

Проект «Инженерные кадры Зауралья»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Автомобильный транспорт и автосервис»

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АПРИОРНОГО РАНЖИРОВАНИЯ
ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Методические указания
к практической работе
по дисциплине «Управление социально-техническими системами»
для студентов направления 190600.62

Курган 2014

Кафедра: «Автомобильный транспорт и автосервис»

Дисциплина: «Управление социально-техническими системами»
(направление 190600.62).

Составили: канд. техн. наук, доц. А.В. Шарыпов,
канд. техн. наук, доцент О.Г. Вершинина.

Утверждены на заседании кафедры

«9» ноября 2013 г.

Рекомендованы методическим советом университета «22» ноября 2013 г. в
рамках проекта «Инженерные кадры Зауралья»

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АПРИОРНОГО РАНЖИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить методы интеграции мнений специалистов и освоить метод априорного ранжирования для анализа производственных ситуаций и принятия управленческих решений.

2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В настоящее время получили широкое распространение два метода интеграции мнений специалистов, использующие индивидуальные оценки членов экспертных групп для анализа производственных ситуаций и принятия управленческих решений: априорное ранжирование и метод Дельфи.

2.1 Использование метода априорного ранжирования для принятия решений

Метод априорного ранжирования основывается на индивидуальной экспертной оценке факторов группой специалистов, компетентных в исследуемой области. Название «априорной» экспертиза получила в связи с тем, что при оценке тех или иных факторов (мероприятий) или анализе производственных ситуаций для данной системы (предприятия) эксперты пользуются своим прежним опытом или взглядами.

Априори (лат. – буквально «от предшествующего» – понятия логики и теории познаний, характеризующие знание, предшествующее опыту и не зависящее от него.

Учитывая определенную субъективность метода при проведении экспертизы, большое значение имеет качество ее проведения и подбор группы экспертов.

Можно рекомендовать следующую последовательность работ (этапов) при реализации метода априорного ранжирования (рисунок 2.1).

Рассмотрим несколько подробнее содержание каждого этапа.

1 На основании анализа литературных источников, обобщения имеющегося опыта, опроса специалистов, дерева систем и т.д. организацией или специалистом, проводящим экспертизу, определяется предварительный перечень факторов, требующих ранжирования. При этом количество факторов выбирается с определенным резервом, обеспечивающим выбор именно таких факторов, по которым эксперты наиболее компетентны и по которым эксперты будут осуществлять ранжирование.

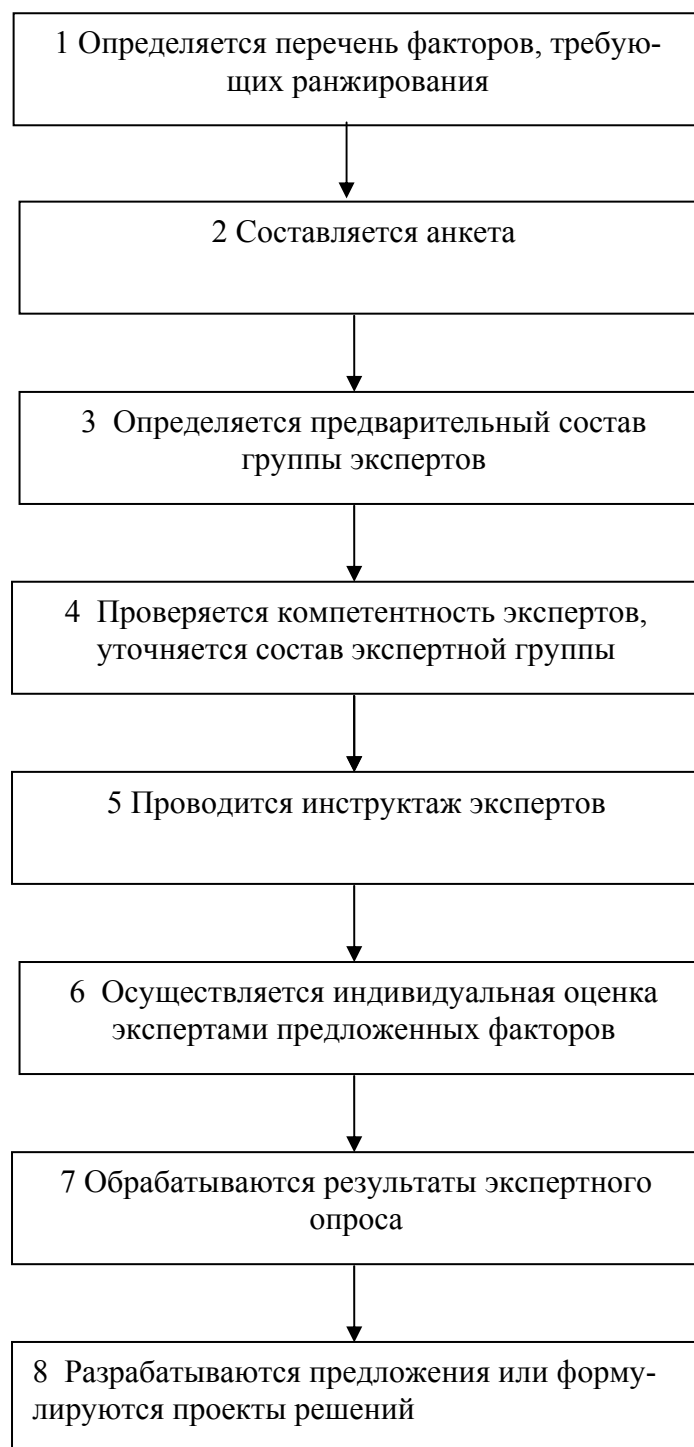


Рисунок 2.1 – Основные этапы априорного ранжирования

2 Окончательный перечень факторов заносится в анкету, желательно в табличной форме. Анкета разрабатывается таким образом, чтобы эксперты могли ей пользоваться (заполнять) беспрепятственно. Для этого анкета содержит необходимые пояснения и инструкции, а также примеры заполнения.

3 Комплектация группы экспертов и проверка их компетентности является важнейшим этапом априорного ранжирования. При этом эксперты должны

быть специалистами в рассматриваемой области деятельности, но не быть лично заинтересованными в результатах экспертизы.

4 Проверка компетентности экспертов может проводиться:

- с помощью тестов;
- методом самооценки;
- оценкой эталонных факторов.

При тестировании группы экспертов задается несколько вопросов из области, связанной с предстоящим ранжированием. Процент правильных ответов и служит мерой компетентности эксперта. Экспертная группа формируется из экспертов, давших наибольший процент правильных ответов.

Метод самооценки заключается в том, что каждый кандидат в эксперты с использованием предоставленной ему шкалы оценивает свои знания по предложенным ему вопросам, которые являются общими для всех членов экспертной группы. Максимальным баллом эксперт оценивает вопрос, который он знает лучше других, а минимальным – хуже других. Все остальные вопросы он оценивает баллами от максимального до минимального. Далее выводится самооценка каждого эксперта, а затем и подгруппы экспертов. Этот метод позволяет также при необходимости создать группы для экспертизы конкретных вопросов, в которых эти эксперты оказались наиболее компетентными (получили наибольшие баллы самооценки).

Метод оценки эталонных факторов заключается в том, что кандидатам в эксперты предлагается проранжировать набор фактов, событий и объектов, истинная значимость которых организаторам опроса известна, а экспертам неизвестна. В окончательную группу экспертов включаются те, кто удачнее проранжировал набор фактов.

5 После формирования группы проводится устный или письменный инструктаж эксперта. Основное внимание в процессе инструктажа обращается на правильность заполнения анкеты.

6 Индивидуальная оценка факторов осуществляется экспертами следующим образом. В процессе оценки они располагают факторы в порядке убывания степени их влияния на результирующий признак или объект исследования, являющийся целевой функцией. При этом фактор, имеющий наибольшее влияние, оценивается первым рангом (цифрой 1). Фактору, имеющему меньшее значение, присваивается второй ранг (цифра 2) и т.д.

7 После заполнения экспертами всех анкет организаторами экспертизы производится обработка результатов экспертного опроса по определенной методике.

8 По результатам экспертизы организацией или специалистом, проводившим экспертный опрос, для руководства системы разрабатываются предложения по решению конкретных проблем, формируются проекты решений или результаты экспертизы передаются без комментариев.

Рассмотрим конкретный пример применения метода априорного ранжирования, используя анализ структуры производственно-экономических систем и, в частности, организации производства ТО и ремонта машин на основании дерева систем.

Высший уровень дерева систем C^0 представляет собой систему организации производства ТО и ремонта машин, которая, реализуя второй этап производственного процесса, обеспечивает перевозочный процесс работоспособным парком транспортных и технологических машин и оборудования.

Генеральная система C^0 структурируется на подсистемы первого ($\tilde{N}_{01}^1, C_{02}^1, C_{03}^1, C_{04}^1$) и последующих уровней. На рисунке 2.2 [1] приведены два верхних уровня дерева системы организации производства ТО и ремонта машин.

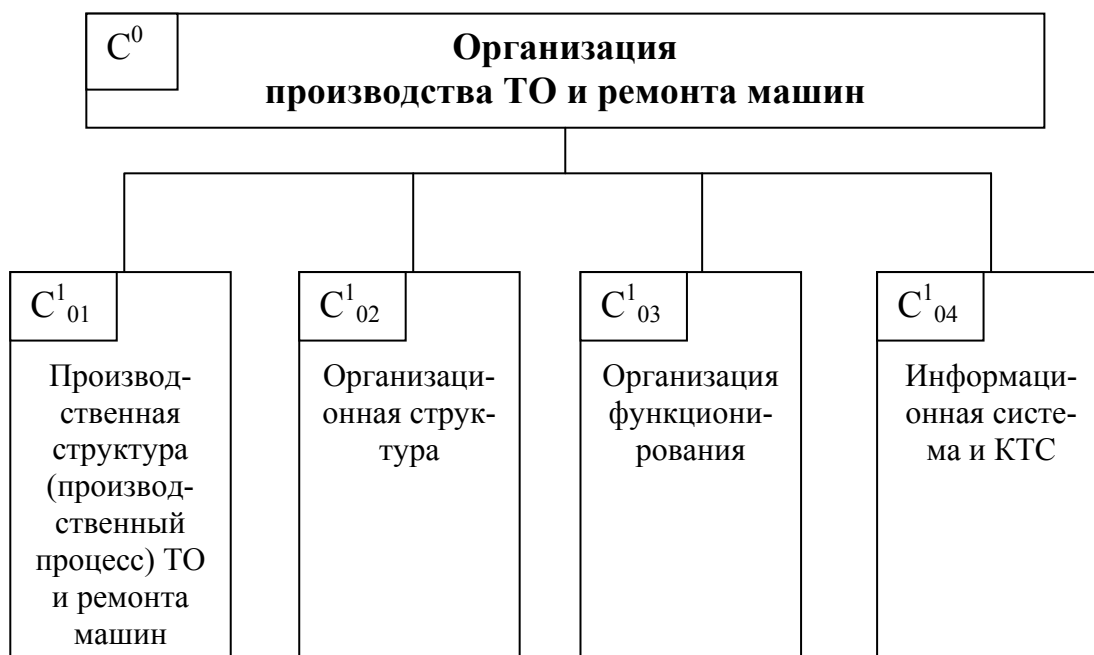


Рисунок 2.2 – Схема высшего и первого ярусов дерева систем организации производства ТО и ремонта машин

Используя метод априорного ранжирования, выделим те факторы (подсистемы), влияя на которые можно наиболее эффективно добиваться совершенствования системы организации производства ТО и ремонта машин.

Исходя из целей анализа системы организации производства конкретного предприятия и на основании дерева систем организаторами экспертизы формируется группа экспертов в количестве 8 человек ($m=8$) и выбираются для анализа следующие четыре фактора ($k=4$) первого уровня дерева систем организации производства ТО и ремонта машин.

C_{01}^1 – производственная структура (производственный процесс) ТО и ремонта машин;

\tilde{N}_{02}^1 – организационная структура управления производством ТО и ремонта машин;

\tilde{N}_{03}^1 – организация функционирования системы;

\tilde{N}_{04}^1 – система информационного обеспечения и комплекс технических средств управления.

Далее каждый эксперт независимо от других присваивает свои ранги a_{km} каждому фактору и передает результаты экспертизы руководителю группы экспертов. Например, первый эксперт ($m=1$) оценил первый фактор ($k=1$) рангом $a_{11}=2$, второй фактор ($k=2$) оценил рангом $a_{12}=3$, третий фактор ($k=3$) рангом $a_{13}=1$ и четвертый фактор ($k=4$) рангом $a_{14}=4$ (таблица 2.1).

Можно рекомендовать следующую последовательность обработки результатов априорного ранжирования.

1 Индивидуальные оценки всех экспертов сводятся в таблицу 2.1, например, оценки (ранги) всех восьми экспертов по первому фактору получились равными: 2; 1; 2; 1; 1; 1; 2; 1.

2 Далее определяется сумма рангов всех экспертов по каждому фактору по формуле:

$$\Delta_k = \sum_{m=1}^m a_{km}, \quad (2.1)$$

где m – число экспертов;

k – число факторов.

Например, по первому фактору сумма рангов всех экспертов равна (таблица 2.1)

$$\Delta_1 = \sum_{m=1}^8 a_{1m} = 2+1+2+1+1+1+2+1 = 11,$$

где a_{1m} – ранг, присвоенный 1 фактору m -м экспертом.

Аналогично, определяется сумма рангов по 2–4 факторам, и результаты заносятся в таблицу 2.1.

3 Проверяется правильность заполнения таблицы 2.1 по трем критериям:

во-первых, максимальный ранг по конкретному фактору (a_{km}) не может быть больше числа сравниваемых факторов $k=4$;

во-вторых, максимальное значение суммы рангов по любому фактору не может быть больше произведения максимально возможного ранга на число экспертов, т.е.

$$\begin{aligned} (\Delta_k)_{\max} &\leq (a_{km})_{\max} \cdot m. \\ (\Delta_k)_{\max} &= \Delta_4 = 27 \leq 32 = 4 \cdot 8; \end{aligned} \quad (2.2)$$

в-третьих, минимально возможная сумма рангов по любому фактору не может быть меньше минимального ранга (1), умноженного на число экспертов, т.е.

$$(\Delta_k)_{\min} \geq (a_{km})_{\min} \cdot m. \quad (2.3)$$

$$(\Delta_k)_{\min} = \Delta_1 = 11 > 8 = 1 \cdot 8.$$

Проверка показала, что таблица составлена правильно, так как все три условия удовлетворены:

$$a_{km} \leq 4 = (a_{km})_{\max};$$

$$\Delta_k < 32 = (\Delta_k)_{\max};$$

$$\Delta_k > 8 = (\Delta_k)_{\min}.$$

4 Вычисляется общая сумма рангов всех экспертов:

$$\sum_{k=1}^k \Delta_k = 11 + 26 + 16 + 27 = 80. \quad (2.4)$$

5 Определяется средняя сумма рангов

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_{k=1}^k \Delta_k}{k} = \frac{80}{4} = 20. \quad (2.5)$$

6 Проверяется правильность определения суммы рангов по формуле:

$$\sum_{k=1}^k \Delta_k = m \cdot k \cdot \bar{a}, \quad (2.6)$$

где \bar{a} – средний ранг оценки факторов каждым экспертом, определяемый из выражения:

$$\bar{a} = \frac{\sum_{k=1}^k \Delta_k}{k} = \frac{1 + 2 + 3 + 4}{4} = 2,5. \quad (2.7)$$

Тогда сумма рангов будет равна

$$\sum_{k=1}^k \Delta_k = 8 \cdot 4 \cdot 2,5 = 80,$$

что соответствует данным таблицы 2.1.

7 Определяется отклонение суммы рангов по каждому фактору от средней суммы рангов по формуле:

$$\Delta'_k = \Delta_k - \bar{\Delta}. \quad (2.8)$$

Для первого фактора получается

$$\Delta'_k = \Delta_k - \bar{\Delta} = 11 - 20 = -9.$$

Аналогично определяется отклонение сумм рангов 2...4 от средней суммы рангов (таблица 2.1).

8 Оценивается степень согласованности мнений экспертов с помощью коэффициента конкордации W , который определяется по формуле

$$W = \frac{12S}{m^2(k^3 - k)}, \quad (2.9)$$

где k – число факторов, в нашем примере $k=4$;

m – число экспертов, в нашем примере $m=8$;

S – сумма квадратов отклонений суммы рангов каждого фактора от средней суммы рангов, определяется из выражения

$$S = \sum_{k=1}^k (\Delta'_k) = 81 + 36 + 16 + 49 = 182. \quad (2.10)$$

Отсюда коэффициент конкордации будет равен

$$W = \frac{12 \cdot 182}{64 \cdot (64 - 4)} = 0,57.$$

Коэффициент конкордации, характеризующий степень согласованности мнений экспертов, может изменяться от 0 до 1. Если он существенно отличается от нуля, например $W > 0,5$, то можно считать, что между мнениями экспертов имеется определенное согласие. Если коэффициент конкордации недостаточен ($W < 0,5$), то организаторами экспертизы проводится анализ причин низкой согласованности мнений экспертов. Такими причинами в общем случае могут быть:

- неправильный выбор факторов;
- подбор некомпетентных экспертов;
- сговор между экспертами,
- нечеткая постановка вопросов;
- некачественный инструктаж экспертов.

В зависимости от результатов анализа принимается решение о корректировании проведения экспертизы, например, по следующим направлениям:

- передача ее проведения другой группе специалистов;
- изменение инструкций;
- корректировка состава факторов;
- привлечение других экспертов.

Проводить повторную экспертизу прежним составом не рекомендуется.

9 При коэффициенте конкордации $W > 0,5$, как получилось в нашем примере, проверяется гипотеза о неслучайности согласия экспертов.

Для этого используется критерий Пирсона (χ^2), расчетное значение которого определяется по формуле:

$$\chi_p^2 = W \cdot m(k - 1), \quad (2.11)$$

где $(k-1)$ – число степеней свободы,

k – количество ранжируемых факторов.

Расчетное значение коэффициента χ_p^2 сравнивается с табличным χ_T^2 , определенным при числе степеней свободы $k-1$.

Если расчетное значение критерия Пирсона больше табличного

$$\chi_p^2 > \chi_T^2, \quad (2.12)$$

а коэффициент конкордации $W > 0,5$, то это свидетельствует о наличии существенного сходства мнений экспертов, значимости коэффициента конкордации и неслучайности совпадения мнений экспертов. В нашем примере получим

$$\chi_p^2 = 0,57 \cdot 8 \cdot (4 - 1) = 113,68.$$

Табличное значение коэффициента Пирсона для этих условий равно

$$\chi_T^2 = 11,34 \text{ (при } (k-1) = 3, p = 0,01).$$

Таким образом, результаты экспертизы могут быть признаны удовлетворительными и адекватными, так как $13,68 > 11,34$.

10 По полученной для всех факторов сумме рангов (Δ_k) производится ранжирование факторов; согласно принятой методике ранжирования минимальной сумме рангов $(\Delta_k)_{\min}$ соответствует наиболее важный фактор, которому присваивается первое место $M=1$, далее места рангов располагаются по мере возрастания суммы рангов.

Таким образом, по результатам априорного ранжирования анализируемые подсистемы (факторы) по их влиянию на совершенствование организации производства ТО ремонта машин располагаются следующим образом:

1 место – производственная структура (производственный процесс) ($\Delta_{k1} = 11$);

2 место – организация функционирования ($\Delta_{k3} = 16$);

3 место – организационная структура ($\Delta_{k2} = 26$);

4 место – информационная система и комплекс технических средств управления ($\Delta_{k4} = 27$).

11 Для наглядного представления весомости факторов (подсистем) строится априорная диаграмма рангов (рисунок 2.3).

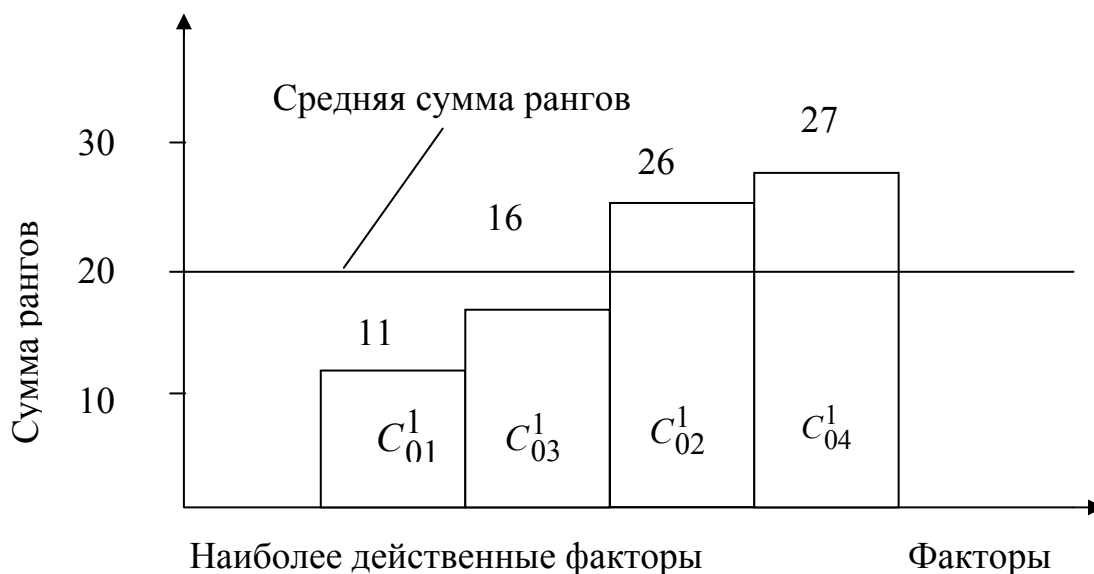


Рисунок 2.3 – Априорная диаграмма рангов

12 Определяются удельные веса факторов (подсистем) по их влиянию на целевой показатель C^0 , по формуле

$$q_k = \frac{2(K - M + 1)}{K(K + 1)}, \quad (2.13)$$

где M – место, занимаемое фактором при ранжировании;

K – количество факторов.

Фактор, занявший первое место ($M = 1$), имеет вес

$$q_1 = \frac{2(4 - 1 + 1)}{4(4 + 1)} = 0,4.$$

Аналогично определяются веса остальных факторов (таблица 2.1). При этом очевидно, что должно соблюдаться условие:

$$\sum_{k=1}^k q_k = 1,0. \quad (2.14)$$

Априорная диаграмма рангов позволяет выделить наиболее существенные системы с точки зрения влияния их на конечный результат.

В нашем примере к ним относятся те, у которых $\Delta_k < \bar{\Delta} = 20$, т.е. производственная структура (производственный процесс) ТО и ремонта машин и организация функционирования, их вес равен 0,7, следовательно, доля их влияния на эффективность системы «Организация производства ТО и ремонта машин» равна 0,7.

Таким образом, поставленная задача выполнена в полном объеме. Нами выделены те подсистемы (C'_{01}), (C'_{03}), влияя на которые можно наиболее эффективно добиваться совершенствования организации производства (генеральной системы C^0).

Однако для практических целей только определения приоритетного направления иногда недостаточно. Необходимо определить конкретные варианты совершенствования системы, удовлетворяющие определенным требованиям. С этой целью экспертный анализ можно продолжить, используя следующую методику.

1 Определяются варианты реализации приоритетного направления. Количество вариантов должно быть не менее трех.

Используя дерево систем при определении структуры производственного процесса, выделим системообразующие подсистемы второго уровня для подсистемы первого уровня (C'_{01}), признанной приоритетным направлением (рисунки 2.4).

Системообразующими подсистемами второго уровня являются:

C^2_{011} – средства труда. По сложившейся терминологии к средствам труда на предприятиях автомобильного и технологического транспорта относится производственно-техническая база (ПТБ) [2]. Одним из наиболее распространенных способов ее совершенствования является реконструкция ПТБ. Необходимость реконструкции ПТБ многих предприятий автомобильного и техноло-

гического транспорта стала особенно актуальной в связи с переходом к рыночным отношениям, в связи с резким сокращением объема перевозок, появлением избытка подвижного состава, производственных площадей, оборудования и персонала;

C_{012}^2 – предмет труда. Предметом труда являются автомобили (технологический транспорт и спецтехника). Труд персонала с помощью средств труда превращает автомобили в работоспособный парк машин, готовых выполнять свои функции по прямому назначению. Воздействуя на структуру парка машин (списание старого и неэффективного подвижного состава, приобретение машин с высоким уровнем начального и реализуемого показателя качества и т.д.), можно существенно влиять на эффективность всей системы организации производства ТО и ремонта машин;

C_{013}^2 – рабочая сила или по установившейся терминологии – персонал. Роль персонала очевидна в совершенствовании организации производства ТО и ремонта машин. На рисунке 2.4 приведен Фрагмент дерева систем второго яруса по подсистеме «Производственная структура»



Рисунок 2.4 – Фрагмент дерева систем второго яруса по подсистеме «Производственная структура»

2 Для того, чтобы произвести количественную оценку вариантов (весовую и бальную), группа экспертов на основании литературных источников или собственного опыта формирует набор критериев, которым эти варианты должны удовлетворять. Число критериев выбирается с некоторым запасом, чтобы обеспечить их выбор.

3 Используя описанную выше методику, эксперты ранжируют сами критерии и выбирают только те из них, которые получили наивысший ранг. Окончательное число критериев должно быть не меньше числа вариантов.

Опуская процедуру формирования критериев и окончательного их выбора, выделим четыре критерия, которые получились в результате ранжирования:

Таблица 2.1– Результаты априорного ранжирования факторов организации производства ТО и Р автомобилей

Факторы (подсистемы) и их №№, К	Номера экспертов, m								Сумма рангов, Δ_k	Отклонения суммы рангов, Δ'_k	$(\Delta'_k)^2$	Занимаемое место, M_k	Вес фактора, Q_k
	1	2	3	4	5	6	7	8					
	Ранги оценки, a_{km}												
C_{01}^1 Производственная структура ($k=1$)	2	1	2	1	1	1	2	1	11	-9	81	1	0,4
C_{02}^1 Организационная структура ($k=2$)	3	4	4	2	3	2	4	4	26	6	36	3	0,2
C_{03}^1 Организация функционирования ($k=3$)	1	2	1	3	2	3	1	3	16	-4	16	2	0,3
C_{04}^1 Информационная система и КТС ($k=4$)	4	3	3	4	4	4	3	2	27	7	49	4	0,1
Итого	10	10	10	10	10	10	10	10	80	-	182	-	1,0

- использование достижений НТП;
- сокращение простоев машин в ТО и ремонте;
- срок реализации варианта;
- объем капитальных вложений.

4 Специалисты экспертной группы ранжируют выделенные критерии. В таблицу 2.2 заносятся место ранжирования каждого критерия (M_k) и его вес q_k .

Таблица 2.2 – Результаты априорного ранжирования вариантов совершенствования организации производства ТО и ремонта машин

Факторы (критерии)	Место и вес факторов		Ранги вариантов по критерию, M_B			Веса вариантов по критериям, W_B			Итоговый вес вариантов, Q			Всего
	M_k	q_k	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Использование достижений НТП	2	0,3	1	3	2	0,50	0,17	0,33	0,150	0,051	0,099	0,310
Сокращение простоев машин в ТО и ремонте	4	0,1	1	2	2	0,50	0,33	0,17	0,050	0,033	0,017	0,100
Срок реализации варианта	1	0,4	2	3	1	0,33	0,17	0,50	0,132	0,068	0,020	0,202
Объем капитальных вложений	3	0,2	3	1	2	0,17	0,50	0,33	0,034	0,100	0,066	0,200
Итого	-	1,0	-	-	-	-	-	-	0,366	0,251	0,202	0,82

5 Далее сравниваются все варианты по степени удовлетворения каждого критерия по общей методике ранжирования, рассмотренной выше. Результаты ранжирования (ранги) заносятся в таблицу 2.2. Например, для первого критерия использования достижений НТП, первый вариант получил ранг 1, второй вариант – ранг 3, а третий вариант – ранг 2.

6 Производится весовая оценка вариантов (W_B) по формуле

$$W_B = \frac{2 \cdot (K - M_B + 1)}{K \cdot (K + 1)}, \quad (2.15)$$

где \hat{E} – число вариантов, $\hat{E} = 3$;

M_B – ранг вариантов (берется из таблицы 2.2).

Для первого критерия получим

$$W_B = \frac{2 \cdot (3 - 1 + 1)}{3 \cdot (3 + 1)} = 0,5.$$

Аналогично рассчитываются весовые оценки для остальных вариантов и критериев и заносятся в таблицу 2.2.

7 Рассчитываются производные от балльной и весовой оценки (итоговый вес вариантов) по формуле

$$Q = q_k \cdot W_B. \quad (2.16)$$

Для первого критерия первого варианта получим

$$Q_1 = q_{k1} \cdot W_B = 0,3 \cdot 0,5 = 0,150.$$

Аналогично рассчитываются произведения весовой и балльной оценок по остальным вариантам критерия, и результаты заносятся в таблицу в 2.2.

8 Производится построчное сложение полученных результатов и определяется общая оценка каждого критерия. Численное значение критерия характеризует степень его влияния на реализацию варианта.

9 Сложение полученных результатов по столбцам дает весовую оценку вариантов. Для первого варианта получаем

$$\sum_{i=1}^i Q_i = 0,150 + 0,050 + 0,132 + 0,034 = 0,366.$$

Для второго варианта получим 0,251, для третьего – 0,202.

10 Варианту с наибольшим весом в графе «Итого» отдается предпочтение, как наиболее эффективному с точки зрения совершенствования организации производства (1 вариант – 0,366). Это средства труда или ПТБ.

11 Таким образом, в результате априорного ранжирования выявлены не только основные направления совершенствования организации производства: производственная структура и организация функционирования, но и определен вариант развития производственной структуры: совершенствование ПТБ с учетом ряда требований (критериев).

2.2 Применение метода Дельфи для анализа производственных ситуаций и принятия управленческих решений

Метод Дельфи является разновидностью метода экспертной оценки. Название метода связано с древнегреческим местом Дельфы, где был построен храм Аполлона и где раз в месяц пифия (жрица дельфийского оракула) предсказывала грекам будущее, а жрецы интерпретировали ее предсказания. **Метод Дельфи** заключается в поэтапном оценивании проблемы путем систематического сбора экспертных оценок, их математико-статистической обработки и последовательной корректировки результатов предыдущих этапов на основе информации, полученной в ходе обработки оценок экспертов.

Метод Дельфи начал развиваться как научный метод решения неформализованных проблем с 40-х годов прошлого века. В настоящее время метод Дельфи – это итерационная процедура, позволяющая подвергнуть мнению каждого эксперта критическому анализу со стороны всех остальных экспертов.

Каждый эксперт независимо от другого высказывает свое суждение по проблеме, благодаря чему исключается конформизм, нежелание публично высказываться и др. Такой подход обеспечивает беспристрастное и самостоятельное суждение по проблеме всех экспертов.

В процессе экспертизы проводится многоэтапный опрос экспертов с количественной оценкой каждого мнения. При этом все этапы опроса должны проходить при анонимности экспертов.

Каждый этап завершается обработкой мнений, и по определенным правилам рассчитываются средние оценки, которые и служат для принятия управленческих решений.

Этот метод довольно трудоемок, но из нескольких методов, дающих количественные оценки, он наиболее эффективен, так как дает оценку практически каждого шага экспертов. Преимуществами метода являются также анонимность, оперативность, управляемая обратная связь, возможность оценки мотивации при изменении мнений экспертов. Точность метода увеличивается с ростом числа экспертов и количества итераций и сокращается с увеличением интервала времени между турами и ответами членов экспертной группы.

Основной недостаток метода – влияние мнения большинства на экспертов, давших крайние оценки в последующих за первым туром итерациях.

Рассмотрим практический пример использования метода Дельфи для анализа производственных ситуаций и принятия управленческих решений. Определим ориентировочные сроки реализации приоритетного варианта совершенствования организации производства – реконструкции ПТБ. При реализации метода Дельфи формирование группы экспертов производится по тем же правилам, которые описаны в предыдущем параграфе.

Работа выполняется в несколько этапов, количество которых определяется моментом стабилизации вариантов ответов экспертов. В рассматриваемом примере ограничимся четырьмя этапами.

Метод Дельфи может быть реализован в двух вариантах: расчетном и упрощенном.

Расчетный вариант реализуется по следующей методике:

1 Каждый эксперт оценивает, сколько месяцев необходимо, по его мнению, для проведения реконструкции ПТБ. Объемы реконструкции оговариваются заранее и доводятся до экспертов в период инструктажа. Оценки экспертов заносятся в таблицу 2.3. Для первого этапа они получились равными:

4; 22; 8; 16; 8; 4; 18; 19; 10; 13; 9.

2 Рассчитываются средние значения случайной величины для всех этапов

$$X_i = \frac{\sum X_i}{n}, \quad (2.17)$$

где X_i – численный ответ i -го специалиста;

n – количество экспертов.

Для первого этапа среднее значение случайной величины:

$$X_i = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{4 + 22 + 8 + 16 + 8 + 4 + 18 + 19 + 10 + 12 + 9}{11} = 11.$$

Таблица 2.3 – Результаты определения сроков реконструкции ПТБ расчетным методом

Номера экспертов	Оценки экспертов				Δ				Δ^2			
	Этапы				Этапы				Этапы			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	4	6	5	5	-7	-7,5	-7,4	-7,5	49	56,25	54,76	56,25
2	22	21	20	20	11	7,5	7,6	7,5	121	56,25	57,80	56,25
3	8	8	10	10	-3	-5,5	-2,4	-2,5	9	30,25	5,80	6,25
4	16	10	12	12	5	-3,5	-0,4	-0,5	25	12,25	0,18	0,25
5	8	5	7	7	-3	-8,5	-5,4	-5,5	9	72,25	29,18	30,25
6	4	16	12	12	-7	2,5	-0,4	-0,5	49	6,25	0,26	0,25
7	18	19	20	21	7	5,5	7,6	8,5	49	30,25	57,90	72,25
8	19	19	18	18	8	5,5	5,6	5,5	64	30,25	31,36	30,25
9	10	20	13	13	-1	6,5	0,6	0,5	1	42,25	0,36	0,25
10	18	16	11	11	2	2,5	-1,4	-1,5	4	6,25	1,96	2,25
11	9	9	8	8	-2	-4,6	-4,4	-4,5	4	20,25	19,36	20,25

3 Определяется разность между численными значениями оценок каждого эксперта и средним значением случайной величины для всех экспертов на всех этапах экспертизы

$$\Delta = X_i - X. \quad (2.18)$$

Для первого эксперта на первом этапе эта разность будет равна

$$\Delta = X_i - X = 4 - 11 = 7.$$

4 Вычисляется квадрат отклонения по формуле

$$\Delta^2 = (X_i - X)^2; \quad (2.19)$$

$$\Delta_1^2 = (X_1 - X)^2 = 7^2 = 49.$$

5 Рассчитывается среднее квадратичное отклонение по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n-1}}. \quad (2.20)$$

Для первого этапа σ будет равно

$$\sigma = \sqrt{\frac{49 + 121 + 9 + 25 + 9 + 49 + 49 + 64 + 1 + 4 + 4}{11-1}} = 6,2.$$

6 Вычисляется коэффициент вариации по формуле

$$V_i = \frac{\sigma_1}{X_i}. \quad (2.21)$$

Для первого этапа он будет равен

$$V_i = \frac{\sigma_1}{X_i} = \frac{6,2}{11} = 0,52,$$

при $V < 0,1$ – малая вариация;
 при $0,1 < V < 0,33$ – средняя вариация;
 при $V > 0,33$ – большая вариация.

В случае большой вариации необходимо уточнить поставленную перед экспертами задачу и провести повторную работу. В предлагаемом примере ограничимся четырьмя этапами.

7 Определяем квантили: с нижним пределом (Q_1) и верхним пределом (Q_3), а также медиану (M) по формулам

$$Q_1 = X - \sigma = 11 - 6,2 = 4,8;$$

$$M = Q_2 = X = 11;$$

$$Q_3 = X + \sigma = 11 + 6,2 = 17,2.$$

8 Аналогично производятся расчеты и по другим этапам (2...4). Все результаты заносятся в сводную таблицу 2.4. Оптимальным сроком реализации программы принимается медиана последнего этапа. В примере срок внедрения варианта составляет 12,5 месяцев.

Таблица 2.4 – Сводная таблица

Этапы	X_i	ΔX_i	σ	ν	Q_1	M	Q_2
1	11	384	6,2	0,52	4,8	11	17,2
2	13,5	360	6,0	0,44	7,6	13,5	19,5
3	12,4	360	5,1	0,41	7,3	12,4	17,5
4	12,5	274,5	5,24	0,42	7,28	12,5	17,74

В тех случаях, когда по условиям задачи не требуется высокая точность определения результатов анализа, может использоваться метод Дельфи в упрощенном варианте.

Порядок применения упрощенного варианта следующий:

1 Руководитель экспертизы индивидуально ставит перед экспертами задачу и получает их оценки. В нашем примере – сроки реконструкции ПТБ.

2 При обработке оценки экспертов располагаются в порядке возрастания.

3 На шкалу оценок наносятся квантили Q_1 , $Q_2 = M$, Q_3 таким образом, чтобы число экспертов и оценок разделить на четыре равные доли.

4 После обработки данных каждому члену группы индивидуально сообщаются результаты первого тура: $Q_1 = 7,5$; $Q_2 = M = 12,5$; $Q_3 = 17,5$ и предлагается во втором туре пересмотреть свою оценку, причем, если новая оценка больше $Q_3 = 17,5$ или меньше $Q_1 = 7,5$, эксперту рекомендуется в письменном виде обосновать свое мнение.

Оценки экспертов во втором туре также располагаются в порядке возрастания и определяются новые значения Q_1^1, M^1 и Q_3^1 , которые сообщаются всем экспертам. Как правило, после каждого тура дисперсия оценок сокращается. Обычно после 3...4 тура аргументы экспертов повторяются, а вариация оценок

стабилизируется. В качестве группового мнения используется медиана завершающего тура.

Рассмотренные методы интеграции мнения специалистов могут использоваться и в ряде других случаев. Например, при совершенствовании работы предприятий автомобильного и технологического транспорта с помощью этих методов можно определить приоритетные направления совершенствования производственной и организационной структуры, способов функционирования и информационного обеспечения системы организации производства ТО и ремонта машин. Эти методы можно успешно применять при оптимизации процессов диверсификации предприятий автомобильного и технологического транспорта в связи с переходом к рыночным отношениям в стране. Они могут использоваться и при решении некоторых локальных задач, например, при обосновании необходимости создания того или иного подразделения в составе производственной структуры АТП.

Студенты направления 190600.62 «Эксплуатация транспортных систем и комплексов» профиль (автомобильный сервис) могут использовать эти методы в дипломном проектировании при анализе работы предприятий для определения приоритетных направлений совершенствования производственной и организационной структуры, а также для обоснования принимаемых решений.

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1 Перед практической работой студенты получают у преподавателя задания с указанными в них факторами, которые необходимо оценить с точки зрения их воздействия на некоторую цель или показатель и уровень значимости.

2 Каждый студент, выступая в качестве эксперта, проставляет ранговые оценки факторов в соответствующем столбце анкет других студентов. Таким образом, заполняются все анкеты.

В процессе оценки студенты располагают факторы в порядке убывания степени их влияния на результирующий признак или объект исследования, являющийся целевой функцией. При этом фактор, имеющий наибольшее влияние, оценивается первым рангом (цифрой 1). Фактору, имеющему меньшее значение, присваивается второй ранг (цифра 2) и т.д.

3 При выполнении практической работы каждый студент по приведенной выше методике проводит обработку результатов априорного ранжирования и заполняет необходимые таблицы.

4 Проводит анализ результатов априорного ранжирования и делает выводы по проведенной работе.

4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1 Наименование и цель работы.

2 Номер варианта: анкета, уровень значимости.

3 Фамилии опрашиваемых.

- 4 Таблица результатов априорного ранжирования факторов.
- 5 Расчет коэффициента конкордации и анализ его значимости.
- 6 Априорная диаграмма рангов.
- 7 Содержательный анализ результатов, в том числе:
 - причины неудачного опроса (если окажется, что результаты незначимы);
 - причины расхождения результатов личного и группового ранжирования;
 - каким образом можно использовать результаты опроса;
 - какие дополнительные факторы, объекты следовало бы, по вашему мнению, включить в анкету;
 - прочие предложения по опросу.
- 8 Выводы и заключение.

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Что характеризует коэффициент конкордации Кэнделла?
- 2 При каком значении коэффициента конкордации Кэнделла можно считать, что между мнениями экспертов имеется определенное согласие?
- 3 Что может быть причиной низкой согласованности мнений экспертов?
- 4 Что показывает априорная диаграмма рангов?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кузнецов, Е. С. Управление техническими системами [Текст] : учебное пособие / Е. С. Кузнецов. – М. : МАДИ, 1997. – 176 с.
- 2 Яговкин, А. И. Управление производственно-экономическими системами [Текст] : учебное пособие / А. И. Яговкин. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2003. – 176 с.

Приложение А
Справочное

Таблица А1 – Значение χ^2 в зависимости от вероятности p и числа степени свободы k

k	p								
	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05
1	0,004	0,016	0,064	0,148	0,455	1,074	1,642	2,71	3,84
2	0,103	0,211	0,446	0,713	1,386	2,41	3,22	4,60	5,99
3	0,352	0,584	1,005	1,424	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82
4	0,711	1,064	1,649	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49
5	1,145	1,610	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07
6	1,635	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	12,59
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31
11	4,58	5,58	6,99	8,15	10,34	12,90	14,63	17,28	19,68
12	5,23	6,30	7,81	9,03	11,34	14,01	15,81	18,55	21,0
13	5,89	7,04	8,63	9,93	12,34	15,12	16,98	19,81	22,4
14	6,57	7,79	9,47	10,82	13,34	16,22	18,15	21,1	23,7
15	7,26	8,55	10,31	11,72	14,34	17,32	19,31	22,3	25,0
16	7,96	9,31	11,15	12,62	15,34	18,42	20,5	23,5	26,3
17	8,67	10,08	12,00	13,53	16,34	19,51	21,6	24,8	27,6
18	9,39	10,86	12,86	14,44	17,34	20,6	22,8	26,0	28,9
19	10,11	11,65	13,72	15,35	18,34	21,7	23,9	27,2	30,1
20	10,85	12,44	14,58	16,27	19,34	22,8	25,0	28,4	31,4
21	11,59	13,24	15,44	17,18	20,3	23,9	26,2	29,6	32,7
22	12,34	14,04	16,31	18,10	21,3	24,9	27,3	30,8	33,9
23	13,09	14,85	17,19	19,02	22,3	26,0	28,4	32,0	35,2
24	13,85	15,66	18,06	19,94	23,3	27,1	29,6	33,2	36,4
25	14,61	16,47	18,94	20,9	24,3	28,2	30,7	34,4	37,7
26	15,38	17,29	19,82	21,8	25,3	29,2	31,8	35,6	38,9
27	16,15	18,11	20,7	22,7	26,3	30,3	32,9	36,7	40,1
28	16,93	18,94	21,6	23,6	27,3	31,4	34,0	37,9	41,3
29	17,71	19,77	22,5	24,6	28,3	32,5	35,1	39,1	42,6
30	18,49	20,6	23,4	25,5	29,3	33,5	36,2	40,3	43,8

Приложение Б
Информационное

Образец задания

Оценить влияние ряда факторов (подсистем), характеризующих влияние производственно-технической базы автотранспортной компании на работоспособность автомобильного парка. В качестве показателя работоспособности использовать коэффициент технической готовности.

Уровень значимости $P_0 = 0,05$.

Таблица Б1 – Образец анкеты

Номера факторов, k	Наименование факторов	Личный ранг, a_{km}
k=1	Обеспеченность производственной базой	
k=2	Мощность (размер) АТП	
k=3	Разномарочность парка	
k=4	Уровень механизации ТО и ремонта	

Шарыпов Александр Владимирович
Вершинина Ольга Геннадьевна

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АПРИОРНОГО РАНЖИРОВАНИЯ
ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Методические указания
к практической работе
по дисциплине «Управление социально-техническими системами»
для студентов направления 190600.62

Редактор Е. А. Могутова

Подписано в печать	Формат 60×84 1/16	Бумага тип. 65 гр. м ²
Печать цифровая	Усл. печ.л. 1,5	Уч.-изд.л.1,5
Заказ	Тираж 50	Не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета.
640000, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.