск, определяемый как вероятность определенного уровня потерь. Одним из возможных способов уменьшения риска предпринимательской деятельности является диверсификация производства или создание инвестиционного портфеля, т.е. вложение капитала в различные виды ценных бумаг или компании, работающие в разных областях. Например, строительная организация может распределять имеющиеся средства между следующими направлениями: строительство жилья, торговая деятельность строительными материалами, производство изделий на собственной базе, реконструкция и капитальный ремонт, программы переселения.

В условиях рыночной экономики любое предприятие стремится диверсифицировать собственную деятельность: производитель набирает портфель различных видов деятельности, решая дилемму риск - доходность.

Управляющему необходимо распределить ресурсы между некоторым конечным числом направлений, при чем в каждое из них должна быть вложена хоть какая-то сумма средств (отличная от нуля). Пронумеруем все программы деятельности, пусть i – порядковый номер направления ($\mathbf{i = \overline{1,n}}$). Затем формируется множество критериев, по которым будет оцениваться эффективность каждого направления деятельности (в качестве критериев, которые предприятию необходимо максимизировать или минимизировать, например, могут быть рассмотрены различные характеристики: качество выполнения работы, средняя заработная плата, скорость выполнения, загрязнение окружающей среды, которое будет произведено в ходе выполнения программы). Производится сбор исходных данных по каждой из рассматриваемых программ инвестирования. Положим всего имеется m оцениваемых параметров. Каждый j-ый частный критерий дает свой вектор предпочтений $\mathbf{P^j = (P_1^j, P_2^j, ..., P_n^j)}$, $\mathbf{j = \overline{1, m}}$, где $\mathbf{P_i^j}$ - порядковый номер проекта, занимающего в ранжировании по j-му критерию i-ое место. В каждом ранжировании первое место занимает наиболее привлекательное, с точки зрения рассматриваемого критерия, для предприятия направление деятельности и далее по убыванию. Или же могут быть приглашены m независимых экспертов, каждый из которых сформирует свой вектор предпочтений. Затем каждому вектору $\mathbf{P^j}$ поставим в соответствие вектор $\boldsymbol{\pi^j = (\pi_1^j, \pi_2^j, ..., \pi_2^j)}$, сформированный по правилу: координата $\boldsymbol{\pi_i^j}$ – число направлений, которые согласно j-му частному критерию являются более предпочтительными, чем направление имеющее порядковый номер i.

Следующим шагом является поиск группового ранжирования, в котором наилучшим образом будут представлены индивидуальные предпочтения. В качестве такового рассматривается медиана Кемени, определяемая следующим образом:

$$\boldsymbol{\pi^* = \min_{\pi} \sum_{j=1}^{m} d(\pi, \pi^j),}$$

где $\mathbf{d}(\boldsymbol{\pi}, \boldsymbol{\pi^j})$ – расстояние между двумя ранжированиями, определяемое по формуле

$$\mathbf{d}(\boldsymbol{\pi}, \boldsymbol{\pi}^{\mathbf{j}}) = \sum_{\mathbf{i}=1}^{\mathbf{n}} \left| \boldsymbol{\pi}_{\mathbf{i}} - \boldsymbol{\pi}_{\mathbf{i}}^{\mathbf{j}} \right|.$$

Для отыскания медианы Кемени, во-первых, строим матрицу потерь $\mathbf{R} = \{\mathbf{r_{kl}}\}$, для чего рассматриваем векторы $\boldsymbol{\pi} = (\boldsymbol{\pi}_1, \boldsymbol{\pi}_2, ..., \boldsymbol{\pi}_{\mathbf{k}} ..., \boldsymbol{\pi}_{\mathbf{n}})$, в которых направление с номером k ($\mathbf{k} \in \{1,2,...,\mathbf{n}\}$) расположено на l-ом месте, где l последовательно изменяется от 1 до n (т.е. $\boldsymbol{\pi}_{\mathbf{k}} = \mathbf{l} - 1$), тогда

$$\mathbf{r_{kl}} = \sum_{\upsilon=1}^{\mathbf{m}} \left| \boldsymbol{\pi}_{\mathbf{k}} - \boldsymbol{\pi}_{\mathbf{k}}^{\upsilon} \right| \tag{6}$$

Отыскание медианы Кемени эквивалентно решению задачи о назначениях, коэффициенты целевой функции которой определяются формулой (1.6.1), а сама задача записывается следующим образом:

$$\sum_{\mathbf{k}=1}^{\mathbf{n}} \sum_{\mathbf{l}=1}^{\mathbf{n}} \mathbf{r_{kl}} \cdot \mathbf{x_{kl}} \to \mathbf{min}, \tag{7}$$

$$\sum_{\mathbf{k}=1}^{\mathbf{n}} \mathbf{x_{kl}} = 1, \quad \mathbf{l} = \overline{1,\mathbf{n}}, \tag{8}$$

$$\sum_{\mathbf{l}=1}^{\mathbf{n}} \mathbf{x_{kl}} = 1, \quad \mathbf{k} = \overline{1,\mathbf{n}}, \tag{9}$$

$$\mathbf{x_{kl}} \in \{0, 1\}\, \mathbf{k,l} = \overline{1,\mathbf{n}}, \tag{10}$$

В результате получаем матрицу $\mathbf{X}^* = \{\mathbf{x}_{\mathbf{kl}}^*\}$, по которой восстанавливаем вектор группового предпочтения P^*:

- анализируем матрицу X^* по строкам: если $\mathbf{x_{kl}} = 1$, то в векторе P^* полагаем $\mathbf{p}_1^* = \mathbf{k}$;
- по упорядочению P^* составляем матрицу парных сравнений $\mathbf{L}^* = \{\boldsymbol{\alpha}_{\mathbf{kl}}\}$, $\mathbf{k,l} = \overline{1, \mathbf{n}}$ для группового предпочтения, элементы которой определяются: $\boldsymbol{\alpha}_{\mathbf{kl}} = 2$, если согласно ранжированию P^* направление, имеющее порядковый номер k, является более предпочтительным, чем l-ое направление; $\boldsymbol{\alpha}_{\mathbf{kl}} = 1$, если k-ый и l-ый виды деятельности равнопредпочтительны; и $\boldsymbol{\alpha}_{\mathbf{kl}} = 0$, если k-ый менее предпочтителен, чем l-ый;
- считаем сумму элементов каждой строки и сумму всех элементов матрицы :

$$\boldsymbol{\alpha'_k = \sum_{l=1}^{n} \alpha_{kl}} \quad \text{и} \quad \boldsymbol{\alpha' = \sum_{k=1}^{n} \alpha'_k};$$

- находим доли, соответствующие каждому направлению деятельности:

$\boldsymbol{\chi_k = \alpha'_k / \alpha' \quad k = \overline{1, n}.}$

Однако, к сожалению, все рассмотренные модели рассчитаны на работу с детерминированной информацией и не учитывают фактор неопределенности, возникающий в процессе оценивания организационно–технологических решений.

Выделяют следующие типы неопределенности:

• интервальная, когда известен только диапазон возможного изменения исследуемой величины;

• вероятностная, когда задано распределение вероятностей принятия возможных значений;

• нечеткая, возникающая из природы самой задачи, когда ситуация по-разному оценивается различными экспертами. Ярким примером нечеткой неопределенности является показатель стесненности строительства.

К сожалению, рассмотренные модели не учитывают ни одну из вышеперечисленных особенностей оценки организационно–технологических решений.

Рассмотрим примеры применения описанных моделей построения комплексных оценок проектов.

ПРИМЕР

Рассмотрим пример построения комплексной оценки по аддитивной модели и методу «трудности» для 3-х вариантов реализации строительных проектов данные о которых приведены в табл. 1.

В табл. 1 приведены варианты 3-х проектов и требования к максимальному (минимальному) значению каждого показателя. При расчетах максимальные и минимальные границы показателей необходимо брать с погрешностью, равной 10% от минимальной границы. Например, минимальная граница стоимости равна 640. Тогда y_{min} и y_{max} для показателя стоимость будут равняться 640-0,1*640=576 и 730+0,1*640=794 соответственно. В табл. 2 рассчитаны пронормированные значения показателей для каждого варианте календарного плана.

Таблица 2

Показатели \ проекты	A	B	C	Требование
Стоимость работ (*C*)	0,43	0,52	0,71	0,30
Время выполнения (*T*)	0,75	0,62	0,5	0,25
Коэффициент эффективности ($K_{эф}$)	0,45	0,56	0,67	0,34
Коэффициент совмещенности ($K_{св}$)	0,53	0,6	0,73	0,27
Коэффициент критичности ($K_{кр}$)	0,86	0,59	0,41	0,14

Используя данные о величине весовых коэффициентов, полученных выше находим рейтинговые оценки для рассматриваемых трех проектов по формуле, то есть используем аддитивную модель

$$R_i = \sum_{j=1}^{m} q_j \bar{x}_{ij}$$

1 проект.

$$R_1 = \sum_{j=1}^{m} q_j \bar{x}_{1j} = 0,46 \cdot 0,43 + 0,31 \cdot 0,75 + 0,12 \cdot 0,45 + 0,07 \cdot 0,53 + 0,04 \cdot 0,86 = 0,5558$$

2 проект.

$$R_2 = \sum_{j=1}^{m} q_j \bar{x}_{2j} = 0,46 \cdot 0,52 + 0,31 \cdot 0,62 + 0,12 \cdot 0,56 + 0,07 \cdot 0,6 + 0,04 \cdot 0,59 = 0,5642$$

3 проект.

$$R_1 = \sum_{j=1}^{m} q_j \bar{x}_{1j} = 0,46 \cdot 0,71 + 0,31 \cdot 0,5 + 0,12 \cdot 0,67 + 0,07 \cdot 0,73 + 0,04 \cdot 0,41 = 0,6295$$

Таким образом, наилучшим будет являться 3 проект, затем 2 и на последнем месте 1.

Рассмотрим особенности построения комплексной оценки ОТР по методу потерь применение этого алгоритма на примере. Необходимо отобрать наилучший проект из трех имеющихся. Для примера возьмем те же данные, которые приведены в табл. 1. При этом каждый проект оценивается по 5 критериям: стоимость (С), время выполнения (Т), коэффициент эффективности ($K_{эф}$), коэффициент совмещенности ($K_{св}$), коэффициент критичности ($K_{кр}$).

С целью возможности сопоставления несопоставимых параметров, приведем все оценки к безразмерному виду и пронормируем их. Для этой цели используем формулы полной нормализации (2) – (3). Значения пронормированных показателей приведены в табл. 2. С учетом особенностей нормализации результаты, представленные в табл. 2. Будут уже относятся к одному типу показателей, ориентированных на максимум, то есть чем больше показатель тем лучше.

Используя матрицу нормированных исходных данных табл.2, строим вспомогательную матрицу $\boldsymbol{A} = \left\| \boldsymbol{\alpha_{ij}} \right\|$, по следующему правилу: произвольный элемент матрицы $\boldsymbol{\alpha_{ij}}$ есть значение i-го показателя, если выбирается исполнитель, лучший по j-ому показателю. Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

	I	II	III	IV	V
I	0,71	0,43	0,71	0,71	0,43
II	0,5	0,75	0,5	0,5	0,75
III	0,67	0,45	0,67	0,67	0,45
IV	0,73	0,53	0,73	0,73	0,53
V	0,41	0,86	0,41	0,41	0,86

На основе вспомогательной матрицы $\boldsymbol{A} = \left\| \boldsymbol{\alpha}_{ij} \right\|$ и вектора $\boldsymbol{Y}^*$ идеального соответствия требованиям, предъявляемым к исполнителю, строится матрица потерь

$$\boldsymbol{P} = \left\| \boldsymbol{p}_{ij} \right\| = \boldsymbol{Y}^* - \boldsymbol{A} = \left\| \boldsymbol{y}_j^* - \boldsymbol{\alpha}_{ij} \right\| = \left\| \mathbf{1} - \boldsymbol{\alpha}_{ij} \right\|,$$

Приведенная в табл. 4.

Таблица 4

	I	II	III	IV	V
I	0,29	0,57	0,29	0,29	0,57
II	0,5	0,25	0,5	0,5	0,25
III	0,33	0,55	0,33	0,33	0,55
IV	0,27	0,47	0,27	0,27	0,47
V	0,59	0,14	0,59	0,59	0,14

Для построения интегральной оценки каждого из специалистов необходимо получить весовые коэффициенты каждого из критериев. Это можно сделать, используя идею о том, что весовые коэффициенты должны быть функциями от матрицы потерь. Для этого можно использовать соотношение вида $\boldsymbol{q}_i \boldsymbol{P}_{ij} = \boldsymbol{q}_j \boldsymbol{P}_{ji}$ и нормировочное соотношение для весовых коэффициентов $\sum_{j=1}^{n} \boldsymbol{q}_j = \mathbf{1}$.

Для решения поставленной задачи придадим параметру $\boldsymbol{i}$ произвольное значение и будем менять значение индекса $\boldsymbol{j}$ от $\mathbf{1}$ до $\boldsymbol{n}$ в нашем случае до четырех. В итоге получим следующую систему алгебраических уравнений:

$$\begin{gathered} 0{,}57q_1 = 0{,}5q_2 \\ 0{,}29q_1 = 0{,}33q_3 \\ 0{,}29q_1 = 0{,}27q_4 \\ 0{,}57q_1 = 0{,}59q_5 \\ q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 = 1 \end{gathered} \qquad (6)$$

Решая систему (6) получаем

$q_1 = 0{,}197$; $q_2 = 0{,}225$; $q_3 = 0{,}173$; $q_4 = 0{,}212$; $q_5 = 0{,}191$;

Определив значимость показателей, находим рейтинг каждого проекта, умножив значение показателя на его значимость. Результат представлен в табл. 5.

Таким образом, согласно данным табл. 5 наиболее предпочтительным будет являться 1 проект, затем третий и второй.

Полученные данные объясняются особенностями вычисления весовых коэффициентов, когда полностью исключалось мнения экспертов, а весовые коэффициенты рассматривались как функции потер при выборе конкретного проекта. При это оказывается, что значимости всех коэффициентов получились достаточно близкими, в отличии от аддитивной модели, основанной на матрице парных сравнений.

Таблица 5

Рейтинг проектов

Проект	Стоимость работ (C)	Время выполнения (T)	Коэф. эффективности ($K_{эф}$)	Коэф. совмещенности ($K_{св}$)	Коэф. критичности ($K_{кр}$)	Рейтинг проекта
q_i	0,197	0,225	0,173	0,212	0,191	
1	0,43	0,75	0,45	0,53	0,86	0,60793
2	0,52	0,62	0,53	0,6	0,59	0,57352
3	0,71	0,5	0,67	0,73	0,41	0,60135

Теперь, используя исходные, приведенные в табл.1 и нормализованные данные из табл. 2 применим мультипликативную модель «трудности». Для этой цели по формуле (4) рассчитаем трудности показателей для каждого варианта. Результаты приведены в табл. 6.

Таблица 6

Показатели \ Варианты КП	A	B	C
Стоимость работ (C)	0,57	0,40	0,18
Время выполнения (T)	0,10	0,20	0,34
Коэффициент эффективности ($K_{эф}$)	0,63	0,41	0,25
Коэффициент совмещенности ($K_{св}$)	0,33	0,25	0,13
Коэффициент критичности ($K_{кр}$)	0,03	0,12	0,23

Используя формулу (5) рассчитаем трудность по каждому варианту: d_A=0,907; d_B=0,81; d_C=0,73. Таким образом, самым предпочтительным вариантом является С.

Теперь рассмотрим особенности применения метода построения комплексной оценки на основе медианы Кемени. Особенность этого метода заключается в том, что он не требует предварительной нормализации показателей и может использовать показатели качественного вида, типа «высокий», «низкий» и т.п.

Распределить средства между **4** направлениями, имеющими характеристики указанные в табл. 7.

Таблица 7

Характеристики	Направления			
	I	**II**	**III**	**IV**
Планируемая прибыль	15	30	20	40
Оценка риска	0.3	0.2	0.4	0.8
Средняя заработная плата	1500	1600	1800	1700
Период окупаемости	37	35	30	20
Энергоемкость	0.81	0.37	0.63	0.66

В качестве критериев рассматривать приведенные характеристики.

1. Согласно каждому критерию построен вектор предпочтения $\mathbf{P}^{\,j}$ и соответствующий ему вектор $\boldsymbol{\pi}^{j}$:

критерий «прибыль» - $\mathbf{P^1=(4, 2, 3, 1)}$, $\boldsymbol{\pi}^1\mathbf{=(3, 1, 2, 0)}$;

критерий «риск» - $\mathbf{P^2=(2, 1, 3, 4)}$, $\boldsymbol{\pi}^2\mathbf{=(1, 0, 2, 3)}$;

критерий «заработная плата» - $\mathbf{P^3=(3, 4, 2, 1)}$, $\boldsymbol{\pi}^3\mathbf{=(3, 2, 0, 1)}$;

критерий «период окупаемости» - $\mathbf{P^4=(4, 3, 2, 1)}$, $\boldsymbol{\pi}^4\mathbf{=(3, 2, 1, 0)}$;

критерий «энергоемкость» - $\mathbf{P^5=(2, 3, 4, 1)}$, $\boldsymbol{\pi}^5\mathbf{=(3, 0, 1, 2)}$.

2. Найдены элементы матрицы потерь $\mathbf{R=\{r_{kl}\}}$, определяемые по (4.2):

$\mathbf{r_{11}}=|\pi_1-\pi^1{}_1|+|\pi_1-\pi^2{}_1|+|\pi_1-\pi^3{}_1|+|\pi_1-\pi^4{}_1|+|\pi_1-\pi^5{}_1|=|0-3|+|0-1|+|0-3|+|0-3|+|0-3|= =13$, где $\pi_1=0$ {первая альтернатива в векторе $\boldsymbol{\pi}$ занимает первое место};

$\mathbf{r_{12}}=|\pi_1-\pi^1{}_1|+|\pi_1-\pi^2{}_1|+|\pi_1-\pi^3{}_1|+|\pi_1-\pi^4{}_1|+|\pi_1-\pi^5{}_1|=|1-3|+|1-1|+|1-3|+|1-3|+|1-3|=8$, где $\pi_1=1$ {первая альтернатива в векторе $\boldsymbol{\pi}$ занимает второе место};

$\mathbf{r_{13}}=|\pi_1-\pi^1{}_1|+|\pi_1-\pi^2{}_1|+|\pi_1-\pi^3{}_1|+|\pi_1-\pi^4{}_1|+|\pi_1-\pi^5{}_1|=|2-3|+|2-1|+|2-3|+|2-3|+|2-3|=5$, где $\pi_1=2$ {первая альтернатива в векторе $\boldsymbol{\pi}$ занимает третье место};

$\mathbf{r_{14}}=|3-3|+|3-1|+|3-3|+|3-3|+|3-3|=2$, где $\pi_1=3$ {первая альтернатива в векторе $\boldsymbol{\pi}$ занимает четвертое место};

$\mathbf{r_{21}}=|\pi_2-\pi^1{}_2|+|\pi_2-\pi^2{}_2|+|\pi_2-\pi^3{}_2|+|\pi_2-\pi^4{}_2|+|\pi_2-\pi^5{}_2|=|0-1|+|0-0|+|0-2|+|0-2|+|0-0|=5$, где $\pi_2=0$ {вторая альтернатива в векторе $\boldsymbol{\pi}$ занимает первое место};

$\mathbf{r_{22}}=|1-1|+|1-0|+|1-2|+|1-2|+|1-0|=4$; $\mathbf{r_{23}}=|2-1|+|2-0|+|2-2|+|2-2|+|2-0|=5$;

$\mathbf{r_{24}}=|3-1|+|3-0|+|3-2|+|3-2|+|3-2|=5$;

$\mathbf{r_{31}=6}$; $\mathbf{r_{32}=3}$; $\mathbf{r_{33}=4}$; $\mathbf{r_{34}=9}$; $\mathbf{r_{41}=6}$; $\mathbf{r_{42}=5}$; $\mathbf{r_{43}=6}$; $\mathbf{r_{44}=9}$.

3. Решена задача о назначениях, целевая функция которой представлена матрицей:

$$\begin{pmatrix} 13 & 8 & 5 & 2 \\ 5 & 4 & 5 & 5 \\ 6 & 3 & 4 & 9 \\ 6 & 5 & 6 & 9 \end{pmatrix}$$

Для решения задачи о назначениях применим венгерский метод, который состоит в следующем:

0-ая итерация (“приведение исходной матрицы”). В каждой строке ищется минимальный элемент $\alpha_i = \min_j c_{ij}$, который затем вычитается из каждой строки матрицы, т.о. обеспечивается в каждой строке наличие хотя бы одного нуля. В преобразованной матрице C' находим минимальный элемент в каждом столбце $\beta_j = \min_i c'_{ij}$, вычитаем его из каждого столбца.

k-ая итерация ($k \geq 1$, “подсчет числа независимых нулей”). Определяется минимальное число линий, которыми можно вычеркнуть все нули в матрице. Если число таких линий **n**, то в матрице **n** независимых нулей, и по преобразованной матрице $C^{(k)}$ выписываем результат: в матрице X^* на месте нулевых элементов матрицы $C^{(k)}$ стоят единицы, а на месте ненулевых элементов - нули. Если этих линий меньше **n**, то переходим к **k+1**-ой итерации.

k+1-ая итерация. Среди всех незачеркнутых элементов матрицы ищем $\min c_{ij} = \gamma$. Обозначим незачеркнутые элементы $c^{(k)}{}_{ij}$, зачеркнутые один раз $c'^{(k)}{}_{ij}$, зачеркнутые дважды - $c''(k)_{ij}$. Осуществим преобразование матрицы

$$c_{ij}^{(k+1)} = \begin{cases} c_{ij}^{(k)}{}_{ij}^{(k)} - \gamma, & (\text{незачеркнутые}) \\ c_{ij}'^{(k)}, & (\text{зачеркнутые один раз}) \\ c_{ij}''^{(k)} + \gamma. & (\text{зачеркнутые дважды}) \end{cases}$$

и переходим к **k**-му этапу.

Рассмотрим пример. Есть **5** работ и **5** исполнителей; матрица затрат

$$C = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 & 1 & 2 \\ 3 & 6 & 8 & 7 & 5 \\ 2 & 8 & 9 & 10 & 9 \\ 4 & 10 & 8 & 7 & 5 \\ 2 & 5 & 8 & 9 & 10 \end{pmatrix},$$

где $\mathbf{c_{ij}}$ – затраты, если на $\mathbf{i}$-ую работу назначается исполнитель $\mathbf{j}$-го типа. Распределить исполнителей по работам таким образом, чтобы суммарные затраты были минимальными.

0-я итерация (приведение матрицы):

$$\begin{array}{c} \\ \begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 & 1 & 2 \\ 3 & 6 & 8 & 7 & 5 \\ 2 & 8 & 9 & 10 & 9 \\ 4 & 10 & 8 & 7 & 5 \\ 2 & 5 & 8 & 9 & 10 \end{pmatrix} \end{array} \begin{array}{c} \mathbf{min} \\ 1 \\ 3 \\ 2 \\ 4 \\ 2 \end{array} \approx \begin{array}{cc} & \begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 & 0 & 1 \\ 0 & 3 & 5 & 4 & 2 \\ 0 & 6 & 7 & 8 & 7 \\ 0 & 6 & 4 & 3 & 1 \\ 0 & 3 & 6 & 7 & 8 \end{pmatrix} \\ \mathbf{min} & \begin{matrix} 0 & 0 & 2 & 0 & 1 \end{matrix} \end{array} \approx \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 3 & 4 & 1 \\ 0 & 6 & 5 & 8 & 6 \\ 0 & 6 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & 3 & 4 & 7 & 7 \end{pmatrix}$$

1-я итерация (подсчет числа независимых нулей):

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 3 & 4 & 1 \\ 0 & 6 & 5 & 8 & 6 \\ 0 & 6 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & 3 & 4 & 7 & 7 \end{pmatrix}$$

Число независимых нулей равно **3**.

2-я итерация $\boldsymbol{\gamma = \min\{3,\ 4,\ 1,\ 6,\ 5,\ 7,\ 8\} = 1}$. Преобразуем матрицу по формуле (3.9) при $\boldsymbol{\gamma = 1}$:

$$\mathbf{C^{(1)}} = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & 5 & 4 & 7 & 5 \\ 1 & 6 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & 2 & 3 & 6 & 6 \end{pmatrix}$$

3-я итерация Находим минимальное число линий, которыми можно перечеркнуть все нули в матрице $\mathbf{C^{(1)}}$ (число независимых нулей):

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & 5 & 4 & 7 & 5 \\ 1 & 6 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & 2 & 3 & 6 & 6 \end{pmatrix}$$

4-я итерация $\boldsymbol{\gamma = \min\{2,\ 3,\ 5,\ 4,\ 7,\ 6\} = 2}$. После преобразования матрицы по формуле при $\gamma = 2$ получаем:

$$\mathbf{C}^{(2)} = \begin{pmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 3 & 2 & 5 & 5 \\ 1 & 4 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 4 & 6 \end{pmatrix}$$

5-я итерация Число независимых нулей в матрице $\mathbf{C}^{(2)}$ равно **5**, т.к. все нули можно перечеркнуть, используя только пять линий:

$$\begin{pmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 3 & 2 & 5 & 5 \\ 1 & 4 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 4 & 6 \end{pmatrix}$$

На следующем рисунке выделены независимые нули:

$$\begin{pmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 3 & 2 & 5 & 5 \\ 1 & 4 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 4 & 6 \end{pmatrix}$$

Соответствующая матрица «назначений» имеет вид:

$$\mathbf{X}^* = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

т.е. для того, чтобы получить минимальные затраты $\mathbf{\Phi^* = c_{14} + c_{25} + c_{31} + c_{43} +}$

$+c_{52}=1+5+2+8+5=11$, необходимо назначить **1**-го исполнителя на **4**-ый вид работ; **2**-го исполнителя – на **5**-ый; **3**-го исполнителя - на **1**-ый; **4**-ый - на **3**-ий; **5**-ый - на **2**-ой вид работ.

Применим этом алгоритм для решения полученной задачи. В этом случае решением будет является матрица **X**:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \\ \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} \end{pmatrix}$$

4. Матрице **X** соответствует вектор группового предпочтения **P^*= (2, 3, 4, 1).**

5. Вектору **P^*** соответствует матрица предпочтений **L**:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{2} & \mathbf{1} & \mathbf{2} & \mathbf{2} \\ \mathbf{2} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{2} \\ \mathbf{2} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \end{pmatrix}$$

6. Все средства могут быть вложены в «лучшее» направление – второе, или же предлагается распределение, соответствующее матрице предпочтений **L**.

7. Сумма строк матрицы: $\boldsymbol{\alpha'_1 = 1}$, $\boldsymbol{\alpha'_2 = 7}$, $\boldsymbol{\alpha'_3 = 5}$, $\boldsymbol{\alpha'_4 = 3}$. Сумма всех элементов матрицы составила $\boldsymbol{\alpha' = 16}$. Доли, соответствующие каждому направлению деятельности: **$\chi_1 = \acute{\alpha}_1/\acute{\alpha} = 1/16 = 0{,}0625$, $\chi_2 = \acute{\alpha}_2/\acute{\alpha} = 7/16 = 0{,}4375$, $\chi_3 = \acute{\alpha}_3/\acute{\alpha} = = 5/16 = 0{,}3125$, $\chi_4 = \acute{\alpha}_4/ \acute{\alpha} = 3/16 = 0{,}1875$.**

ЗАДАНИЕ

Получить комплексную оценку проектов по методу «трудности», медианы Кемени (при несравнимых критериях) и методу потерь. Данные о проектах приведены в табл. 8. При этом минимальное и максимальное значение показателей взять с 10% интервалом, а граничное значение с 5%.

Таблица 8

Вариант	Проект	Планируемая прибыль	Оценка риска	Обеспеченность ресурсами (%)	Стоимость проекта
1	**I**	**35**	**0.45**	**44**	**2000**
	II	**30**	**0.7**	**66**	**1600**
	III	**32**	**0.5**	**89**	**3200**
	IV	**27**	**0.2**	**82**	**1200**

Продолжение табл. 8

2	**I**	**700**	**0.3**	**75**	**590**
	II	**680**	**0.32**	**84**	**640**
	III	**640**	**0.34**	**95**	**700**
	IV	**710**	**0.4**	**81**	**510**
3	**I**	**200**	**0.15**	**72**	**300**
	II	**150**	**0.1**	**91**	**200**
	III	**400**	**0.8**	**87**	**145**
	IV	**160**	**0.22**	**87**	**120**
4	**I**	**70**	**0.3**	**72**	**1700**
	II	**50**	**0.2**	**91**	**1800**
	III	**65**	**0.32**	**76**	**2000**
	IV	**80**	**0.27**	**91**	**2200**
5	**I**	**190**	**0.12**	**83**	**1600**
	II	**200**	**0.14**	**84**	**1700**
	III	**170**	**0.2**	**91**	**1800**
	IV	**180**	**0.1**	**72**	**2000**
6	**I**	**100**	**0.7**	**60**	**100**
	II	**200**	**0.1**	**80**	**150**
	III	**800**	**0.6**	**70**	**200**
	IV	**600**	**0.3**	**20**	**170**
7	**I**	**100**	**0.29**	**18**	**250**
	II	**200**	**0.26**	**20**	**220**
	III	**500**	**0.12**	**27**	**230**
	IV	**150**	**0.09**	**60**	**170**
8	**I**	**90**	**0.1**	**70**	**100**
	II	**50**	**0.3**	**40**	**300**
	III	**40**	**0.8**	**100**	**80**
	IV	**80**	**0.9**	**90**	**50**
9	**I**	**500**	**0.9**	**80**	**220**
	II	**300**	**0.8**	**60**	**210**
	III	**200**	**0.72**	**78**	**160**
	IV	**400**	**0.65**	**70**	**130**
10	**I**	**100**	**0.11**	**40**	**120**
	II	**140**	**0.7**	**50**	**170**
	III	**180**	**0.8**	**60**	**150**
	IV	**80**	**0.5**	**30**	**130**
11	**I**	**200**	**0.7**	**50**	**200**
	II	**400**	**0.3**	**60**	**800**
	III	**700**	**0.5**	**100**	**600**
	IV	**100**	**0.4**	**80**	**900**
	V	**500**	**0.2**	**70**	**200**

Окончание табл. 8

12	**I**	**130**	**0.2**	**30**	**280**
	II	**210**	**0.21**	**20**	**150**
	III	**270**	**0.25**	**90**	**130**
	IV	**80**	**0.4**	**80**	**220**
	V	**260**	**0.3**	**40**	**200**
13	**I**	**400**	**0.31**	**25**	**260**
	II	**350**	**0.7**	**31**	**60**
	III	**140**	**0.4**	**26**	**170**
	IV	**360**	**0.27**	**34**	**150**
	V	**230**	**0.3**	**10**	**330**
14	**I**	**500**	**0.32**	**62**	**390**
	II	**210**	**0.2**	**60**	**200**
	III	**800**	**0.31**	**64**	**250**
	IV	**380**	**0.27**	**67**	**260**
	V	**200**	**0.1**	**43**	**270**
15	**I**	**420**	**0.6**	**25**	**410**
	II	**340**	**0.2**	**48**	**200**
	III	**300**	**0.37**	**81**	**420**
	IV	**120**	**0.22**	**21**	**380**
	V	**430**	**0.42**	**90**	**480**
16	**I**	**420**	**0.6**	**25**	**410**
	II	**340**	**0.2**	**48**	**200**
	III	**400**	**0,37**	**81**	**420**
	IV	**120**	**0,22**	**40**	**380**
	V	**430**	**0,42**	**90**	**480**
17	**I**	**420**	**0.6**	**25**	**420**
	II	**340**	**0.2**	**48**	**300**
	III	**300**	**0,37**	**81**	**320**
	IV	**120**	**0,22**	**40**	**280**
	V	**430**	**0,42**	**90**	**450**
18	**I**	**500**	**0.6**	**25**	**410**
	II	**400**	**0.2**	**48**	**300**
	III	**300**	**0,37**	**81**	**450**
	IV	**200**	**0,22**	**21**	**100**
	V	**430**	**0,42**	**90**	**380**
19	**I**	**100**	**0.6**	**35**	**400**
	II	**330**	**0.2**	**38**	**210**
	III	**310**	**0,37**	**71**	**410**
	IV	**130**	**0,22**	**31**	**370**
	V	**440**	**0,42**	**100**	**470**
20	**I**	**420**	**0.6**	**25**	**390**
	II	**340**	**0.2**	**48**	**190**
	III	**250**	**0,37**	**51**	**380**
	IV	**140**	**0,22**	**21**	**250**
	V	**430**	**0,42**	**90**	**450**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания к проведению практических занятий и самостоятельной работе по дисциплине «Организация строительного производства» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 38.03.01 – «Экономика» всех форм обучения, профилей и специализаций содержат краткий обзор основных понятий по теме «Организационно-технологическое проектирование в строительстве». Подчеркивается, что строительство – это стохастическая динамическая система, для исследования которой необходимо применять статистические методы исследования, в частности теорию массового обслуживания. В данных методических указаниях описывается, как по имеющемуся статистическому материалу сделать обоснованные выводы об изучаемом явлении. По теме приводится краткий теоретический материал, пример определения на основе статистических данных операционных характеристик рассматриваемой модели: среднее время выполнения одного договора, среднее время ожидания обслуживания заявки на выполнения определенного вида работы, среднее число заявок на выполнение определенного вида работ, даются данные для самостоятельного решения и приводятся вопросы для самоконтроля. Всем интересующимся более глубоким изучением предмета может быть рекомендовано обращение к литературе, приведенной в конце методических указаний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курочка П.Н. Моделирование задач организационно-технологического проектирования строительного производства. Воронеж: ВГАСУ, 2004. – 204 с.
2. Баркалов С.А., Курочка П.Н. и др. Основы научных исследований по организации и управлению строительным производством. В 2-х частях. Воронеж: ВГАСУ, 2002. – 422 с.; 285 с.
3. Баркалов С.А., Курочка П.Н., Федорова И.В Исследование операций в экономике. Лабораторный практикум. ВГАСУ, 2006. – 343 с.
4. Баркалов С.А. и др. Основы научных исследований по управлению строительным производством. Воронеж: ВГАСУ, 2011. – 188 с.
5. Рыжевская, М. П. Организация строительного производства [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/67685.html
6. Михайлов, А. Ю. Организация строительства. Календарное и сетевое планирование [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www. iprbookshop.ru/51728.html
7. Михайлов, А. Ю. Организация строительства. Стройгенплан [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/51729.html

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПОСТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине «Организация строительного производства» для студентов направления 38.03.01 «Экономика» (все профили) всех форм обучения

Составители:
Баркалов Сергей Алексеевич
Курочка Павел Николаевич

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 20.01.2022.
Уч.- изд. л. 2,0.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84