

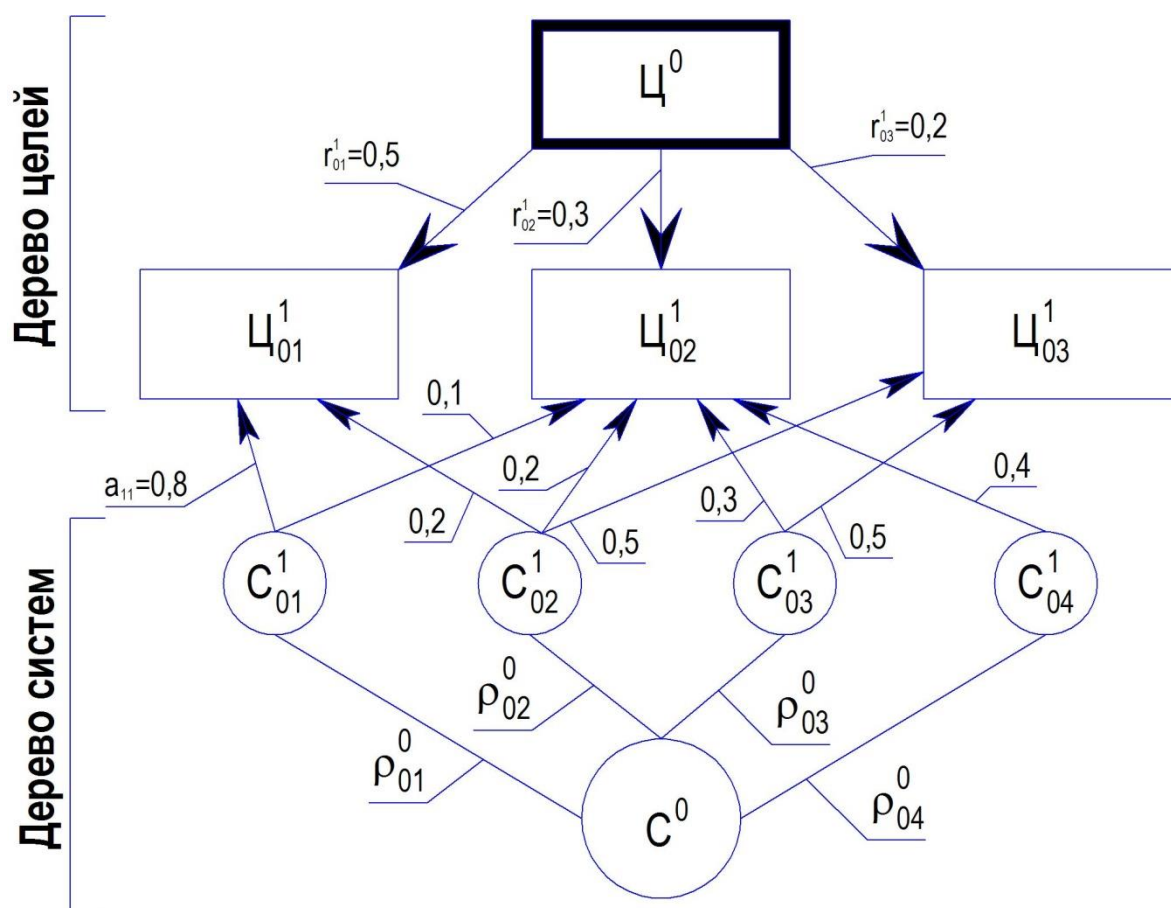
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ

В.П. Терюшков, К.З. Кухмазов, А.В. Чупшев

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Лабораторный практикум



Пенза 2022

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ

В.П. Терюшков, К.З. Кухмазов, А.В. Чупшев

ОСНОВЫ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Лабораторный практикум
для выполнения практических работ
для студентов обучающихся по направлению подготовки
23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических ма-
шин и комплексов

Пенза 2022

УДК 629.33.063.3(075)
ББК 39.33(Я7)
Т35

Рецензент канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ
А.В. Яшин.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерного факультета ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ от 14 февраля 2022 г., протокол № 6.

Терюшков, Вячеслав Петрович

Т 35 Управление техническими системами: лабораторный практикум / В.П. Терюшков, К.З. Кухмазов, А.В. Чупшев. Пензен. гос. аграр. ун-т. – Пенза: ПГАУ, 2022. – Текст: электронный. 1CD(73)

Практикум содержит описание и порядок выполнения трех лабораторных работ, посвященных изучению основных требований при управлении техническими системами. Описание работ состоит из теоретического введения с кратким изложением основных понятий. В приложении приведены индивидуальные задания для выполнения каждой работы. Практикум подготовлен по дисциплине «Управление техническими системами» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

© ФГБОУ ВО
Пензенский ГАУ, 2022
© В.П. Терюшков,
К.З. Кухмазов,
А.В. Чупшев, 2022

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильная отрасль является характерным представителем большой технической системы. Она включает в себя несколько крупных подсистем: грузовой и пассажирский коммерческий транспорт; индивидуальный некоммерческий транспорт; дорожное хозяйство; производственная инфраструктура, обеспечивающая поддержание автомобильного парка в работоспособном состоянии; подготовка и переподготовка кадров; материально-техническое обеспечение и др. Обеспечение работоспособности технических систем автомобильной отрасли достигается за счет правильно выбранных и своевременно принятых руководителями и специалистами инженерно-технической службы управленческих решений и их ответственности за последствия этих решений в условиях риска и неопределенности. Управление и принятие решений это сложный и ответственный процесс. При незнании основ и технологии управления возможны ошибки и недочеты, которые могут иметь серьезные последствия не только для лиц принимающих решения, но и для какой либо технической системы в целом, что в конечном итоге оказывает решающее действие на обеспечение ее работоспособности.

В лабораторном практикуме рассматриваются общие и специфические вопросы обеспечения работоспособности технических систем автомобильной отрасли на примере технического обслуживания и ремонта подвижного состава, а именно: анализ взаимодействия дерева целей и дерева систем; применение априорного ранжирования при принятии решений в условиях недостаточной информации, методика использования игровых методов при определении запаса агрегатов на складе автотранспортного предприятия в условиях неопределенности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЕРЕВА ЦЕЛЕЙ И ДЕРЕВА СИСТЕМ

Цель работы: Изучить анализ структуры и взаимодействие дерева целей и дерева систем.

Задачи работы:

1. Изучить назначение, порядок построения дерева целей и дерева систем, и их практическое применение при управлении производством;

2. Произвести расчет дерева целей и дерева систем (согласно выданному индивидуальному заданию).

В современном понимании *система* – это совокупность элементов или подсистем, находящихся во взаимодействии и образующих определенную целостность. Если реальная система имеет несколько целей разной значимости и уровня, то их следует упорядочить, построив дерево целей – ДЦ.

Дерево целей (ДЦ) – это упорядоченная иерархия целей, выражающая их соподчинение и внутренние взаимосвязи. При построении ДЦ происходит декомпозиция – разложение целей по уровням, т. е. их упрощение, конкретизация, уточнение адресности.

Обычно дерево целей имеет одну вершину, называемую корнем **1** (рис. 1), который характеризует генеральную цель системы Π^0 , располагаемую на высшем уровне. Далее цель высшего уровня разлагается на цели первого уровня $\Pi_{01}^1, \Pi_{02}^1 \dots \Pi_{0n}^1$ которые, в свою очередь на цели второго уровня и т.д. Декомпозиция продолжается в так называемых элементарных целях, которые дальнейшему разложению не подлежат. Например, для персонала предприятия, фирмы – это цели, которых должен добиваться конкретный исполнитель.

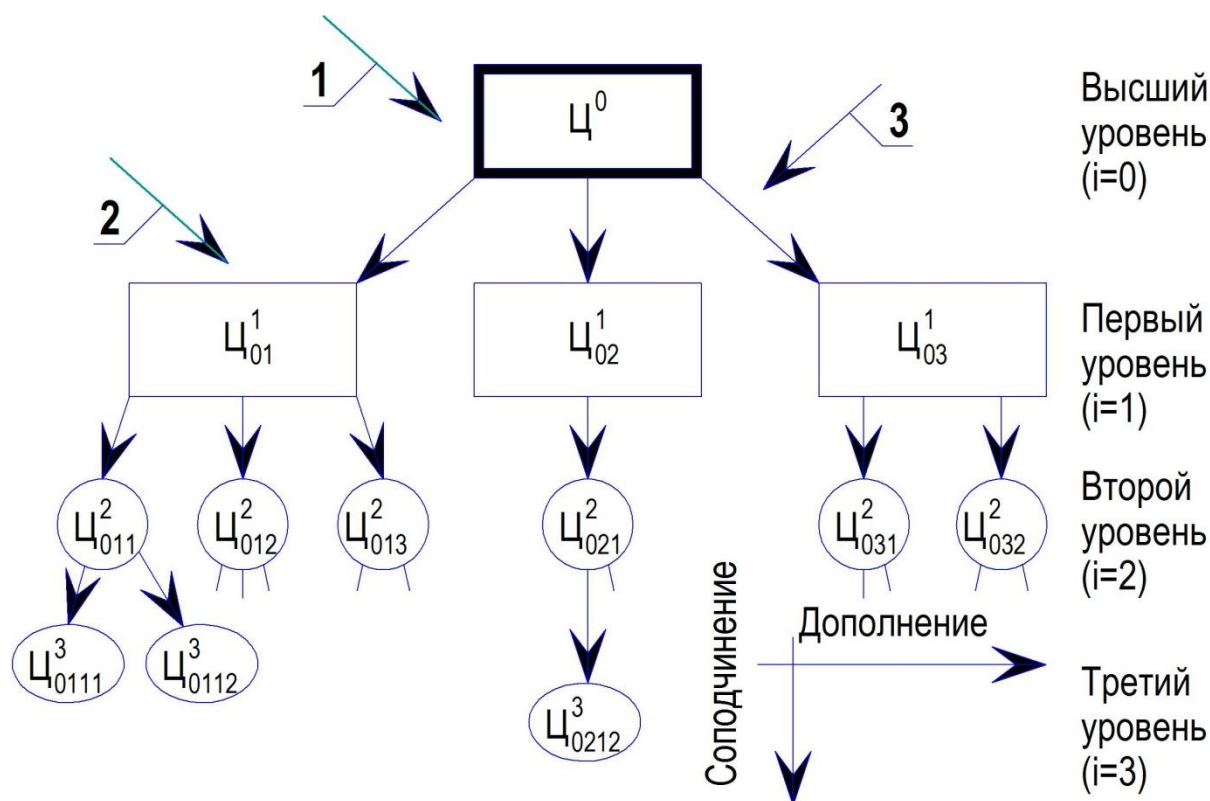


Рисунок 1 – Схема дерева целей:

1 – корень дерева целей (генеральная цель системы);
2 – вершины дерева целей; 3 – дуги дерева целей

Таким образом в дереве целей отношение целей низшего уровня к целям высшего – *соподчинение*. Одна из форм соподчинения – это определение конкретного вклада (весомости) цели нижнего уровня в достижение цели высшего. Цели же одного уровня дополняют друг друга.

Цели более высокого уровня соединены с целями следующего (более низкого) уровня линиями, называемыми дугами **3** (рис. 1). Дуги характеризуют отношение между целями разных уровней (рангов).

Дуги имеют следующие обозначения:

$$r_{km}^i,$$

где i – ранг (уровень) цели или системы, из которой выходит дуга; k – номер вершины цели i , из которой выходит дуга; m – номер нижестоящей вершины $(i+1)$ ранга, в которую входит дуга. Так, дуга, связывающая цель Π^0 и Π^1_{01} обозначается r_{01}^0 , а цель Π^1_{01} и Π^2_{012} – r_{012}^1 .

Если, например, генеральная цель Π^0 складывается из трех подцелей первого уровня (рисунок 1), то через дуги эту связь можно записать следующим образом:

$$\Pi^0 = r^0_{01} \Pi^1_{01} r^0_{02} \Pi^1_{02} r^0_{03} \Pi^1_{03} \quad (1.1)$$

Соответствующие обозначения имеют и вершины (цели).

Цифровое обозначение цели позволяет однозначно определить место и уровень данной цели в ДЦ, а также ее связь и соподчинение с вышестоящими целями.

Например, если цель обозначена Π^4_{01125} , то это означает:

- эта цель четвертого уровня $i=4$;
- вышестоящая цель ($i-1$) уровня имеет обозначение Π^3_{0112} ;
- она является пятой подцелью, подчиненной цели Π^3_{0112} ;
- набор номеров подцели, т. е. **01125**, показывает цепочку связей и взаимоотношений отданной цели до генеральной.

Это позволяет определить роль или вклад целей нижнего уровня в цели высшего и, в конечном счете, в генеральную цель Π^0 , а также совершенствовать систему стимулирования подразделений и персонала.

При формировании структуры предприятия, фирмы такие цепочки позволяют четко определить:

- подчиненность отдельных подразделений;
- их обязанности по отношению к вышестоящим подразделениям и права по отношению к нижестоящим;
- прослеживать траектории и время прохождения информации, решений, распоряжений;
- выявлять слабые и тупиковые звенья;
- определять эффективность работы подразделения и исполнителей и т. п.

Таким образом, определение взаимосвязей и весомости целей и подцелей является одной из важнейших задач любого управления, которую наиболее целесообразно решать построением дерева целей.

После того, как установлены конкретно цели системы, необходимо определить наиболее эффективные способы достижения этих целей. При этом очевидно, и это неоднократно отмечалось, что цели, как правило, можно достичь несколькими способами или их комбинацией. Например, сократить число отказов автобусов на линии можно: обновив парк, приобретая более надежные автобусы, улучшив обслуживание и ремонт существующего парка, подняв заинтересованность водителей и ремонтных рабочих в безотказной работе автобусов на линии и т. д.

Поэтому следует указать еще на одно важное условие управления: обязательность анализа и сравнения нескольких путей достижения поставленных целей, т.е. их состязательность и альтернативность. Отсюда следует еще одно правило разумного управления: *целесообразна, а вернее, обязательна альтернативность при выборе решений, т. е. избыточность банка решений при выборе методов достижения поставленных целей.*

Альтернативность, при управлении и принятии решений, важна по следующим причинам:

- при выборе альтернатив рассматриваются многие варианты достижения цели, т. е. вероятность пропуска хороших, но сразу не видимых решений, сокращается;
- появляется состязательность вариантов;
- при защите своих вариантов в ходе дискуссии их авторы выявляют слабые стороны и могут улучшать свое предложение, совершенствуя его;
- руководитель, принимая окончательное решение, может взять лучшие блоки из разных альтернатив (морфологический метод).

Грамотный и умный руководитель должен не только позволять, но и стимулировать подчиненных к поиску и обоснованию различных альтернатив решений, применяя для этого определенные механизмы и процедуры (которые будут рассмотрены ниже).

Во всяком случае, начинать руководителю процесс выработки и принятия решений с изложения своих собственных взглядов и тем более декларировать сразу решение нельзя.

Для выявления всех возможных технологических способов достижения поставленной цели (целей) определяется ряд альтернатив или их комбинаций, которые находятся в определенных иерархических связях и по-разному могут влиять на достижение целей системы. Таким образом, способы достижения поставленных целей требуют такой же систематизации, как и сами цели и подцели.

Систематизацию и упорядочение выявленных способов достижения поставленных перед системой целей рекомендуется осуществлять построением дерева систем – ДС.

Если дерево целей определяет, что необходимо сделать, каких показателей эффективности достичь, то дерево систем - с помощью каких мероприятий этого можно добиться.

Поэтому в дереве целей **вершины – это генеральная и частные цели или функции**, а в дереве систем **в вершинах указываются объекты или системы**, которые реализуют эти функции (целе-реализующие системы). Иногда их называют факторами, а задача управления определяется следующим образом: выбрать из дерева систем ряд факторов (подсистем), влияя на которые можно наиболее эффективно добиться достижения поставленных целей. Дерево систем может воспроизводить или не совпадать с деревом целей.

Дерево систем строится по тем же законам, как и дерево целей, т. е. определяется генеральная система C^0 , которая структурируется на подсистемы первого ($C_{01}^1, C_{02}^1 \dots C_{0n}^1$), второго и последующих уровней.

При принятии решений, их сравнении необходимо определить, как конкретное мероприятие дерева систем может повлиять на изменение целевого показателя, т. е. достижение поставленной перед системой цели Π^0 . Речь идет о вкладе этого мероприятия (подсистемы) в достижение цели. Например, как новое диагностическое оборудование повлияет на коэффициент технической готовности автомобилей и получаемую предприятием прибыль? Как повышение квалификации персонала скажется на безотказности автомобилей?

Рассмотрим это на примере, приведенном на рисунке 2, на котором показано взаимодействие двухуровневых дерева целей и дерева систем. Необходимо оценить вклад подсистем C_{01}^1 , C_{02}^1 , C_{03}^1 и C_{04}^1 в достижение генеральной цели дерева целей (ζ^0).

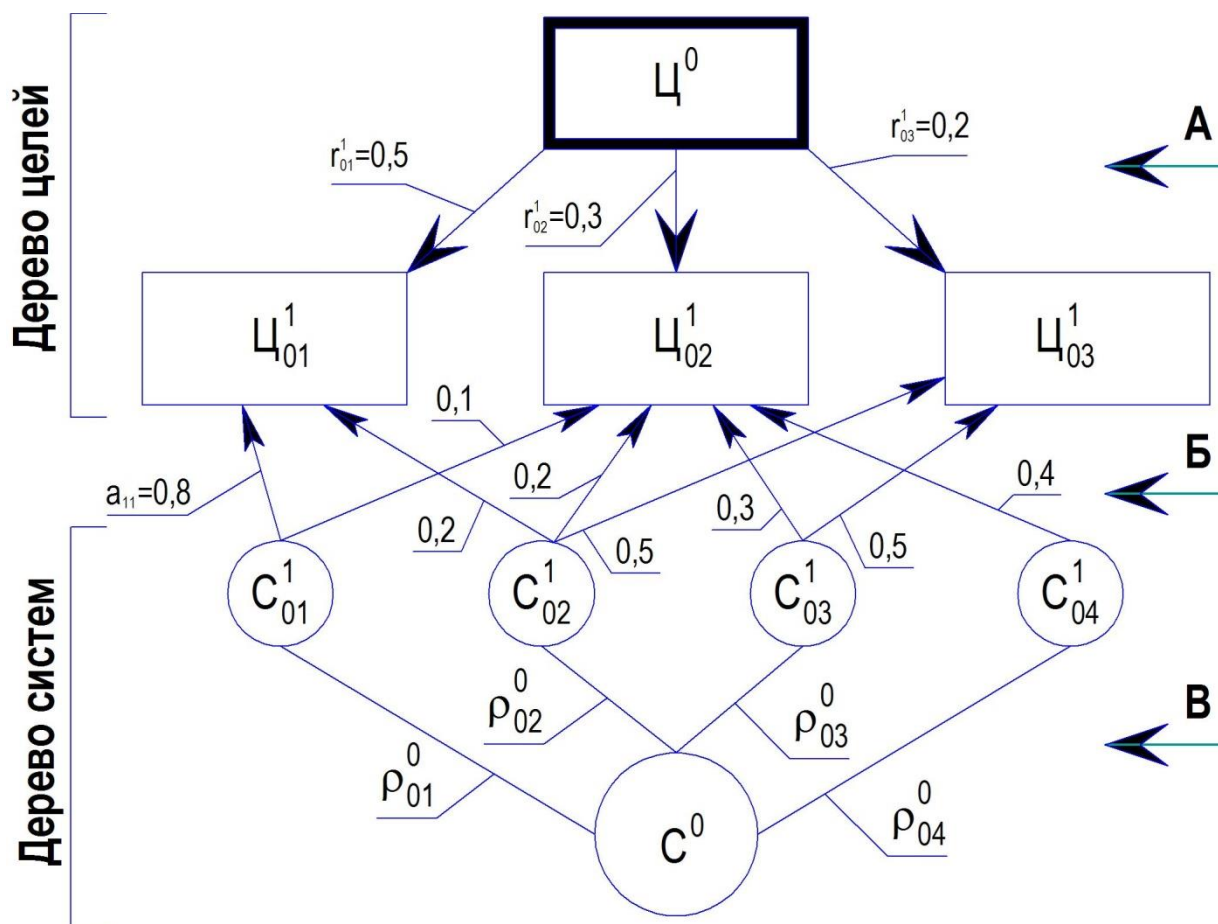


Рисунок 2 – Схема взаимодействия дерева целей и дерева систем:
 ζ^0 – цель высшего уровня; ζ_{01-03}^1 – цели первого уровня;
 C^0 – система высшего уровня; C_{01-04}^1 – системы первого уровня;
A – дуги (r) **ДЦ** – вклад подцелей в генеральную цель ζ^0 ;
Б – дуги (a) – вклад подсистем в подцели;
В – дуги (p) – вклад подсистем в реализацию ζ^0 (C^0);
 a – вклад подсистем **ДС** в реализацию подцелей **ДЦ**;
 r – веса подцелей 1-го уровня или их вклад в достижение целей высшего уровня.

Последовательность решения задачи:

1) Определяется вклад подсистем в достижение цели

Вклад подсистемы C_{01}^1 составляет:

в подцель ζ_{01}^1 : $a_{11} = 0,8$;

в подцель $\Pi_{02}^1: a_{12} = 0,1$.

Вклад подсистемы C_{02}^1 составляет:

в подцель $\Pi_{01}^1: a_{21} = 0,2$;

в подцель $\Pi_{02}^1: a_{22} = 0,2$;

в подцель $\Pi_{03}^1: a_{23} = 0,5$.

Вклад подсистемы C_{03}^1 составляет:

в подцель $\Pi_{02}^1: a_{32} = 0,2$;

в подцель $\Pi_{03}^1: a_{33} = 0,5$.

Вклад подсистемы C_{04}^1 составляет:

в подцель $\Pi_{02}^1: a_{42} = 0,4$.

Причем сумма этих вкладов может не равняться единице.

Результаты разметки переносятся в функционально-системную матрицу (таблица 1). Строки этой матрицы показывают вклад каждой подсистемы в связанную с ней подцель.

Таблица 1 – Функционально-системная матрица

Подсистема	Вклад a_{km} подсистемы k в реализацию целей и подцелей $\Pi_{1\pi}^1$			
	Π_{01}^1	Π_{02}^1	Π_{03}^1	Π^0
C_{01}^1	0,8	0,1	0	–
C_{02}^1	0,2	0,2	0,5	–
C_{03}^1	0	0,3	0,5	–
C_{04}^1	0	0,4	0	–
Всего по $\Pi_{1\pi}^1$	1,0	1,0	1,0	–
"Вес" подцели $\Pi_{1\pi}^1$ в цели Π^0 , $r_{0\pi}^0$	0,5	0,3	0,2	1,0

Столбцы показывают вклад всех подсистем в конкретную подцель.

Так, вклады в подцель Π_{01}^1 дают следующие подсистемы (рис. 2):

$C_{01}^1: a_{11} = 0,8$;

$C_{02}^1: a_{21} = 0,2$.

Всего: **1,0**.

Последняя строка матрицы содержит «веса» подцелей при формировании генеральной цели Π^0 , а именно: $r_{01}^0 = 0,5$; $r_{02}^0 = 0,3$.

2) Для каждой подсистемы определяется ее структурный вклад в достижение генеральной цели системы, т. е. Π^0 .

Для этого используют данные функционально-системной матрицы, а также составляют цепочки влияния. При этом структурный вклад подсистемы в достижение генеральной цели Π^0 определяется перемножением ее вклада в достижение подцели на вес этой подцели в генеральной цели Π^0 .

Строим цепочки влияния C_{01}^1 , C_{02}^1 , C_{03}^1 и C_{04}^1 на генеральную цель (рисунок 3).

Из цепочки влияния, рисунок 9,а, таблица 1, видно, что система C_{01}^1 действует с весом $a_{11} = 0,8$ на подцель Π_{01}^1 ; вес же самой подцели Π_{02}^1 в генеральной цели Π^0 равен $r_{01}^0 = 0,5$. Таким, образом, структурный вклад подсистемы C_{01}^1 через подцель Π_{01}^1 в Π^0 составляет:

$$Q(C_{01}^1/\Pi_{01}^1) = a_{11} \cdot r_{01}^0 = 0,8 \cdot 0,5 = 0,4.$$

Но подсистема действует на генеральную цель Π^0 также через подцель Π_{02}^1 с вкладом $a_{12} = 0,1$:

$$Q(C_{01}^1/\Pi_{02}^1) = a_{12} \cdot r_{02}^0 = 0,1 \cdot 0,3 = 0,03.$$

Результаты расчетов для всех подсистем и подцелей сводим в таблицу вклада подсистем (таблица 2).

3) Определяем общий вклад каждой из подсистем в генеральную цель Π^0 . Для этого суммируем структурные вклады каждой подсистемы, располагаемые в соответствующих строках таблицы 2.

Для подсистемы C_{01}^1 общий вклад в Π^0 равен:

$$Q(C_{01}^1/\Pi^0) = Q(C_{01}^1/\Pi_{01}^1) + Q(C_{01}^1/\Pi_{02}^1) = 0,4 + 0,03 = 0,43.$$

Результаты вписываем в последний столбец таблицы 2.

Таблица 2 – Вклад подсистем в реализацию цели

Подсистема	Структурный вклад подсистемы $\Pi_{\text{ц}}^1$			Общие вклады подсистемы $C_{\text{с}}^1$ в реализацию цели Π^0
	Π_{01}^1	Π_{02}^1	Π_{03}^1	
C_{01}^1	0,4	0,03	0	0,43
C_{02}^1	0,1	0,06	0,1	0,26
C_{03}^1	0	0,09	0,1	0,19
C_{04}^1	0	0,12	0	0,12
"Вес" подцелей в цели Π^0 , $r_{\text{ц}}^0$	0,5	0,3	0,2	1,0

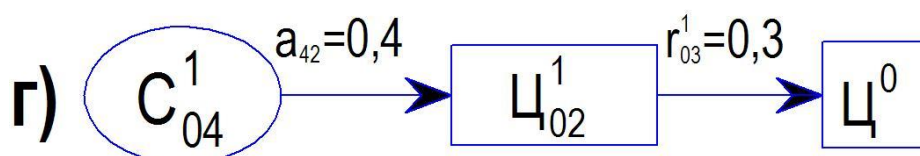
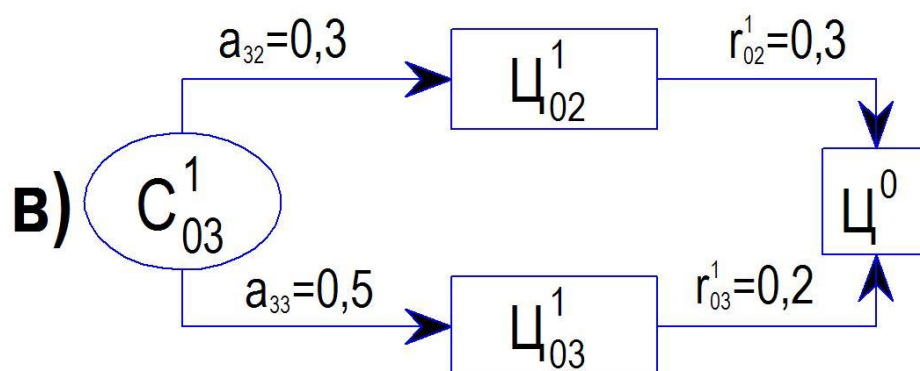
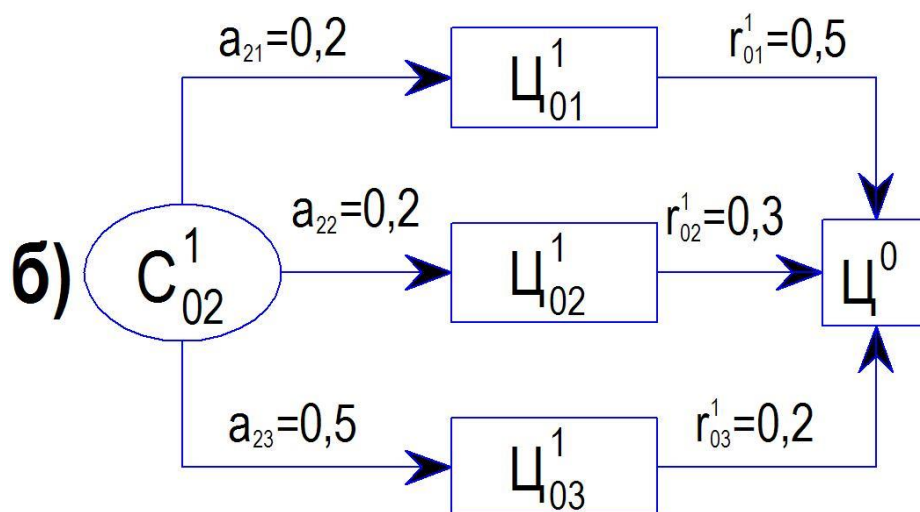
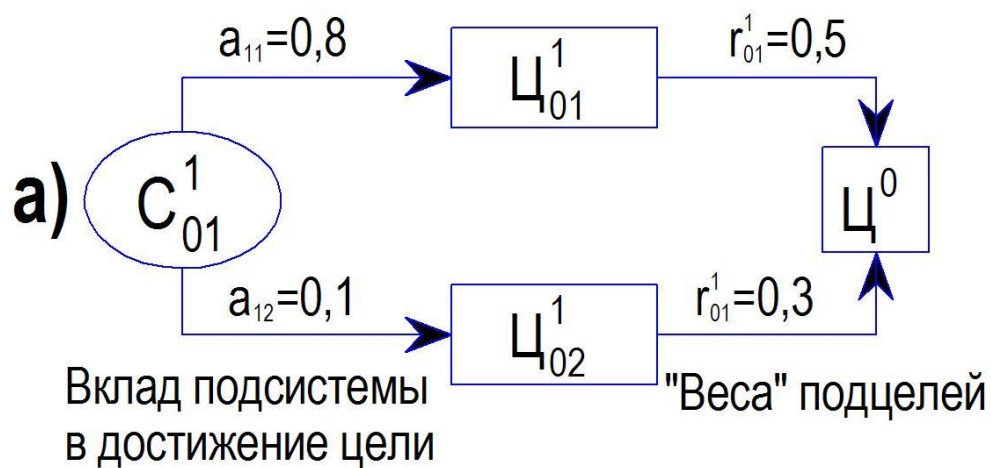


Рисунок 3 – Цепочки влияния подсистем C_{01}^1 , C_{02}^1 , C_{03}^1 и C_{04}^1 на генеральную цель:

а – цепочка влияния подсистемы C_{01}^1 на ζ^0 ;

б – цепочка влияния подсистемы C_{02}^1 на ζ^0 ;

в – цепочка влияния подсистемы C_{03}^1 на ζ^0 ;

г – цепочка влияния подсистемы C_{04}^1 на ζ^0

4) Производим проверку полученных результатов:

а) суммируем данные последнего столбца (таблица 2.): сумма вкладов всех подсистем в Π^0 должна равняться единице, т. е.:

$$\sum_{c=1}^c Q(C_c^1 / \Pi^0) = 1,0, \quad (1.2)$$

или в примере: $\sum_{c=1}^4 Q(C_c^1 / \Pi^0) = 0,43 + 0,26 + 0,19 + 0,12 = 1,0$.

б) суммируем данные столбцов по каждой цели, получаем при правильных расчетах веса подцелей. Так, для первой подцели вес равен:

$$r_{01}^1 = Q(C_{01}^1 / \Pi_{01}^1) + Q(C_{02}^1 / \Pi_{01}^1) = 0,4 + 0,1 = 0,5.$$

5) Подводим итоги проведенной оценки:

- наибольшее влияние на генеральную цель Π^0 имеет первая подсистема C_{01}^1 , вес которой составляет **0,43 (43 %)**. Поэтому при ограниченных общих ресурсах наибольший результат по улучшению целевого норматива Π^0 можно получить, воздействуя на подсистему C_{01}^1 ;

- если по условиям управления целесообразно использовать все подцели и при этом получить наибольший результат, то следует воздействовать через подсистему C_{02}^1 , которая является многоканальной;

- по влиянию на генеральную цель Π^0 с первой подсистемой может конкурировать только комбинация из второй и третьей подсистем (суммарный вклад **0,26+0,19=0,45**);

- подсистема C_{04}^1 является малоэффективной, т. к. ее вклад минимален и составляет **0,12**, и она воздействует на достижение генеральной цели Π^0 только через одну подцель Π_{02}^1 , т. е. является одноканальной.

Полученные результаты позволяют сформулировать следующее правило: *проведя, используя ДЦ и ДС, даже ориентировочную структурную и количественную оценку вклада подсистем в достижение конечных целей, можно существенно сузить область рациональных, решений, т.е. перечень подсистем, через которые целесообразно, прежде всего, воздействовать для достижения поставленной цели.*

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение дерева целей, какие управленческие задачи можно решать, используя этот прием?
2. Каково назначение и значение дуг в дереве целей, как их можно использовать для практических задач управления?
3. В чем отличие и что общее у дерева целей и дерева систем?
4. Дайте определение понятия управления, укажите основные факторы, определяющие эффективность управления.
5. Укажите основные этапы процесса управления.
6. Дайте определение понятиям система, элемент системы. Приведите примеры систем различной сложности.
7. Что является целью системы?
8. Дайте определение понятия «решение».
9. Что такое жесткое управление системой? Приведите схему и пример такой системы.
10. Что такое гибкое управление системой? Приведите схему и пример такой системы.
11. Дайте определение программно-целевого метода управления, каков его антипод? Приведите примеры.
12. Чем целевые нормативы отличаются от целевых показателей?
13. Как определяется структурный вклад в достижение генеральной цели системы.
14. Как определяется понятие цели системы?
15. Чем характеризуются цели системы?
16. Что такое уровень реализации цели?
17. Как классифицируются подсистемы дерева целей и дерева систем?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ АПРИОРНОГО РАНЖИРОВАНИЯ

Цель работы: Изучить методику проведения априорного ранжирования.

Задачи работы:

1. Изучить методы интеграции мнений специалистов;
2. Изучить методы получения экспертных оценок;
3. На конкретном примере изучить методику проведения априорного ранжирования.

В условиях недостаточной информации при анализе рыночных и производственных ситуаций при принятии решений широко используются методы интеграции мнений квалифицированных специалистов – экспертные оценки, а также опросы и интервью. Методы получения экспертных оценок подразделяются на две основные группы в зависимости от организации работы экспертов (рис. 4): коллективная и индивидуальная.

К первой группе относятся совещания, т. е. метод открытого обсуждения и принятия решений (метод «комиссий»); метод «мозговой атаки», в процессе которой внимание участников концентрируется на выдвижении идей возможных путей решения одной конкретной задачи; метод «суда» воспроизводит правила ведения судебного процесса, причем рассматриваемое решение выступает в качестве «подсудимого», а группы экспертов исполняют роли «прокурора» и «защиты».

Особенности коллективной работы экспертов:

- при обсуждении вопроса присутствует вся группа;
- группа комплектуется руководителем, проводящим совещание, как правило, из своих подчиненных и «доверенных» лиц;
- последовательность выступлений и предоставление слова регламентируется руководителем;
- подведение итогов и принятие (или непринятие) решения также осуществляются руководителем.



Рисунок 4 – Виды наиболее распространенных методов интеграции мнения специалистов

Преимущества этих методов: оперативность и внешняя демократичность.

Недостатки: давление авторитета руководителя, отсутствие строгой процедуры учета мнения экспертов, подведения итогов и принятия решения. Последний недостаток частично может быть компенсирован, если решение принимается тайным голосованием.

При индивидуальной работе экспертов для получения мнения каждого эксперта используют интервью в виде свободной беседы или по типу «вопрос-ответ», а также анкетирование, в процессе которого каждый эксперт дает количественные оценки сравниваемым факторам или альтернативам, т. е. ранжирует их. Затем индивидуальные оценки участников экспертных групп суммируются по определённым правилам.

При втором подходе все этапы экспертизы (подбор экспертов, технология получения и обработки их мнений и др.) более или менее регламентированы, эксперты, как правило, подбираются из числа внешних специалистов, а организует проведение экспертизы не руководитель, а специалист. При этом результаты экспертизы, так же как и при первом методе, носят для руководителя не обязательный, а рекомендательный характер.

Наиболее простым является метод априорного ранжирования, основанный на экспертной оценке факторов группой специалистов, компетентных в исследуемой области.

Априори означает, что эксперт оценивает новое явление. Факт на основе своего прошлого опыта

Метод априорного ранжирования сводится к следующему:

1. Организацией или специалистом, проводящим экспертизу, на основании анализа литературных данных, обобщения имеющегося опыта, опроса специалистов, дерева систем и т. д. определяется предварительный (с определенным резервом, обеспечивающим выбор) перечень факторов, требующих ранжирования. *Чёткое виденье факторов (подсистем), подлежащих ранжированию является важнейшей задачей организаторов экспертизы и предпосылкой её результативности.*

2. Составляется анкета, в которой приводится, желательно в табличной форме, перечень факторов, необходимые пояснения и инструкции, примеры заполнения анкет.

3. Осуществляется комплектация и проверка компетентности группы экспертов, которые должны быть специалистами в рассматриваемых вопросах, но не быть лично заинтересованными в результатах. Проверка компетентности экспертов может проводиться с помощью тестов, методом самооценки или оценкой эталонных факторов.

При тестировании процент правильных ответов из области, связанной с предстоящей оценкой, служит мерой компетентности эксперта.

Метод самооценки состоит в том, что каждый кандидат в эксперты с использованием указанной ему шкалы оценивает свои знания ряда вопросов. Максимальным баллом оценивается вопрос, который, по мнению эксперта, он знает лучше других, а минимальным – хуже других. Далее все остальные вопросы оцениваются баллами от максимального до минимального, и выводится средняя самооценка данного эксперта, и затем группы экспертов. Этот метод позволяет также при необходимости создать подгруппы для экспертизы конкретных вопросов.

При оценке факторов кандидатам в эксперты предлагается проранжировать набор факторов, событий или объектов, истинная значимость или состояние которых организаторам опроса известны, а экспертам не известны.

4. После формирования группы проводится устный или письменный инструктаж экспертов.

5. Экспертами осуществляется индивидуальная оценка предложенных факторов, с помощью рангов в процессе которой факторы располагаются в порядке убывания степени их влияния на результирующий признак или объект исследования, являющийся целевой функцией. Ранг обозначается следующим образом a_{km} , где m – условный номер эксперта; k – номер фактора. При этом фактор, имеющий наибольшее влияние, оценивается первым рангом (цифрой 1). Фактору, имеющему меньшее значение, приписывается второй ранг (цифра 2) и т. д.

6. Полученные оценки с другими экспертами не обсуждаются и передаются организаторам экспертизы.

7. Организаторами экспертизы проводится обработка результатов экспертного опроса по следующей методике.

Определяется сумма рангов всех экспертов по каждому фактору по формуле:

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

где m – условный номер эксперта;

k – номер фактора;

a – ранг.

Вычисляется сумма рангов всех экспертов по всем факторам и определяется средняя сумма рангов по формуле:

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_k \Delta_k}{k} \quad (2.2)$$

где Δ_k – сумма рангов всех экспертов по каждому фактору;

k – номер фактора.

Проверяется правильность определения суммы рангов по формуле:

$$\sum_{k=1}^k \Delta k = m \cdot k \cdot \bar{a} \quad (2.3)$$

где \bar{a} – средний ранг оценки факторов каждым экспертом,

$$\bar{a} = \frac{\sum_{k=1}^k k}{k}; \quad (2.4)$$

Δ_k – сумма рангов всех экспертов по каждому фактору;
 k – номер фактора.

Определяется отклонение суммы рангов каждого фактора от средней суммы рангов по формуле:

$$\Delta'_k = \Delta_k - \bar{\Delta}. \quad (2.5)$$

С помощью коэффициента конкордации Кэнделла W оценивается степень согласованности мнений экспертов:

$$W = \frac{12S}{m^2(k^3 - k)}, \quad (2.6)$$

где k – число факторов;

m – число экспертов.

Коэффициент конкордации может изменяться от 0 до 1. Если он существенно отличается от нуля ($W \geq 0,5$), то можно считать, что между мнениями экспертов имеется определенное согласие. Если коэффициент конкордации недостаточен ($W < 0,5$), то организаторами экспертизы проводится анализ причин негативного результата. Такими причинами могут быть: нечеткая постановка вопросов или инструктаж, неправильный выбор факторов, подбор некомпетентных экспертов, возможность сговора между ними и др.

В зависимости от результатов этого анализа принимается решение о передаче проведения экспертизы другой группе специалистов; об изменении инструкции; о корректировке состава факторов.

При любом исходе проводить повторную экспертизу прежним составом экспертов не рекомендуется.

При $w \geq 0,5$ проверяется гипотеза о неслучайности согласия экспертов. Для этой процедуры используется критерий Пирсона (χ -квадрат), рассчитываемый по формуле:

$$\chi_p^2 = Wm(k - 1), \quad (2.7)$$

где **k-1**- число степеней свободы.

Расчетное значение коэффициента сравнивается с табличным, определенным при числе степеней свободы **k-1**.

Если расчетное значение критерия Пирсона больше табличного, т. е. $\chi_p^2 > \chi_t^2$, то это свидетельствует о неслучайности совпадения мнений экспертов.

По сумме рангов Δ_k (формула (2.1)) производится ранжирование факторов (подсистем). Минимальной сумме рангов $(\Delta_k)_{\min}$ соответствует наиболее важный фактор, получающий первое место, **M = 1**, далее факторы располагаются по мере возрастания суммы рангов. К значимым обычно относятся факторы, у которых сумма рангов меньше среднего значения.

Для наглядного представления о весомости факторов строится априорная диаграмма рангов и определяются удельные веса факторов по их влиянию на целевой показатель по формуле:

$$g_k = \frac{2(k - M + 1)}{k(k + 1)}, \quad (2.8)$$

где **M** – место фактора при ранжировании.

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

Преимущества априорного ранжирования: сравнительная простота организации процедуры и оперативность получения результатов.

Недостатки априорного ранжирования: большая зависимость результатов от качества организации экспертизы и подбора экспертов, т. е. определенная субъективность. Кроме того, при оценке тех или иных факторов (мероприятий) для данной системы (предприятия, фирмы) эксперты пользуются своим прежним опытом или взглядами (именно поэтому экспертиза называется априорной). Поэтому правильная постановка вопросов и выбор факторов для данной системы имеют особое значение и существенно влияют на результаты экспертизы.

При априорном ранжировании для получения более объективных данных сравнивают мнения экспертов нескольких групп и разных школ, обращаются к независимым аудиторам или аудиторским фирмам.

Рассмотрим пример оценки влияния ряда подфакторов, выбранных из дерева систем технической эксплуатации автомобилей (приложение А) и характеризующих влияние производственно-технической базы автотранспортной компании на работоспособность автомобильного парка. Конкретным показателем работоспособности был выбран коэффициент технической готовности.

Организаторами экспертизы на основании предварительного анализа условий работы данной фирмы для экспертной оценки были выбраны следующие четыре подфактора (**K=4**) третьего уровня ДСТЭА (приложение А):

C^2_{031} – обеспеченность производственной базой (площади, цеха, посты и т. д.);

C^2_{032} – размер предприятия, характеризуемый инвентарным числом автомобилей;

C^2_{033} – структура и разномарочность парка автомобилей;

C^2_{034} – уровень механизации производственных процессов ТО и ремонта.

К независимой экспертизе привлечены 8 экспертов (**m=8**).

Каждый эксперт независимо от других присваивает свои ранги a_{km} каждому фактору и передает результаты организаторам экспертизы. Например, эксперт № 1 ($m=1$) первый фактор ($k=1$) оценил рангом $a_{11}=2$; второй ($k=2$) этот же фактор $a_{21}=3$; третий ($k=3$) $a_{31}=4$; четвертый ($k=4$) $a_{41}=1$.

Рекомендуется следующая последовательность обработки результатов априорного ранжирования.

1. Индивидуальные оценки всех экспертов сводятся в таблицу априорного ранжирования (таблица 3). Так, ранги восьми экспертов по первому фактору: 2; 1; 2; 1; 1; 1; 2; 1.

2. Определяется сумма рангов всех экспертов по каждому фактору по формуле 2.1. Например, по фактору «обеспеченность ПТБ» (таблица 3) сумма рангов всех экспертов составит:

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

3. Проверяется правильность заполнения таблицы. Очевидно, во-первых, что максимальный ранг по конкретному фактору (a_{km}) не может быть больше числа сравниваемых факторов (k). Во-вторых, максимальное значение суммы рангов по любому фактору не может быть больше произведения максимально возможного ранга на число экспертов, т. е. $(\Delta_k)_{\max} \leq (a_{km})_{\max} \cdot m$.

В примере $(\Delta_k)_{\max} = \Delta_3 = 27 < 32 = 4 \cdot 8$.

В-третьих, минимально возможная сумма рангов по любому фактору не может быть меньше минимального ранга (1), умноженного на число экспертов, т. е. $(\Delta_k)_{\min} \geq (a_{km})_{\min} \cdot m$.

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

В рассматриваемом примере все три условия удовлетворены:

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

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

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

4. Вычисляется сумма рангов и средняя сумма рангов по формуле 2.2:

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_{k=1}^k \Delta_k}{k} = \frac{11 + 26 + 27 + 16}{4} = 20.$$

**Таблица 3 – Результаты априорного ранжирования факторов
производственной базы АТП, влияющих
на коэффициент технической готовности парка**

Факторы и их №№	Условные номе- ра экспертов, m								Сумма рангов, Δ_k	Отклонения суммы рангов Δ_k	$(\Delta k)^2$	Занимаемое место M_1	Вес фактора q_k
	1	2	3	4	5	6	7	8					
	ранги оценки a_{km}												
C^2_{031} Обеспечен- ность производ- ственной базой (k=1)	2	1	2	1	1	1	2	1	11	−9	81	1	0,4
C^2_{032} Мощность (размер) АТП (k=2)	3	4	4	2	3	2	4	4	26	6	36	3	0,2
C^2_{033} Разно– марочность парка (k=3)	4	3	3	4	4	4	3	2	27	7	49	4	0,1
C^2_{034} Уро–вень механизации ТО и ремонта (k=4)	1	2	1	3	2	3	1	3	16	−4	16	2	0,3
Итого	$\sum_k^k \Delta_k = 80$										S=182		1,0

5. Определяется средний ранг оценки факторов и проверяется правильность определения суммы рангов по формулам 2.3 и 2.4. В рассматриваемом примере:

$$\bar{a} = \frac{1+2+3+4}{4} = 2,5;$$

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

что соответствует данным таблицы 3.

6. Определяется отклонение суммы рангов каждого фактора от средней суммы рангов, по формуле 2.5. Для первого фактора в примере имеем:

$$\Delta_k = \Delta_1 - \bar{\Delta} = 11 - 20 = -9 .$$

7. С помощью коэффициента конкордации Кэнделла **W** оценивается степень согласованности мнений экспертов по формуле 2.6. Коэффициент конкордации может изменяться от 0 до 1. Если он существенно отличается от нуля (**W** ≥ 0,5), то можно считать, что между мнениями экспертов имеется определенное согласие.

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

8. Так как, $W \geq 0,5$, то проверяется гипотеза о неслучайности согласия экспертов. Для этой процедуры используется критерий Пирсона (χ -квадрат), определяемый по формуле 2.7. Расчетное значение коэффициента сравнивается с табличным, определенным при числе степеней свободы $k-1$. Если расчетное значение критерия Пирсона больше табличного, а $W > 0,5$, то это свидетельствует о наличии существенного сходства мнений экспертов, значимости коэффициента конкордации и неслучайности совпадения мнений экспертов, т.е. $\chi_p^2 > \chi_T^2$. В примере $\chi_p^2 = 0,57 \cdot 8 \cdot 3 = 13,68$, а $\chi_T^2 = 11,3$ (при уровне значимости 0,01), т. е. и результаты экспертизы могут быть признаны удовлетворительными и адекватными.

9. По сумме рангов Δ_k производится ранжирование факторов (подсистем). Минимальной сумме рангов $(\Delta_k)_{\min}$ соответствует наиболее важный фактор, получающий первое место $M=1$, далее факторы располагаются по мере возрастания суммы рангов.

Таким образом, по результатам априорного ранжирования рассматриваемые для данного предприятия факторы располагаются по их влиянию на уровень работоспособности следующим образом:

- 1 место – обеспеченность производственной базой ($\Delta_{k1}=11$);
- 2 место – уровень механизации ($\Delta_{k4}=16$);
- 3 место – размер предприятия ($\Delta_{k2}=26$);
- 4 место – разномарочность парка ($\Delta_{k3}=27$).

10. Для наглядного представления о весомости факторов может строиться априорная диаграмма рангов (рис. 5) и определяются удельные веса факторов по их влиянию на целевой показатель (α_T).

При этом удельный вес фактора определяется по формуле 2.8.

В примере фактор, занявший первое место ($M=1$), имеет вес при $k=4$: $q_1 = \frac{2(4-1+1)}{4 \cdot 5} = 0,4$; второе $q_2=0,3$; третье $q_3=0,2$; четвертое $q_4=0,1$.

Естественно, что $\sum_{k=1}^k q_k = 1,0$.

Априорная диаграмма рангов позволяет предварительно отобрать наиболее действенные подсистемы. К ним в примере относятся те, у которых $\Delta_k < \bar{\Delta} = 20$.

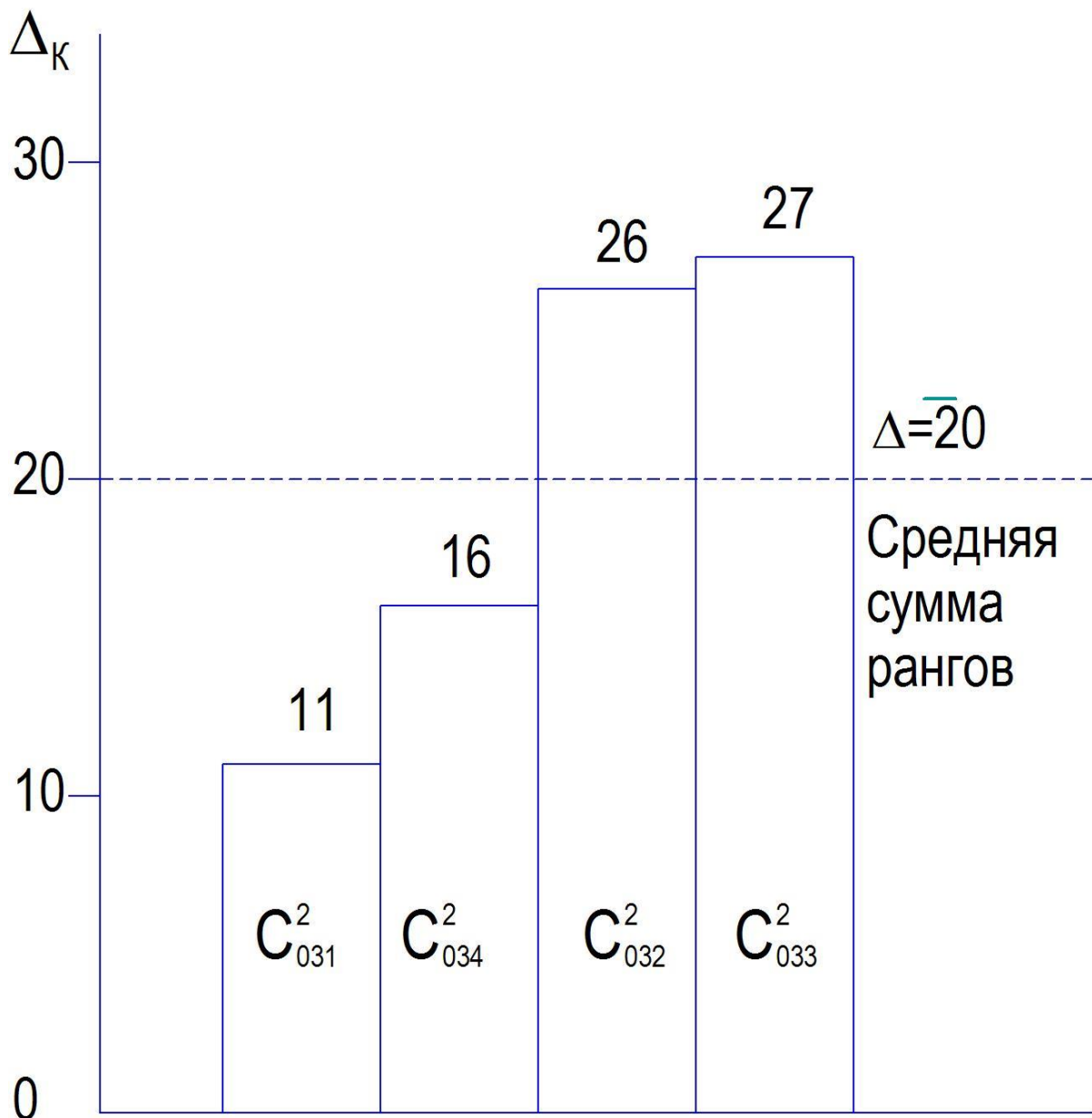


Рисунок 5 – Априорная диаграмма рангов

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1. Перечислите основные методы принятия решений?*
- 2. В чем преимущества и в чем недостатки стандартных решений?*
- 3. В чем преимущества и в чем недостатки при коллективной работе экспертов?*
- 4. Перечислите виды наиболее распространенных методов интеграции мнения специалистов, их преимущества и недостатки.*
- 5. В чем заключается сущность метода априорного ранжирования?*
- 6. Укажите преимущества и недостатки метода априорного ранжирования.*
- 7. В каких случаях применяется коэффициент конкордации Кэнделла?*
- 8. В каких случаях применяется коэффициент критерий Пирсона?*
- 9. В чем сущность метода Дельфи, приведите порядок его проведения.*
- 10. Укажите преимущества и недостатки метода Дельфи.*
- 11. Особенности проведения оценок методом опросов и интервью?*
- 12. Приведите три стиля проведения интервью?*
- 13. Комбинированные методы, методика их проведения.*

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИГРОВЫХ МЕТОДОВ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РИСКА

Цель работы: Изучить методы и приемы использования игровых методов при управлении техническими системами

Задачи работы:

1. Изучить методы принятия решений в условиях риска;
2. Определить оптимальный запас агрегатов на складе автотранспортного предприятия с использованием теории игр и статистических решений.

Одним из методов принятия решений в условиях дефицита информации является анализ рыночной, производственной или другой ситуации с использованием теории игр и статистических решений.

Смысл и содержание игры состоит в следующем.

1. Для того, чтобы произвести математический анализ ситуации, строят ее упрощенную, очищенную от второстепенных деталей модель, называемую игрой.

2. В игре функционируют стороны и рассматриваются (воспроизводятся) их возможные стратегии, т. е. совокупность правил, предписывающих определенные действия в зависимости от ситуации, сложившейся в ходе игры.

3. Если в игре выступают две стороны, то такая игра называется парной. Если в игре участвуют несколько участников, то игра называется множественной.

4. Различают игры конфликтные (антагонистические) и «игры с природой».

5. В конфликтных играх (конкуренция, спортивные соревнования, военные действия) стороны осмысленно противодействуют друг другу. Выигрыш одной стороны означает проигрыш другой.

6. Игры с природой применяются при изучении производственных ситуаций, т. е. организационных, технических и технологических задач. Их называют также играми с производством.

7. В играх с природой (производством) обычно рассматриваются две стороны:

А – организаторы производства (активная сторона), т. е. руководители инженерно-технической службы автотранспортного предприятия, станций технического обслуживания или других предприятий всех форм собственности, предоставляющих услуги потребителям;

П – совокупность случайно возникающих производственных или рыночных ситуаций («природа»).

8. Смысл игры состоит в следующем:

- активная сторона должна выбрать такую стратегию, т. е. принять решение, чтобы получить максимальный эффект. При этом «природа» т.е. складывающиеся производственные ситуации, активно и осмысленно не противодействует мероприятиям организаторов производства, но точное состояние «природы» (**П**) им неизвестно;

- принятие решений игровыми методами основывается на определенных правилах, которые регламентируют возможные варианты (стратегии) действия сторон, участвующих в игре: наличие и объем информации каждой стороны о поведении другой, результат игры, т. е. изменение целевой функции при сочетаниях определенных стратегий сторон и др.;

- в процессе игры сторона **А** или стороны оценивают ситуацию, принимают решения, делают ходы, т. е. предпринимают определенные действия по изменению ситуации в свою пользу. Ходы бывают личными, т. е. сознательный выбор стороны из возможных вариантов действий. Случайными – это выбор из ряда возможных, определяемый механизмом вероятностного отбора вариантов, а не самим участником игры. Смешанные ходы представляют комбинацию личных и случайных. Если число возможных стратегий ограничено, то игры называются конечными, а при неограниченном числе стратегий – бесконечными;

•результаты этих ходов оцениваются количественно по изменению целевой функции.

В зависимости от содержания информации, в теории игр рассматриваются методы принятия решений в условиях риска и неопределенности.

Используя понятие целевой функции (формула 3.1), задача выбора решения в условиях риска формулируется следующим образом: при заданных условиях a_n и действии внешних факторов z_k , вероятность появления которых известна, найти элементы решений x_m , по возможности обеспечивающих получение экстремального значения целевой функции.

$$ЦП=U=U(a_1, a_2, a_3...a_n; x_1, x_2, x_3...x_m; z_1, z_2, z_3...z_k) \quad (3.1)$$

Рассмотрим применение игровых методов на примере определения оптимального запаса агрегатов на складе АТП или СТО.

1. Определение сторон в игре. Очевидно, сторонами в игре являются: производство (П), которое в заданных условиях и в случайном порядке выдает то или иное число требований на замену (ремонт) агрегатов определенного наименования и организаторы производства (А), в данном случае организаторы складского хозяйства, которые комплектуют тот или иной запас агрегатов. Следовательно, имеем вариант парной игры с природой.

2. Идентификация групп факторов целевой функции:

a_n – заданные условия, т. е. как пример, это размер парка, тип, состояние и условия эксплуатации автомобилей, состояние и обустройство базы (цех, участок) для ТО и ремонта, квалификация персонала. Эта группа факторов, во-первых, определяет поток требований на обслуживание или ремонт, во-вторых, пропускную способность средств обслуживания и стоимость самого обслуживания требований;

z_k – применительно к организации складского хозяйства это возникновение того или иного числа требований на замену агрегатов, вероятность которого известна заранее;

x_m – решение организаторов производства (**A**), т. е. в рассматриваемом примере рациональный запас агрегатов, который должен поддерживаться на складе.

3. Определение вероятности появления потребности в ремонте (замене) определенного числа агрегатов q_j .

Вероятность может быть определена:

а) расчетно, на основе данных по надежности агрегата в рассматриваемых условиях эксплуатации. Так, для случая простейшего потока требований вероятность возникновения числа требований $k=0, 1, 2...$ за время t определяется по формуле Пуассона:

$$P_k(t) = \frac{(\omega \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{-\omega t}, \quad (3.2)$$

где ω – параметр потока требований $\omega = 1/\bar{x}$;

\bar{x} – средняя наработка отказа, фиксируемого данным требованием.

При расчете за смену ($t=1$) формула преобразуется:

$$P_{ka} = \frac{a^k}{k!} \cdot e^{-a}, \quad (3.3)$$

где a – среднее число требований на ремонт (замену), приходящееся на одну смену.

Например, при $a=3$ вероятность отсутствия требований на ремонт в течение смены равна:

$$P_0 = \frac{3^0}{0!} \cdot e^{-3} = 0,05;$$

т. е. вероятность возникновения одного требования $P_1=0,15$; двух $P_2=0,22$; трех $P_3=0,22$; четырех $P_4=0,16$ и т. д.

б) на основании анализа отчетных данных о требованиях на ремонт данного агрегата. При этом за определенное число смен, например, $c=100$, собираются сведения о числе требований на ремонт:

c_1 – число смен, когда требований не было;

c_2 – число смен с одним требованием;

c_3 – число смен с двумя требованиями и т. д.

$\omega_1 = \frac{c_1}{c} \approx P$ дает так называемую частоту или эмпирическую вероятность, которую можно использовать в игре. В рассматриваемом примере на основании анализа отчетных данных установлено, что ежедневно при ремонте требуется не более четырех агрегатов, причем вероятность того, что агрегаты не потребуются для ремонта в течение смены, равна $q_1=0,1$; потребуется один агрегат $q_2=0,4$; два - $q_3=0,3$; три - $q_4=0,1$ и четыре $q_5=0,1$.

4. Формирование стратегии сторон (таблица 4).

Стратегии производства (**П**) или требования рынка услуг определяются числом потребных в течение смены агрегатов n_j . Причем первая стратегия **П**₁, состоит в том, что фактически для ремонта не потребуются агрегатов ($n_1=0$), вторая **П**₂ – один агрегат, **П**₃ – два агрегата, **П**₄ – три агрегата и **П**₅ – четыре агрегата ($n_5=4$).

Таблица 4 – Стратегии сторон игры

Производство (П)			Организаторы складского хозяйства (А)	
Обозначение стратегий P_j	Необходимо агрегатов для ремонта, n_j	Вероятность данной потребности q_j	Обозначение стратегий, A_i	Имеется исправных агрегатов на складе, n_i
P_1	0	0,1	A_1 ,	0
P_2	1	0,4	A_2	1
P_3	2	0,3	A_3	2
P_4	3	0,1	A_4	3
P_5	4	0,1	A_5	4

При организации на складе запаса организаторы производства (сторона **А**) могут применить следующие стратегии: **A**₁ – не иметь запаса; **A**₂ – иметь один агрегат в запасе; **A**₃ – два; **A**₄ – три и **A**₅ –четыре агрегата. Так как потребность более четырех агрегатов за смену не была зафиксирована, то дальнейшее увеличение запасов априорно нецелесообразно. Причем определенные в таблице 4 вероятности q_j следует рассматривать как вероятность реализации стратегий стороны **П**. Полученные таким образом результаты по P_j , A_i и q_j сводим в таблицу стратегий сторон.

5. Определение последствий случайного сочетания стратегий сторон.

В реальных условиях сочетание стратегий A_i и P_j случайно, но каждому сочетанию A_i и P_j стратегий соответствуют определенные последствия b_{ij} . Например, если потребность в агрегатах для ремонта превышает их наличность на складе, то предприятие несет ущерб от дополнительного простоя автомобиля (сокращение коэффициента технической готовности α_T) в ремонте или отказа клиенту в предоставлении соответствующей услуги. Если требований на замену меньше, чем имеется агрегатов на складе, то возникают дополнительные затраты, связанные с хранением «излишних» агрегатов. Количественно последствия сочетания стратегий P_j и A_i оценивается с помощью выигрыша b_{ij} (таблица 5), который относится на предприятие (A) и может исчисляться в денежных или условных единицах. Выигрыш $b_{ij} > 0$ называется *прибылью*, а $b_{ij} < 0$ *убытком*. Природа убытка и прибыли в каждом конкретном случае может быть различной, а сами величины ущерба и прибыли должны быть строго обоснованы, так как от них зависит выбор оптимального решения. В примере удовлетворение потребности в агрегатах связано с сокращением простоев автомобилей в ремонте или сохранением клиентуры, что приносит прибыль АТП или СТО. Излишний запас вызывает дополнительные затраты на хранение агрегатов (таблица 5).

Четкое определение производственных ситуаций, стратегий сторон, вероятностей событий и их последствий является важнейшей инженерной задачей, и от качества ее выполнения зависит надежность и достоверность получаемых результатов, т. е., в конечном итоге, принимаемых решений.

Таблица 5 – Условия определения выигрыша

Ситуации	Разовый выигрыш в условных единицах	
	Убыток	Прибыль
Хранение на складе одного, фактически невостребованного агрегата	$b_1 = -1$	–
Удовлетворение потребности в одном агрегате	–	$b_2 = +2$
Отсутствие необходимого для выполнения требования агрегата на складе	$b_3 = -3$	–

6. Определение выигрышей при всех возможных в рассматриваемом примере сочетаниях стратегий $A_i P_j$, в данном случае 25 ($A_i P_j=5 \cdot 5$). Например, сочетание стратегий A_2 и P_4 означает, что потребность в агрегатах для ремонта в течение данной смены составляет (P_4) $n_5=3$ агрегата, а на складе имеется (A_2) только один агрегат. Поэтому выигрыш (табл. 6) составит $b_{24}=1 \cdot 2$ (при потребности 3 на складе имеется 1 агрегат) – $2 \cdot 3$ (две заявки не удовлетворены) $=2-6=-4$; сочетание стратегий A_4 и P_2 (необходим для замены один агрегат, на складе имеется 3) $b_{42} = 1 \cdot 2$ (одно требование удовлетворено) – $2 \cdot 2$ (два агрегата не востребованы) $= 2-2=0$ и т. д.

Выигрыши при сочетании всех возможных стратегий сторон сводятся в платежной матрице (таблица 6).

Фактически платежная матрица – это список всех возможных альтернатив, из которых необходимо выбрать рациональную стратегию A^0_i организаторов производства.

7. Выбор рациональной стратегии организаторов производства.

Наиболее простое решение возникает тогда, когда находится стратегия A_i , каждый выигрыш которой при любом состоянии P_j не меньше, чем выигрыш при любых других стратегиях. В рассматриваемом примере таких стратегий нет. Например, стратегия A_3 лучше всех других только при состоянии P_3 , но хуже стратегии A_2 при состоянии P_2 и A_4 при состоянии P_4 и т. д.

Таблица 6 – Платежная матрица

Необходимое число агрегатов и выигрыш при сочетании стратегий A_i и Π_j								Минимальный выигрыш по стратегиям (минимумы строк), α_i	
			$\Pi_j \rightarrow$	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4		Π_5
			$n_j \rightarrow$						
	A_i \downarrow	n_i \downarrow							
Имеющееся число агрегатов и выигрыш по стратегиям	A_1	0	0	-3	-6	-9	-12	-12	
	A_2	1	-1	2	-1	-4	-7	-7	
	A_3	2	-2	1	4	1	-2	-2	
	A_4	3	-3	0	3	6	3	-3	
	A_5	4	-4	-1	2	5	8	-4	
Максимальный выигрыш (максимумы столбцов), $(\beta_i)\max$			0	2	4	6	8		

В общем случае при известных вероятностях каждого состояния Π_j выбирается стратегия A_i , при которой математическое ожидание выигрыша организаторов производства будет максимальным. Для этого вычисляют средневзвешенный выигрыш по каждой строке платежной матрицы для i -й стратегии:

$$\bar{\mathbf{b}}_i = \mathbf{q}_1 \mathbf{b}_{i1} + \mathbf{q}_2 \mathbf{b}_{i2} + \dots + \mathbf{q}_n \mathbf{b}_{in} = \sum_{j=1}^n \mathbf{q}_j \mathbf{b}_{ij}. \quad (3.4)$$

Например, для ситуации A_1 из таблиц 4, 5 и 6 имеем:

$$\bar{b}_1 = 0,1 \cdot 0 - 0,4 \cdot 3 - 0,3 \cdot 6 - 0,1 \cdot 9 - 0,1 \cdot 12 = -5,1.$$

Аналогично для $\bar{b}_2 = -0,7$ и т. д.

Полученные таким образом результаты сводим в матрицу выигрышей (последний столбец таблицы 7).

Из матрицы выигрышей следует, что оптимальной стратегией, обеспечивающей максимальный средний выигрыш, является стратегия A^0_4 , т. е. необходимо постоянно иметь на складе **3** агрегата. Иными словами, если организаторы производства будут каждую смену придерживаться четвертой стратегии, то за ряд смен в конечном итоге они получают следующий выигрыш:

$\left(\bar{\mathbf{b}}_4\right)_{\max} = 1,5$ условные единицы. Но это не означает, что в отдельные смены при различном сочетании \mathbf{A}^0_4 (3 агрегата на складе) и реальной потребности в агрегатах не может быть получен убыток, например, сочетание $\mathbf{A}_4 \Pi_1$ (таблица 6).

Таблица 7 – Матрица выигрышей

$\begin{matrix} \text{Пj(nj)} \\ \text{Ai(ni)} \end{matrix}$	Произведение $\bar{\mathbf{q}}_j \cdot \mathbf{b}_{ij}$					Средний выигрыш при стратегии, $\bar{\mathbf{b}}_i$
	Π_1 ($n_1=0$)	Π_2 ($n_2=1$)	Π_3 ($n_3=2$)	Π_4 ($n_4=3$)	Π_5 ($n_5=4$)	
A ₁ (n ₁ =0)	0,	-1,2	-1,8	-0,9	-1,2	-5,1
A ₂ (n ₂ =1)	-0,1	0,8	-0,3	-0,4	-0,7	-0,7
A ₃ (n ₃ =2)	-0,2	0,4	1,2	0,1	-0,2	1,3
A ₄ (n ₄ =3)	-0,3	0	0,9	0,6	0,3	1,5
A ₅ (n ₅ =4)	-0,4	-0,4	0,6	0,5	0,8	1,1
Вероятности состояний, q _i	0,1	0,4	0,3	0,1	0,1	—

8. Полученные результаты по изменению выигрыша в зависимости от запаса агрегатов на складе (стратегий А) изображаем графически (рис. 6).

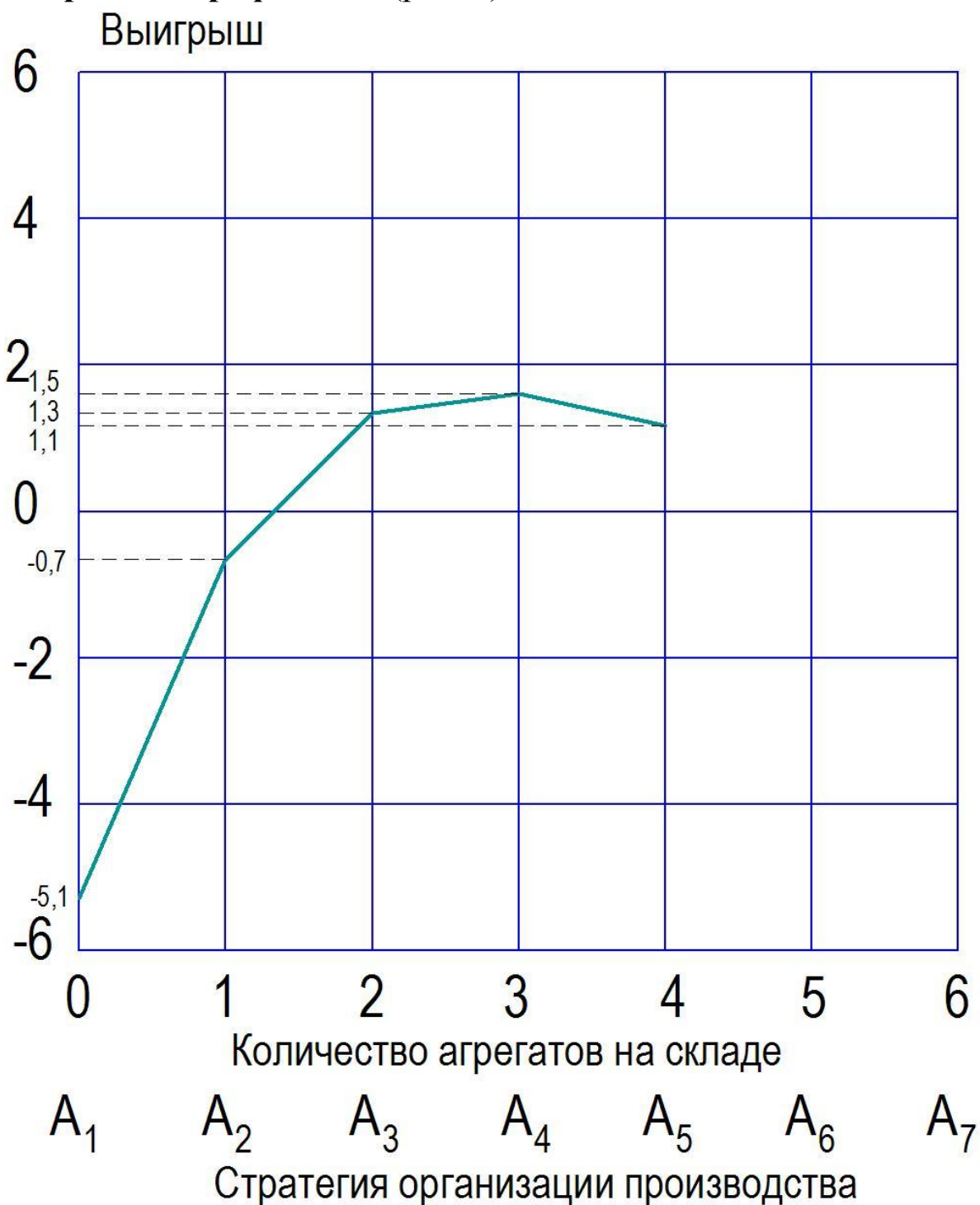


Рисунок 6 – Определение оптимального запаса агрегатов методами игровых ситуаций при принятии решения в условиях риска

9. Анализ полученных решений. Данные таблицы 7 и рисунка 6 позволяют сделать следующие практические выводы. Во-первых, определена оптимальная стратегия (A_4^0), придерживаясь которой организаторы производства получают гарантированный выигрыш в 1,5 условные единицы. Очевидно, наличие на складе агрегатов в количестве 3 единицы является заданным целевым нормативом для организаторов складского хозяйства предприятия $ЦН=n_4=3$ агрегата. Как следует из рисунка 6, нецелесообразным является не только сокращение по сравнению с оптимальным, но и чрезмерное увеличение оборотного фонда. Необходимо еще раз отметить, что стратегия A_4^0 является оптимальной при многократном ее применении, т. е. в среднем для повторяющихся ситуаций. Для разовых реализаций она может быть и неоптимальной. Например, при $П_1$ (исходный вариант) она дает убыток, а для $П_5$ прибыль будет меньше, чем при использовании стратегии A_5 . Во-вторых, выявлена зона рационального запаса агрегатов на складе, при котором предприятию гарантирован доход, т. е. $\bar{b}_i > 0$. Такой зоной является наличие на складе $n_i=3\pm 1$ агрегатов, что соответствует стратегиям A_3, A_4^0, A_5 . Эту зону, как показано на рисунке 6, следует рассматривать в качестве интервальной оценки целевого норматива для организаторов складского хозяйства.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как классифицируются методы принятия решений?
2. Что дает специалисту владение стандартными методами принятия решений?
3. От чего зависит показатель эффективности (целевая функция)?
4. В чем заключается разница между риском и неопределенностью?
5. Какие вы знаете виды рисков и неопределенностей?
6. Применение теории игр при анализе рыночных и производственных ситуаций. Смысл и содержание игры.

7. Условия и особенности принятия решения в условиях определенности.

8. Условия и особенности принятия решения в условиях неопределенности.

9. Условия и особенности принятия решения в конфликтных ситуациях.

10. В чем принципиальная разница максиминного и минимаксного критериев?

11. На чем основан максиминный критерий?

Список использованных библиографических источников

1. Будюкин, А.М. Основы работоспособности технических систем: учебное пособие / А.М. Будюкин. – Санкт-Петербург: ПГУПС, [б. г.]. – Часть 1: Технические системы: качество, работоспособность, диагностика, 2017. – 104 с.
2. Волков, В.В. Управление непрерывными процессами в технических системах: учебное пособие / В.В. Волков, И.И. Коновалова, А.Д. Семенов. – Пенза: ПензГТУ, 2011. – 270 с.
3. Галустов, Г.Г. Математическое моделирование и прогнозирование процессов в технических системах: учебное пособие / Г.Г. Галустов, А.В. Седов. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2016. – 107 с.
4. Гуджоян, О.П. Методы принятия управленческих решений / О.П. Гуджоян, А.А. Землянский, В.И. Коноплянко. – Москва: МАДИ. 1997. – 154 с.
5. Деменков, Н.П. Управление техническими системами: учебное пособие / Н.П. Деменков, Г.Н. Васильев. – Москва: МГТУ им. Баумана, 2013. – 399 с.
6. Деменков, Н.П. Управление в технических системах: учебное пособие / Н.П. Деменков, Е.А. Микрин. – Москва: МГТУ им. Баумана, 2017. – 452 с.
7. Кузнецов, Е.С. Управление техническими системами: учебное пособие / Е.С. Кузнецов. – М: МАДИ, 1998. – 202 с.
8. Кузнецов, Е.С. Управление техническими системами: учебное пособие / Е.С. Кузнецов. – Москва: МАДИ, 2001. – 262 с.
9. Островский, Г.М. Технические системы в условиях неопределенности: анализ гибкости и оптимизация: учебное пособие / Г.М. Островский, Ю.М. Волин. – 2-е изд. (эл.). – Москва: Лаборатория знаний, 2015. – 322 с.
10. Смирнов, Ю.А. Управление техническими системами: учебное пособие / Ю.А. Смирнов. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 264 с.
11. Стенина, Н.А. Управление техническими системами: учебное пособие / Н.А. Стенина, Д.В. Цыганков. – Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2018. – 125 с.
12. Управление техническими системами: методические указания / составители В. В. Ченцов, Е. М. Семенов. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2016. – 28 с.
13. Ченцов, В.В. Управление техническими системами: учебно-методическое пособие / В.В. Ченцов, И.В. Пашковский. – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2014. – 52 с.
14. Шаталов, Е.В. Управление техническими системами: учебное пособие / Е.В. Шаталов, В.А. Иванников, В.А. Зеликов. – Воронеж: ВГЛТУ, 2018. – 46 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Схема высшего, первого и второго ярусов дерева систем технической эксплуатации автомобилей



Обозначение на рисунке:

C²₀₁₁ – маркетинговый анализ рынка услуг (спрос, содержание, конкуренция);

C²₀₁₂ – внутренняя потребность предприятия;

C²₀₁₃ – оценка возможностей собственного производства (объем услуг, цены, предложения);

C²₀₁₄ – диверсификация и расширение сфер деятельности предприятия;

C²₀₁₅ – корректирование производственной программы предприятия с учетом внутренних и внешних потребностей;

C²₀₂₁ – применение обоснованных нормативов системы;

C²₀₂₂ – обеспечение выполнения рекомендаций и нормативов системы;

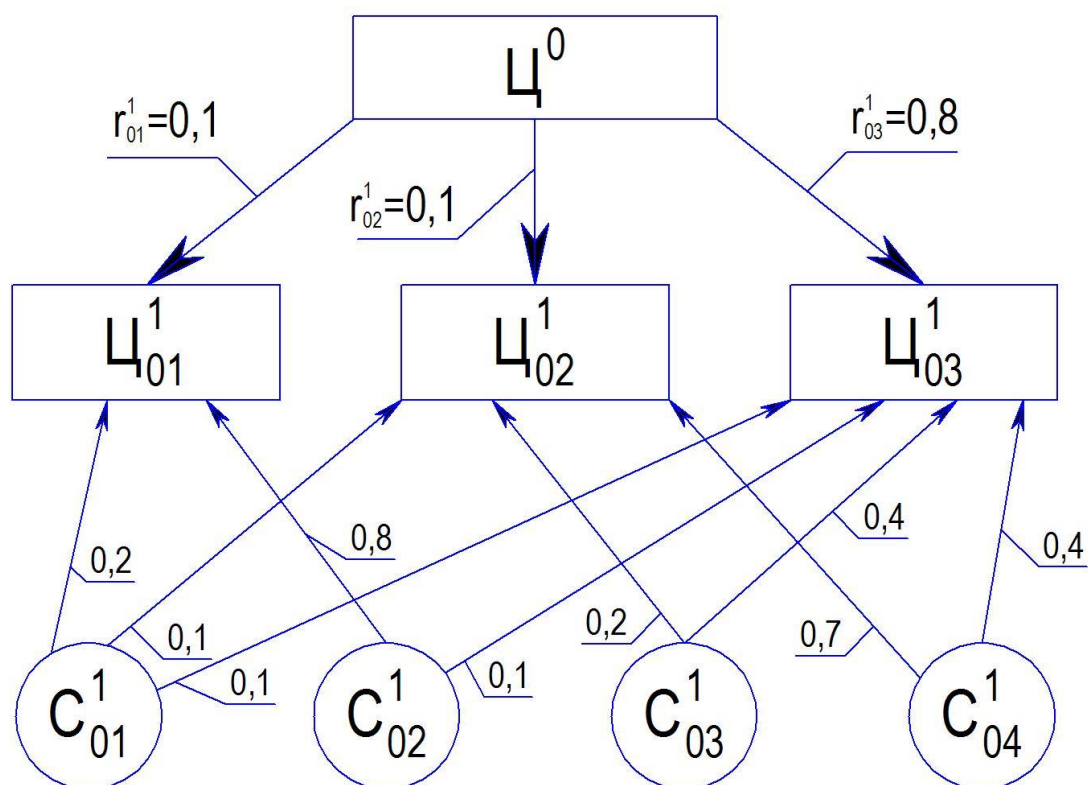
C²₀₂₃ – совершенствование технологии, организации и управления процессами ТО и Р;

Окончание приложения А

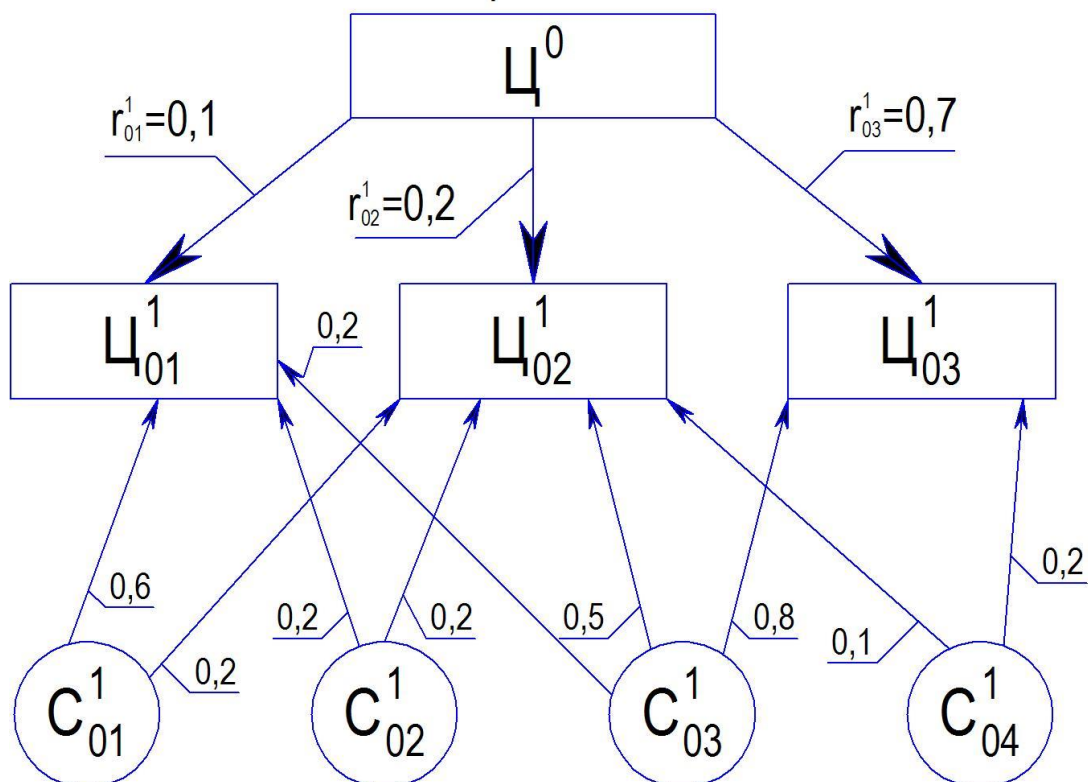
- S^2_{024} – обеспечение рабочих мест и исполнителей рациональной технологической и др. документацией;
- S^2_{025} – компьютеризация и индивидуализация учета и отчетности при технической эксплуатации автомобилей;
- S^2_{026} – совершенствование проектной документации по строительству и реконструкции предприятий;
- S^2_{027} – повышение адаптивности к изменению конструкций изделий, условиям работы;
- S^2_{031} – обеспеченность производственно-технической базой;
- S^2_{032} – оптимизация мощности и структуры базы;
- S^2_{033} – оптимизация пропускной способности средств обслуживания;
- S^2_{034} – выбор средств механизации, автоматизации и роботизации ТО и ремонта;
- S^2_{035} – специализация предприятий ПТБ;
- S^2_{036} – кооперация предприятий ПТБ на отраслевом и региональном уровнях;
- S^2_{041} – обеспечение предприятия персоналом;
- S^2_{042} – повышение квалификации персонала;
- S^2_{043} – совершенствование систем стимулирования персонала;
- S^2_{044} – обеспечение стабильности трудовых коллективов;
- S^2_{045} – повышение престижности профессий;
- S^2_{046} – развитие коллективных форм работы персонала;
- S^2_{051} – совершенствование структуры системы снабжения;
- S^2_{052} – применение рациональных норм расхода топлив, масел и др. материалов;
- S^2_{053} – обеспечение оптимальных запасов и методов их пополнения;
- S^2_{054} – совершенствование процесса обмена изделий при капитальном ремонте (КР);
- S^2_{055} – совершенствование процессов заказа и приобретения новых автомобилей, комплектующих изделий, материалов, включая лизинг;
- S^2_{056} – создание резерва производственных площадей, оборудования, персонала;
- S^2_{057} – создание резерва исправных автомобилей;
- S^2_{061} – выбор рациональных типов и моделей автомобилей;
- S^2_{062} – выбор эксплуатационных материалов;
- S^2_{063} – повышение качества восстановления и КР изделий;
- S^2_{064} – изменение структуры парка (тип, грузоподъемность, вместимость, применяемое топливо и др.);
- S^2_{065} – управление возрастной структурой парка, рациональные сроки службы;
- S^2_{066} – повышение уровня унификации изделий и материалов;
- S^2_{071} – учет природно-климатических условий;
- S^2_{072} – учет дорожных условий;
- S^2_{073} – учет транспортных условий и интенсивности использования изделий;
- S^2_{074} – выбор автомобилей, комплектующих изделий, материалов с учетом условий эксплуатации;
- S^2_{075} – использование автомобилей с учетом возраста, состояния и условий эксплуатации.

Приложение Б – Индивидуальное задание к лабораторной работе № 1

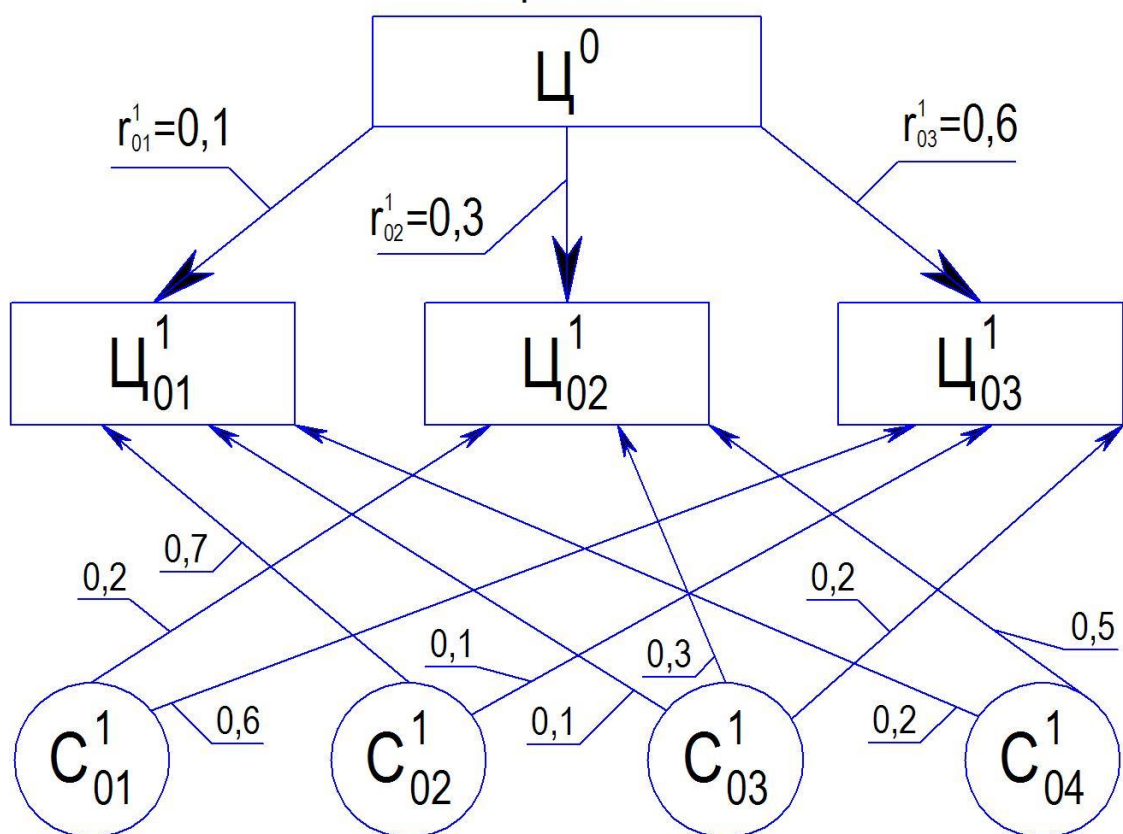
Вариант 1



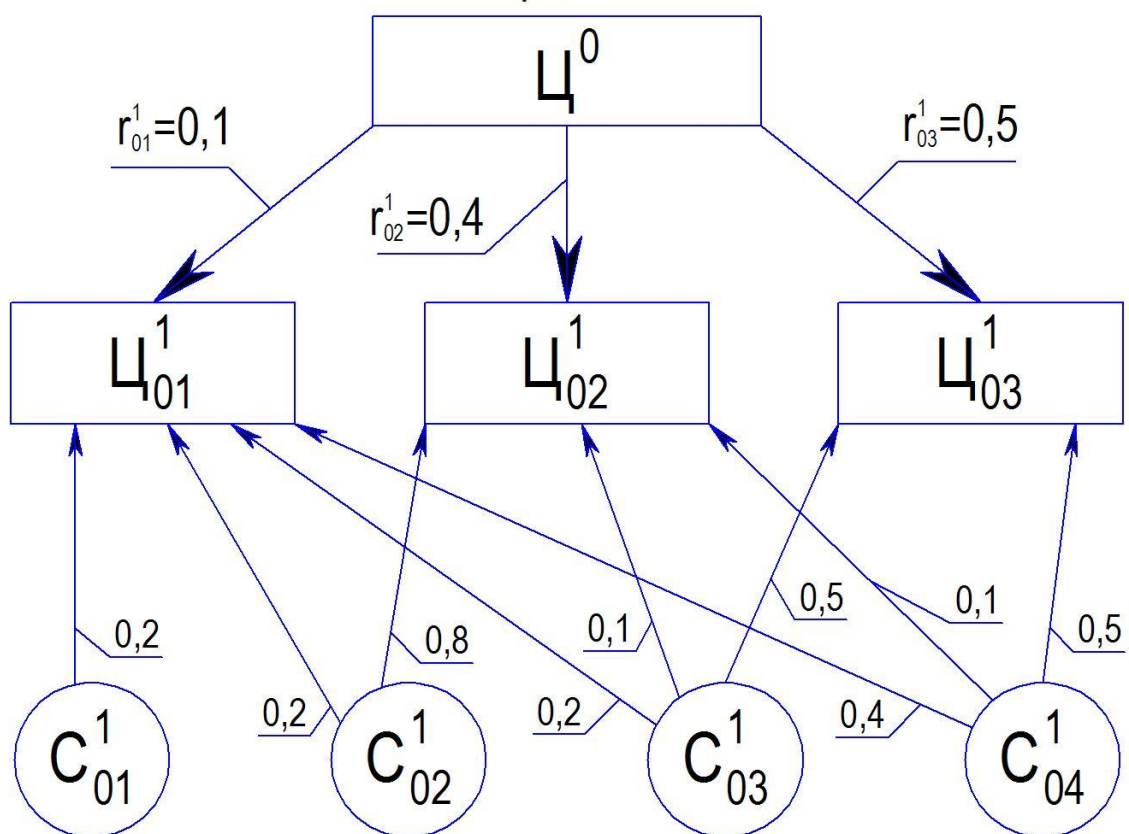
Вариант 2



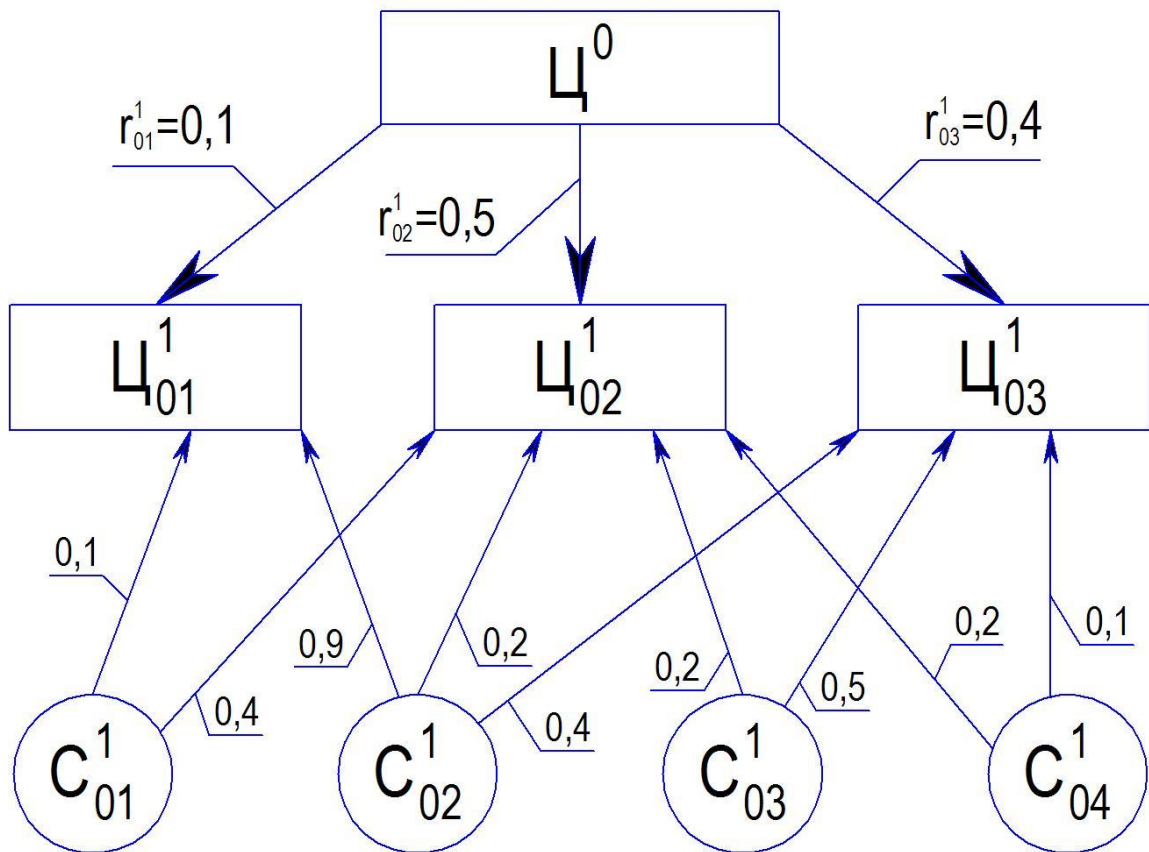
Вариант 3



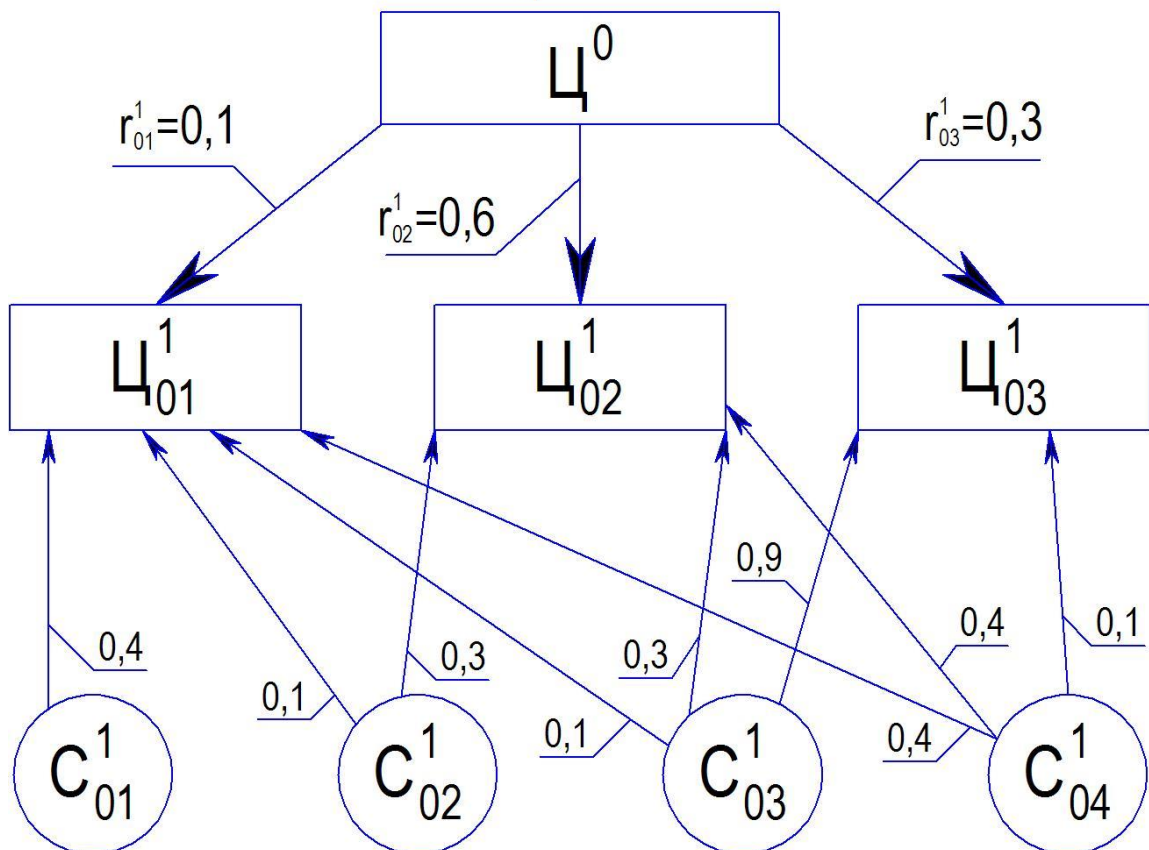
Вариант 4



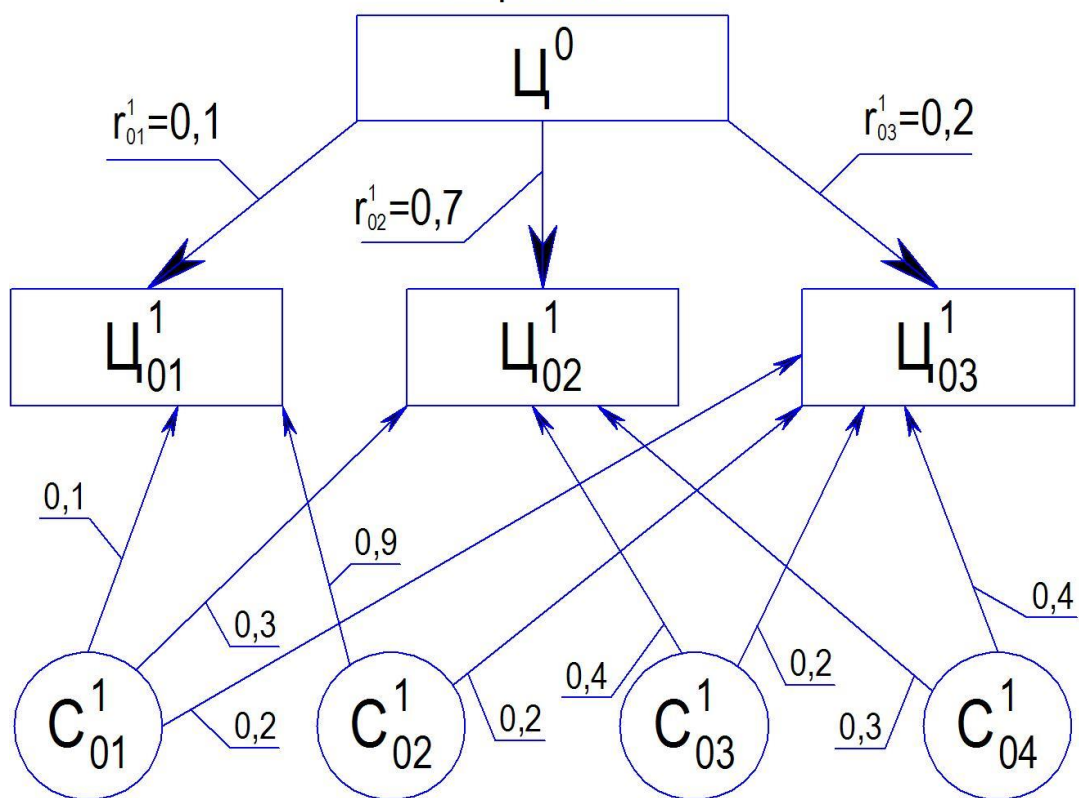
Вариант 5



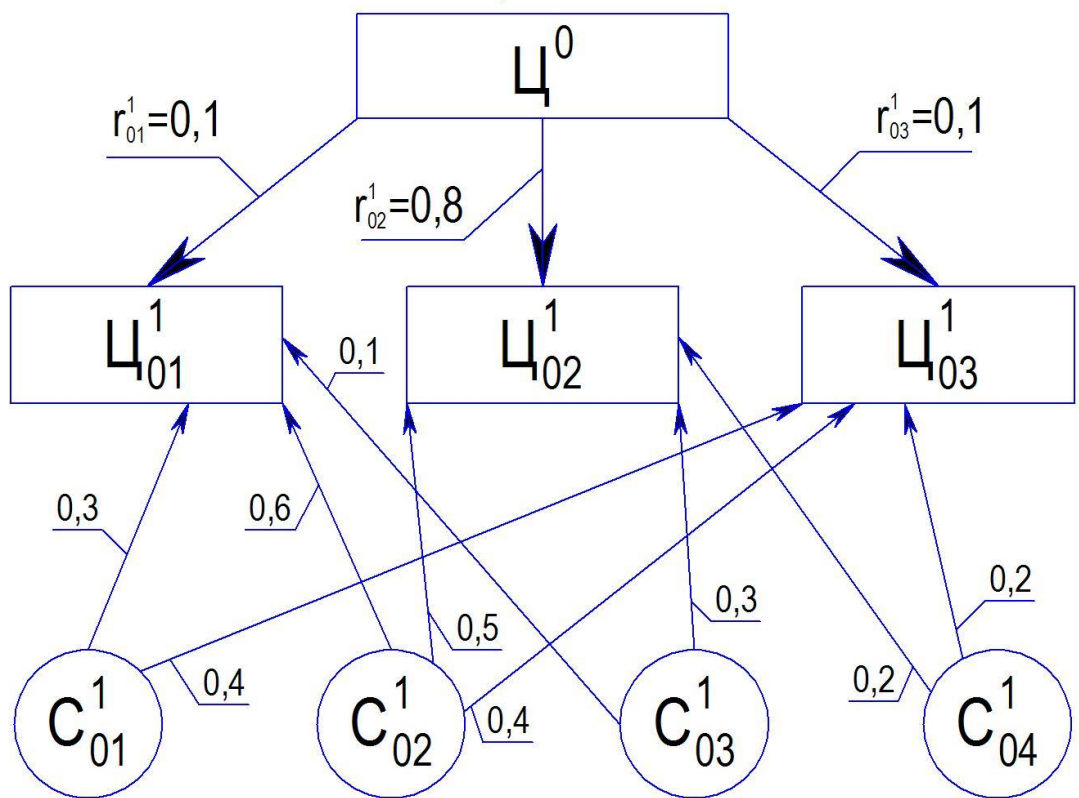
Вариант 6



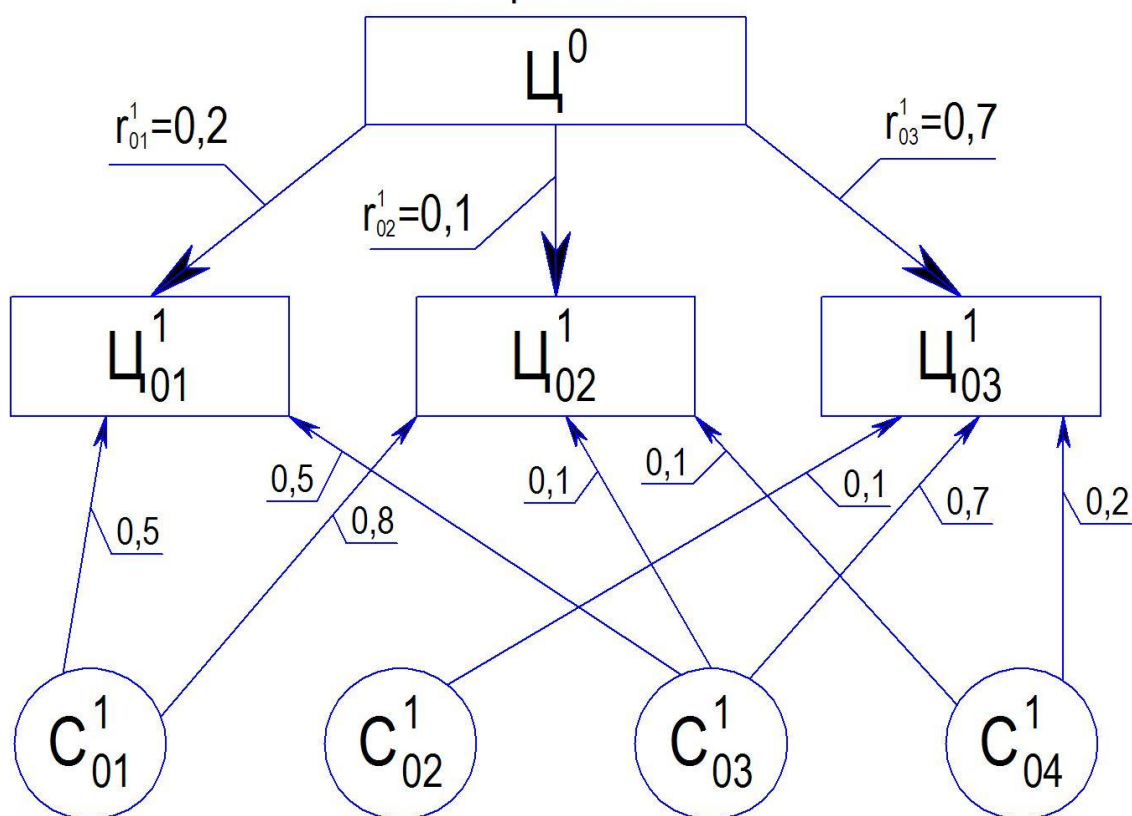
Вариант 7



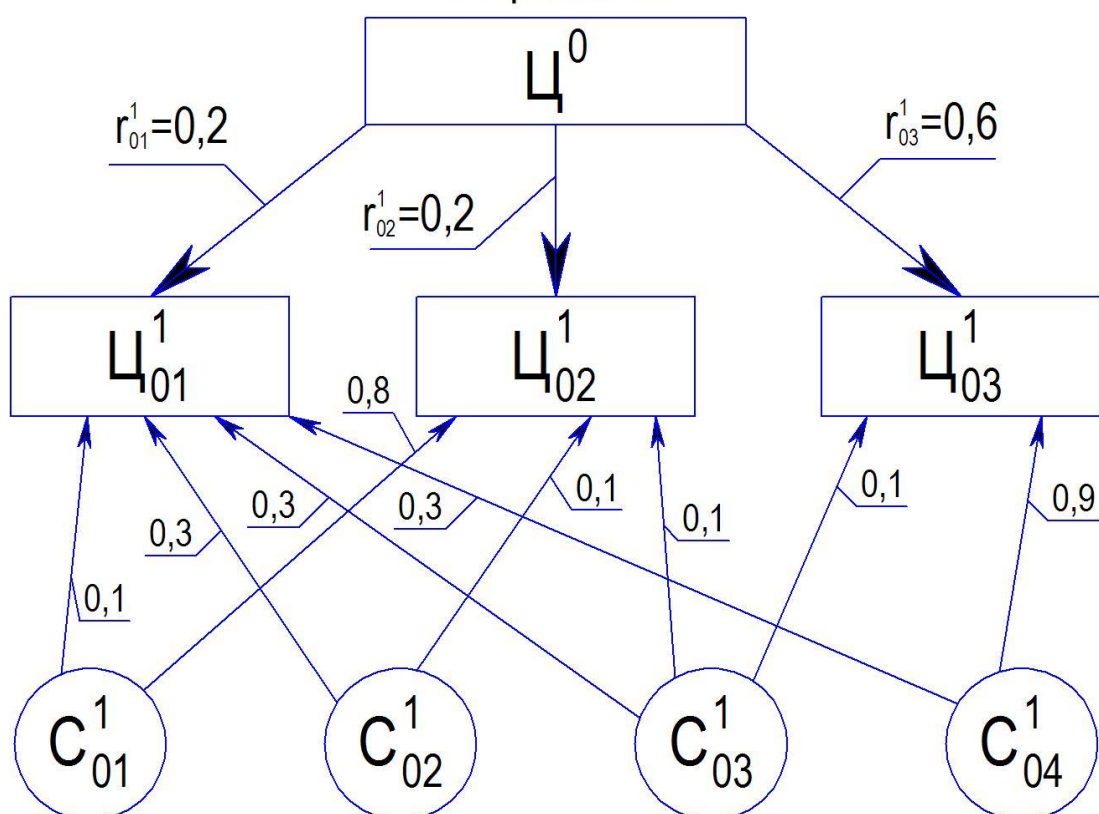
Вариант 8



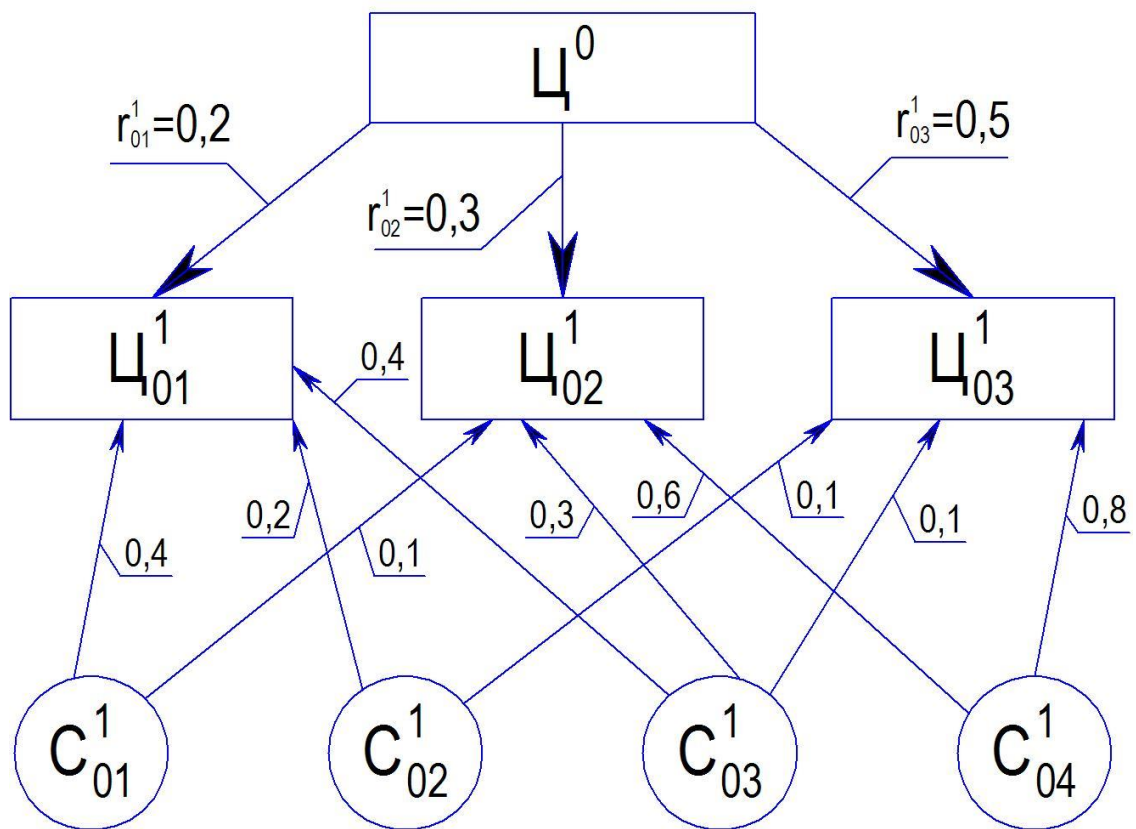
Вариант 9



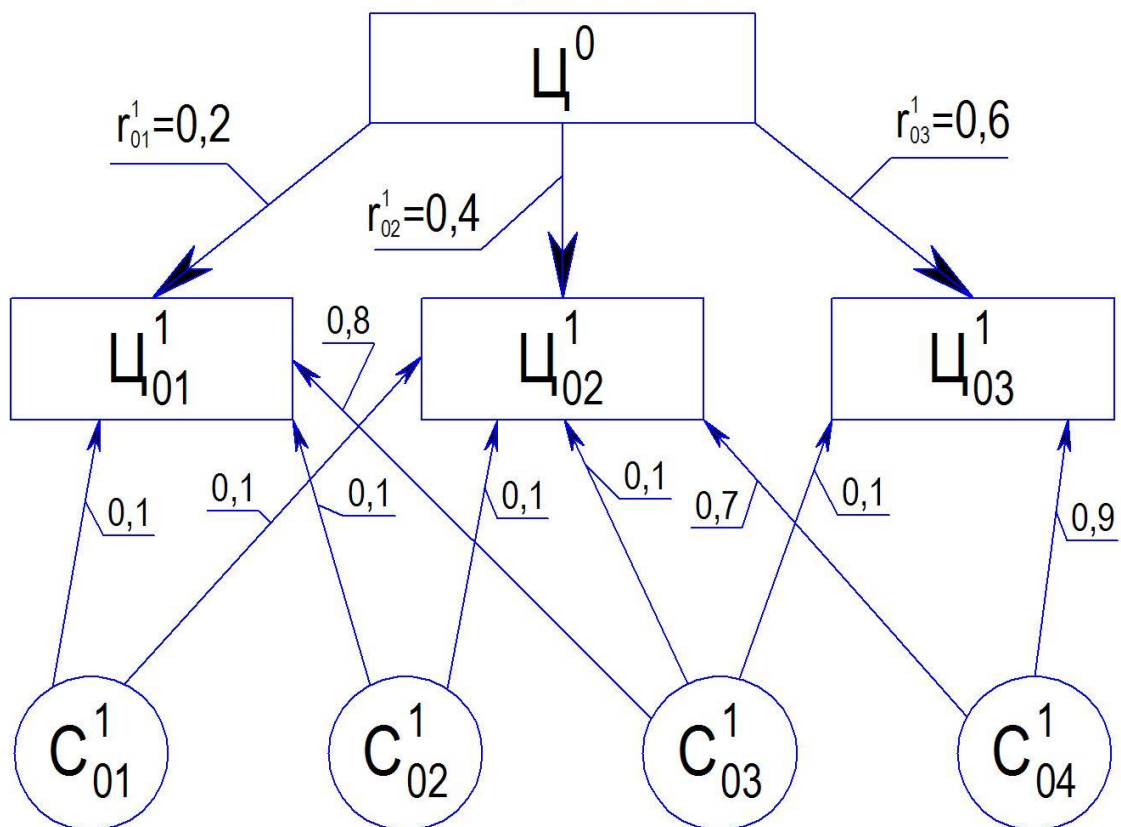
Вариант 10



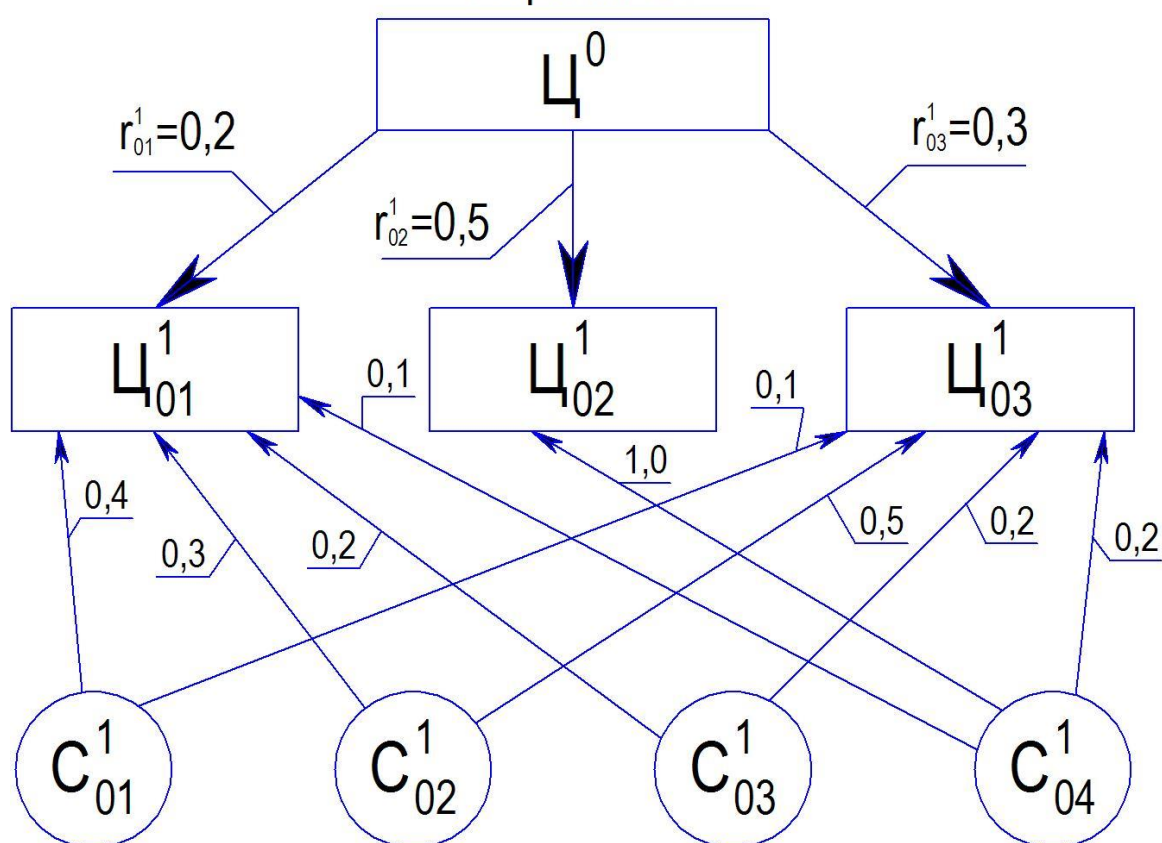
Вариант 11



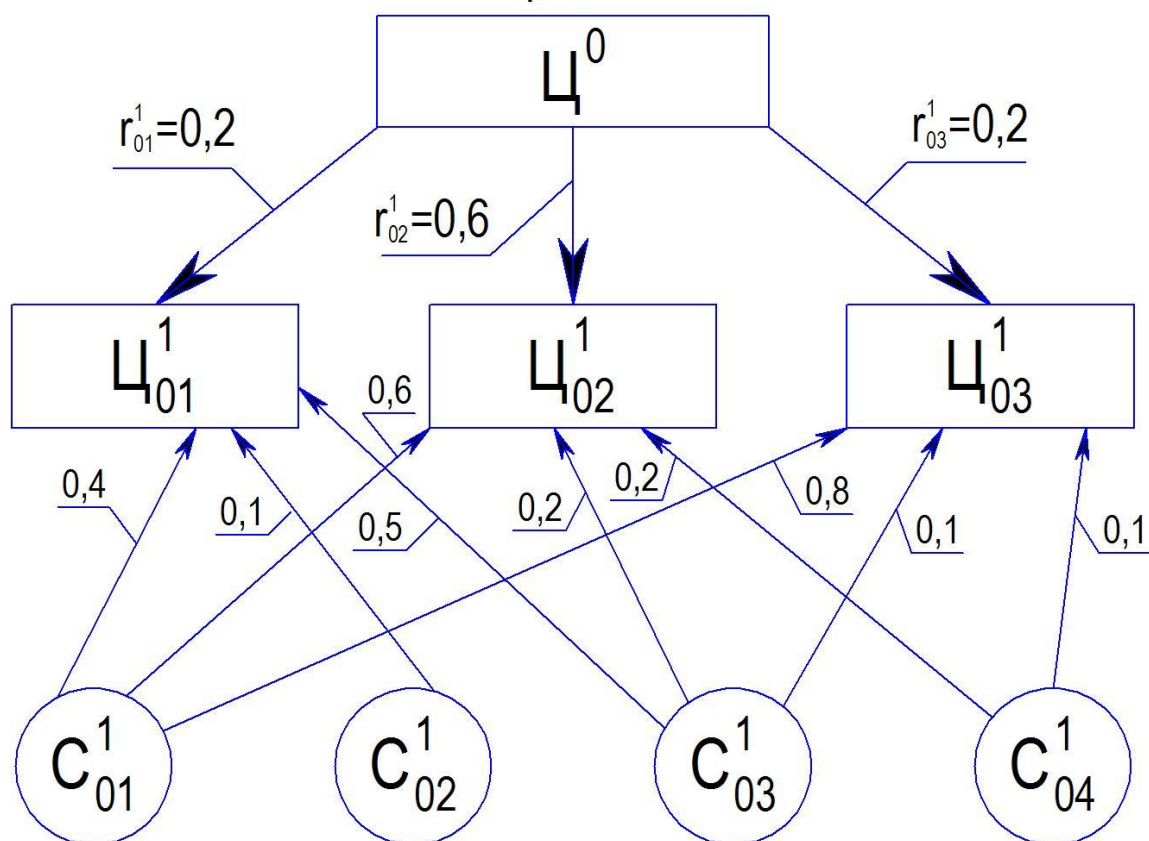
Вариант 12



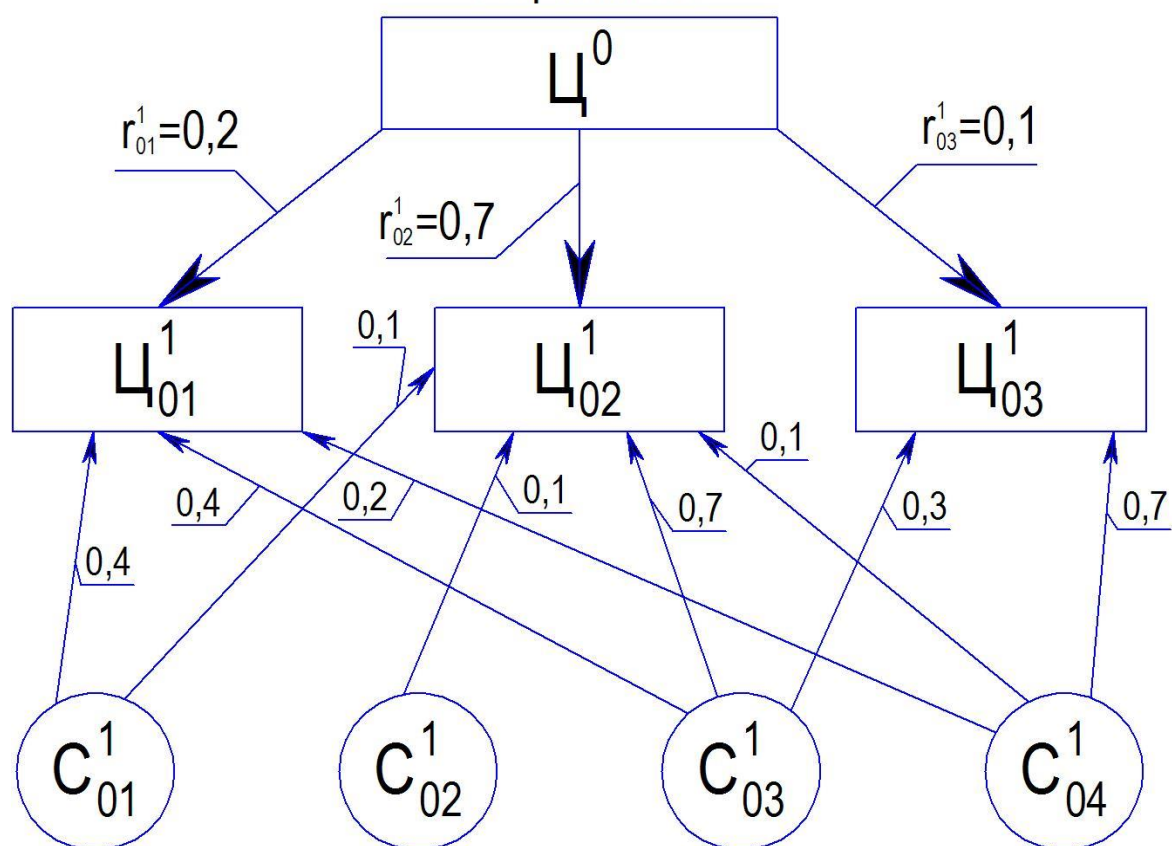
Вариант 13



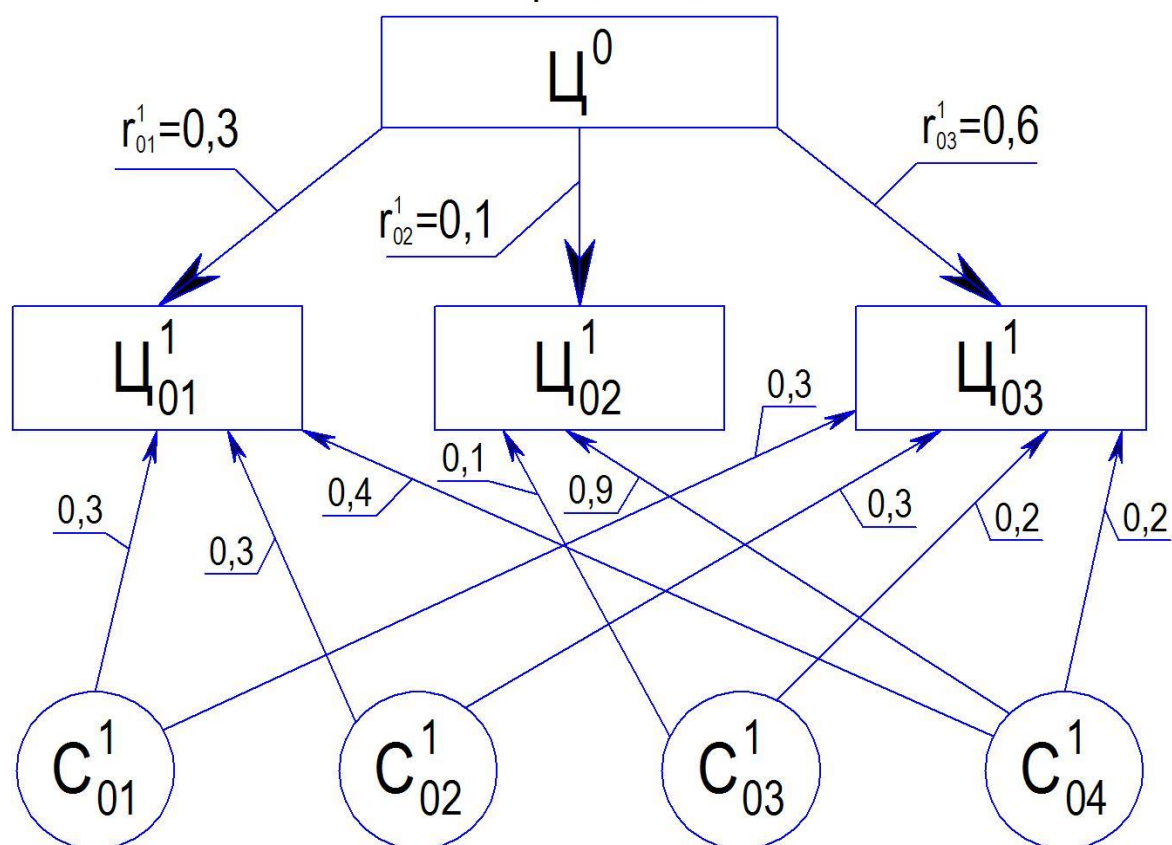
Вариант 14



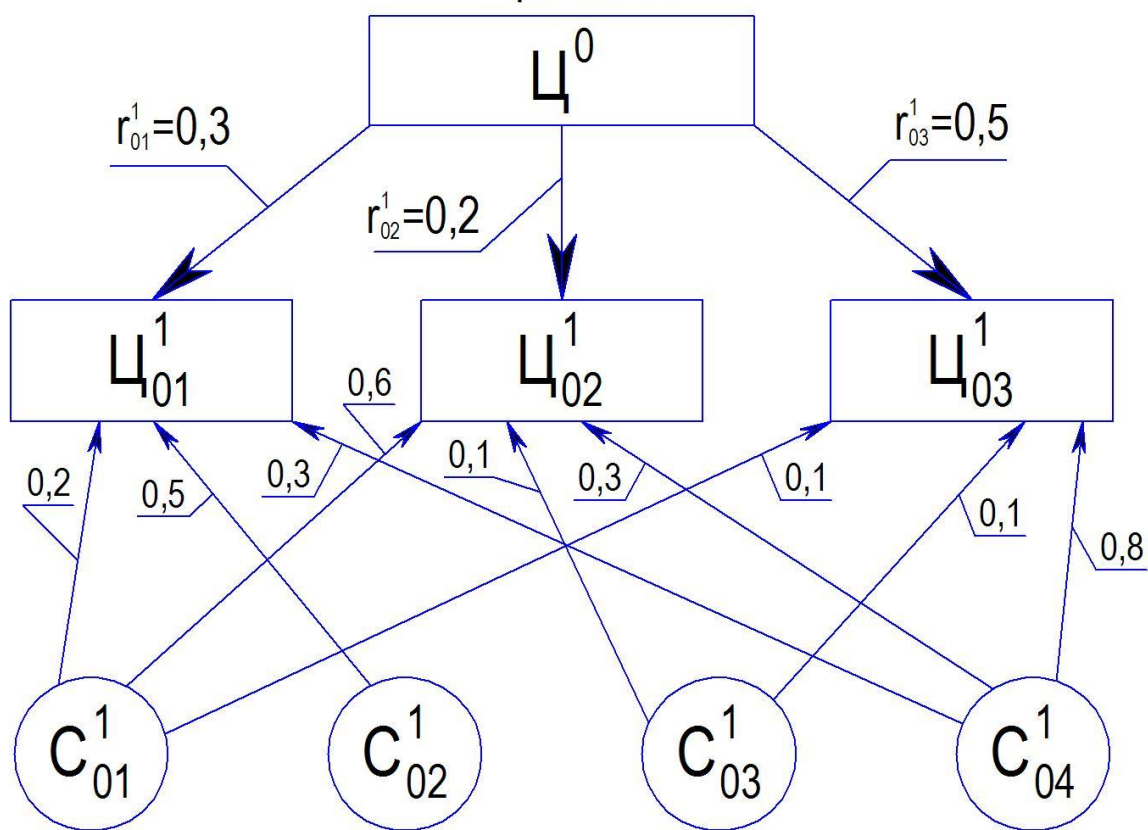
Вариант 15



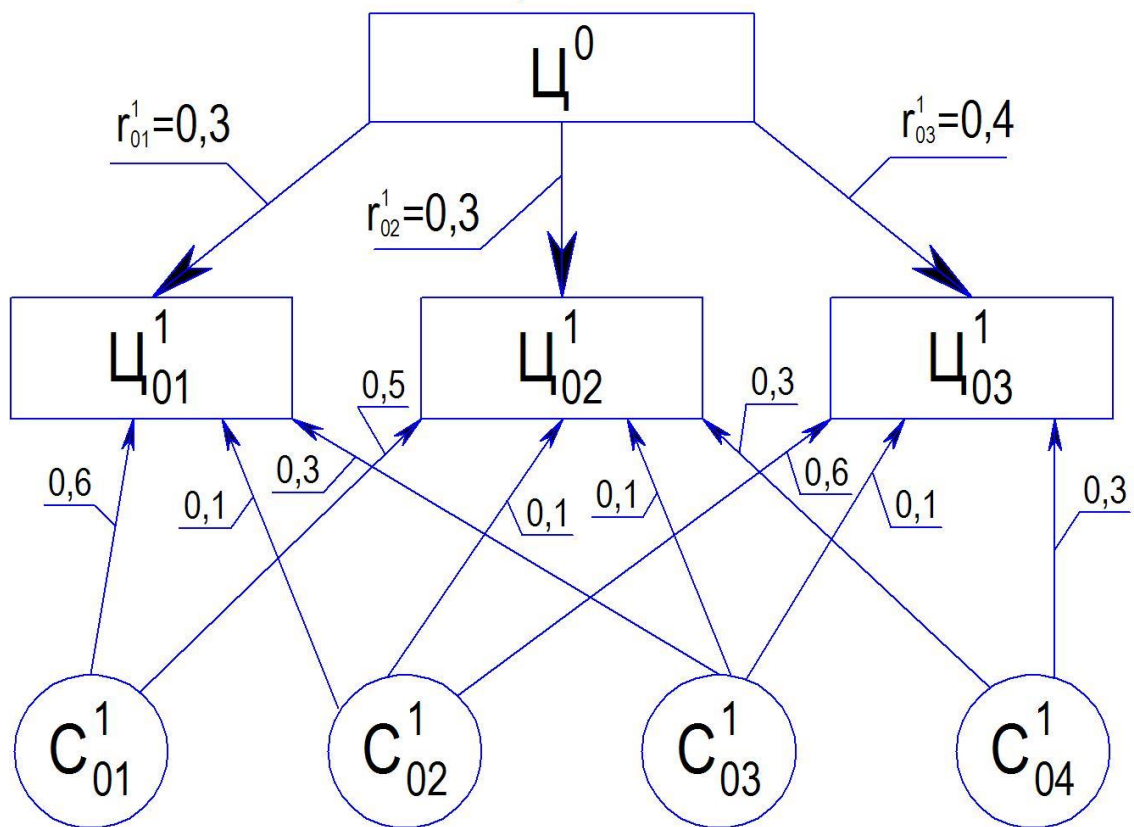
Вариант 16



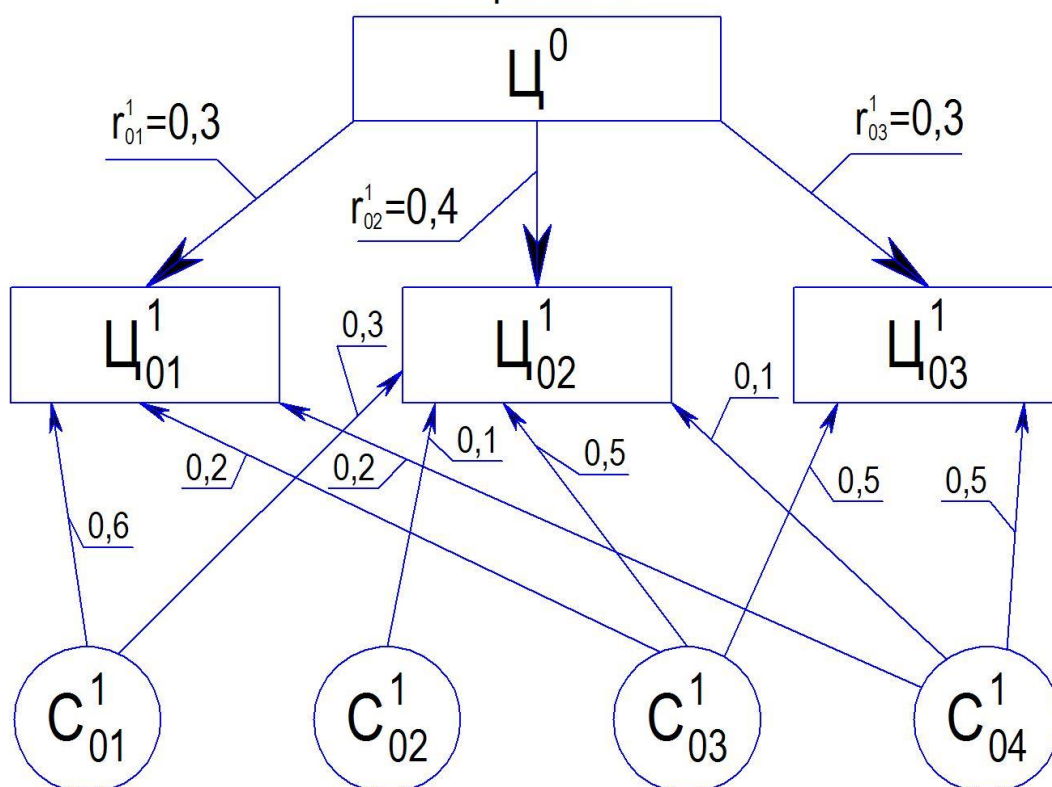
Вариант 17



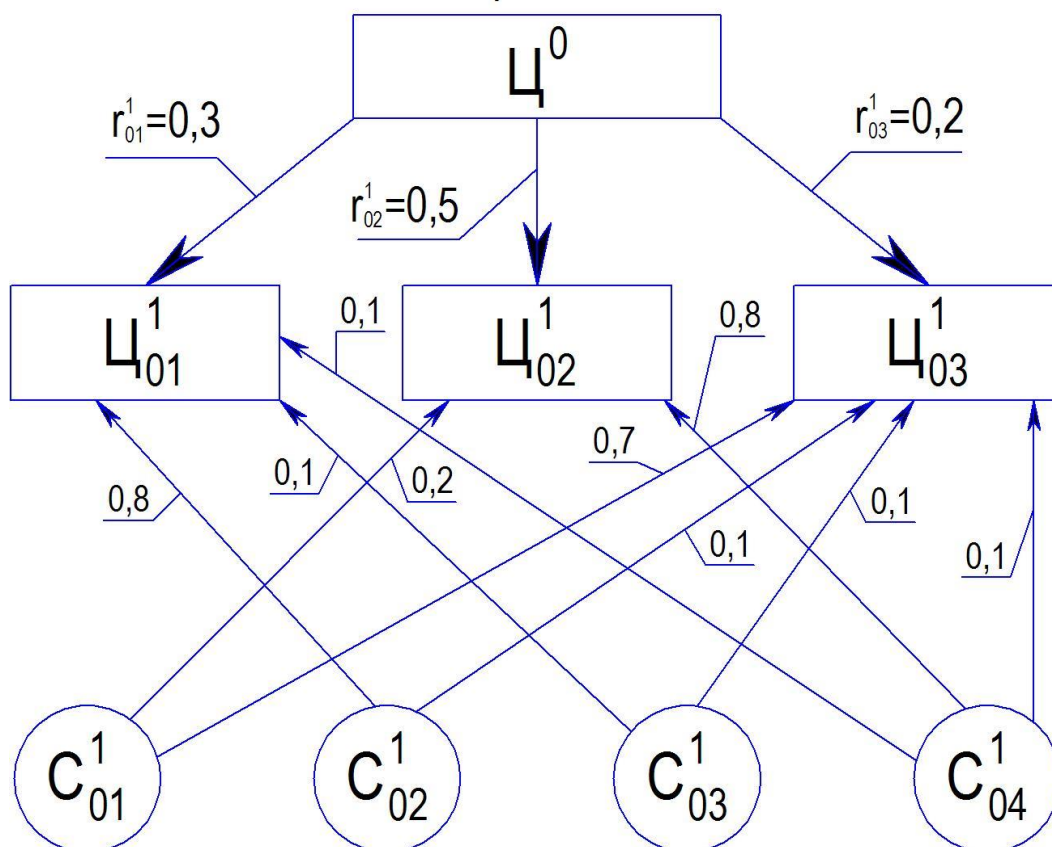
Вариант 18



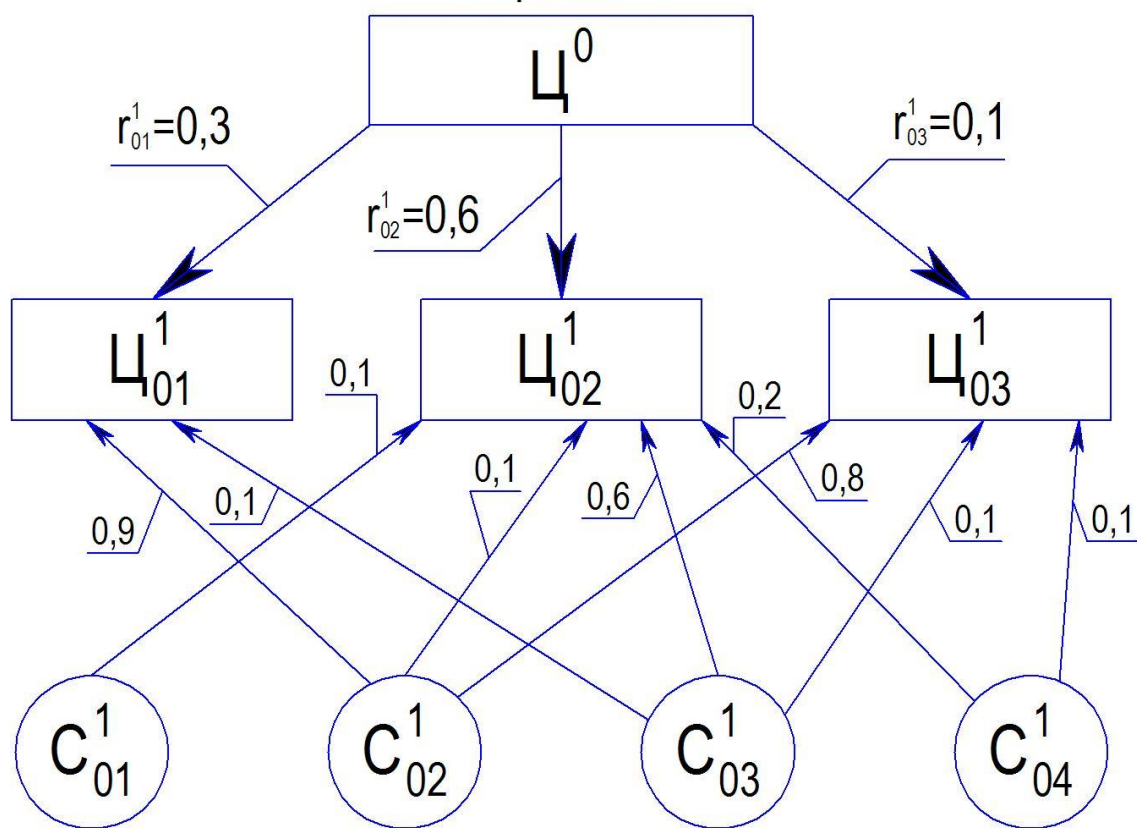
Вариант 19



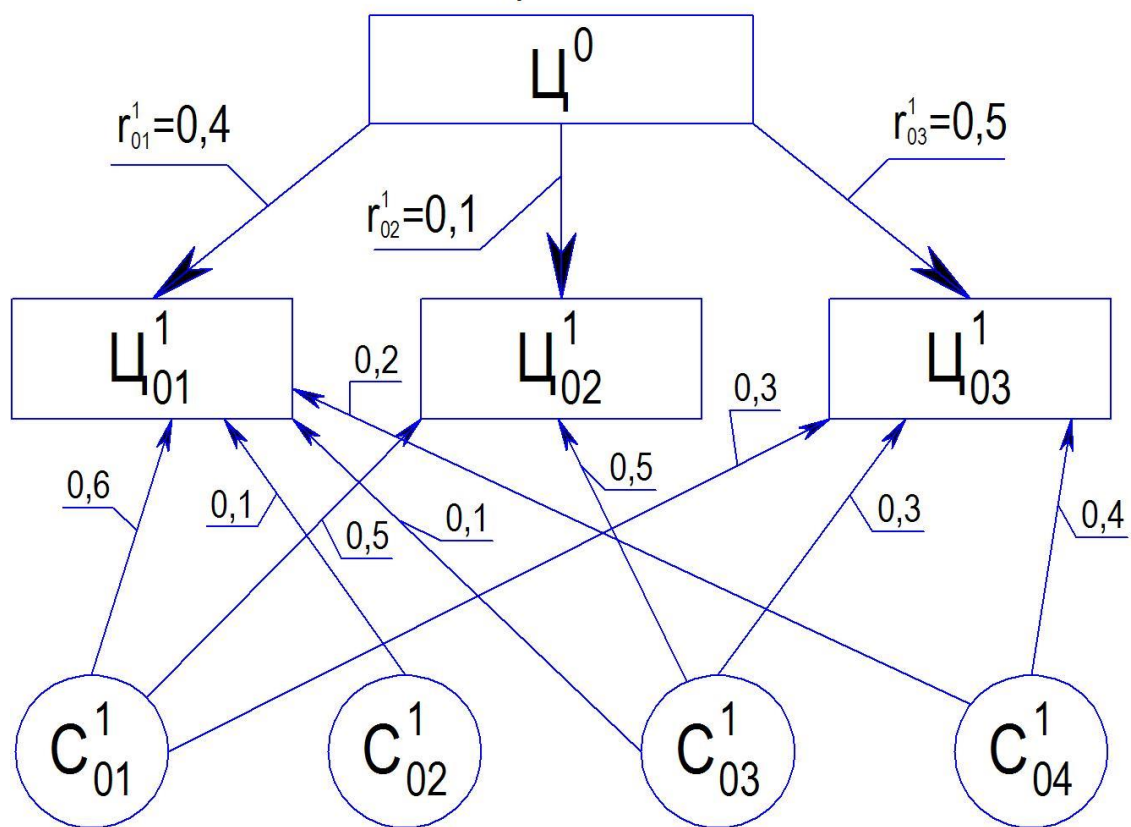
Вариант 20



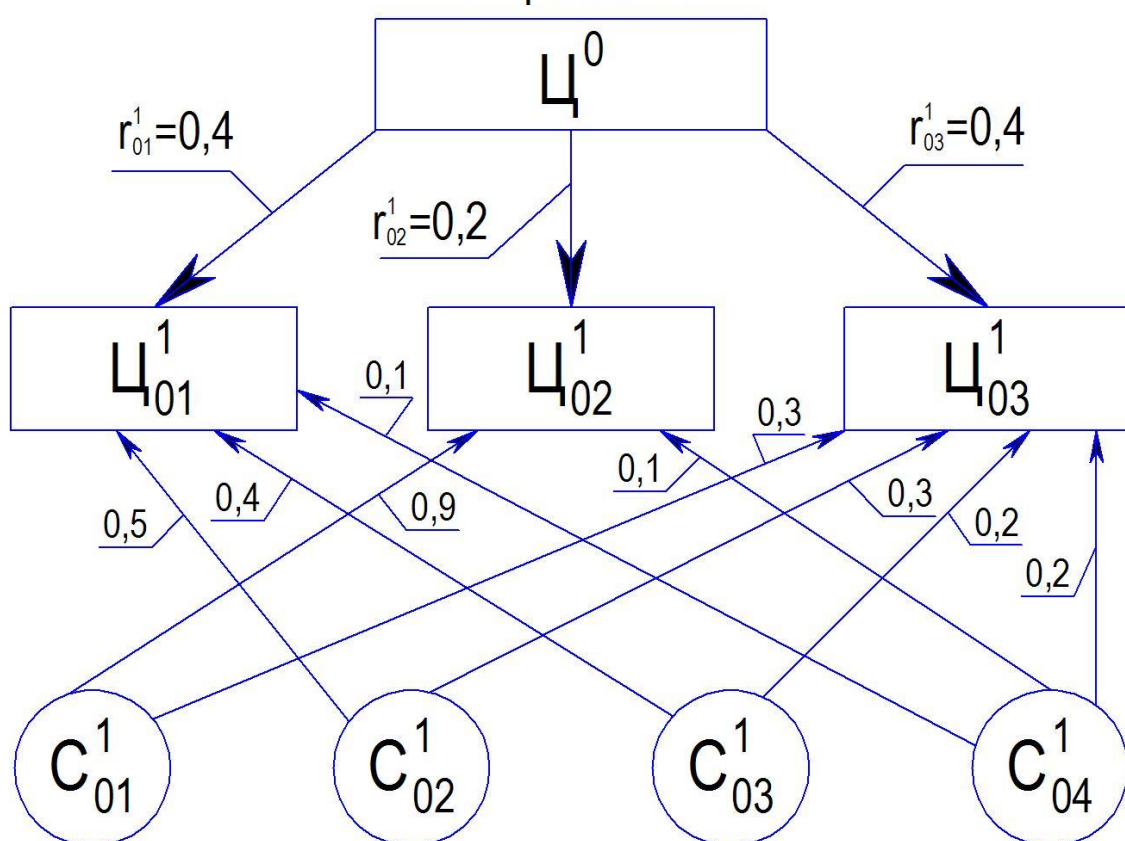
Вариант 21



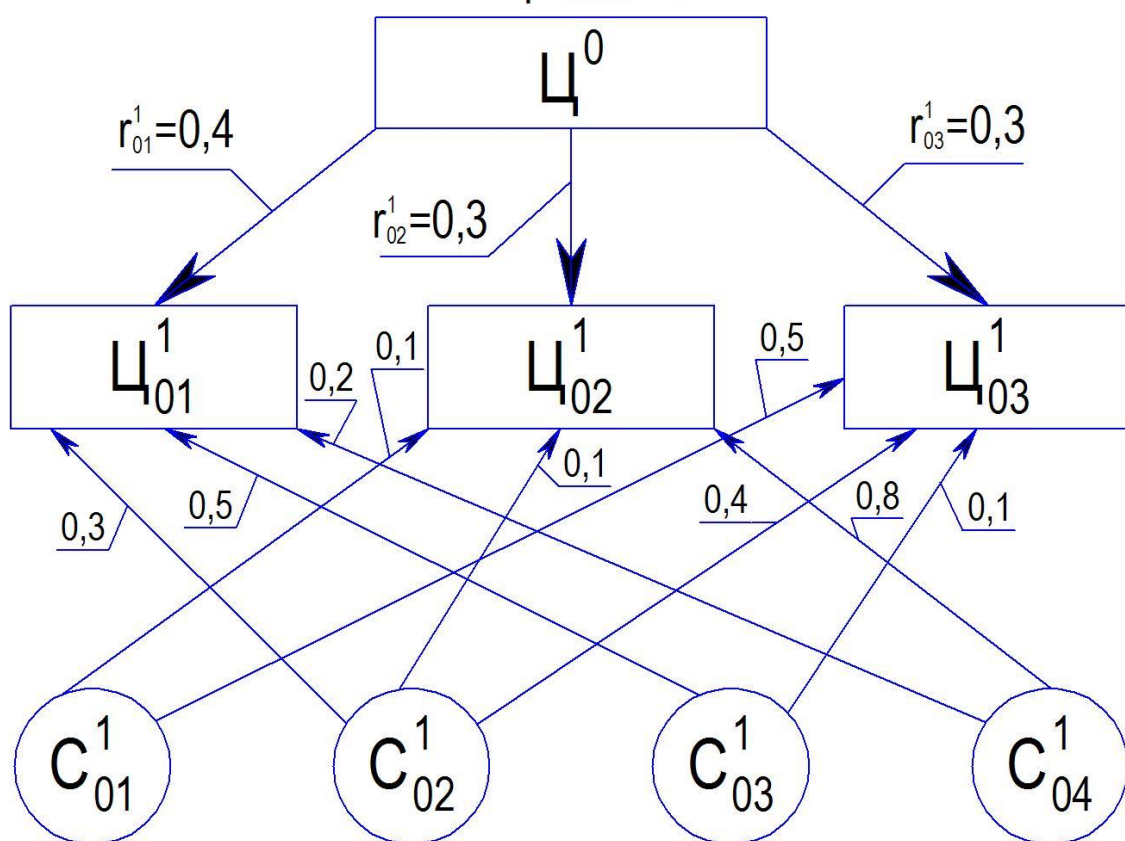
Вариант 22



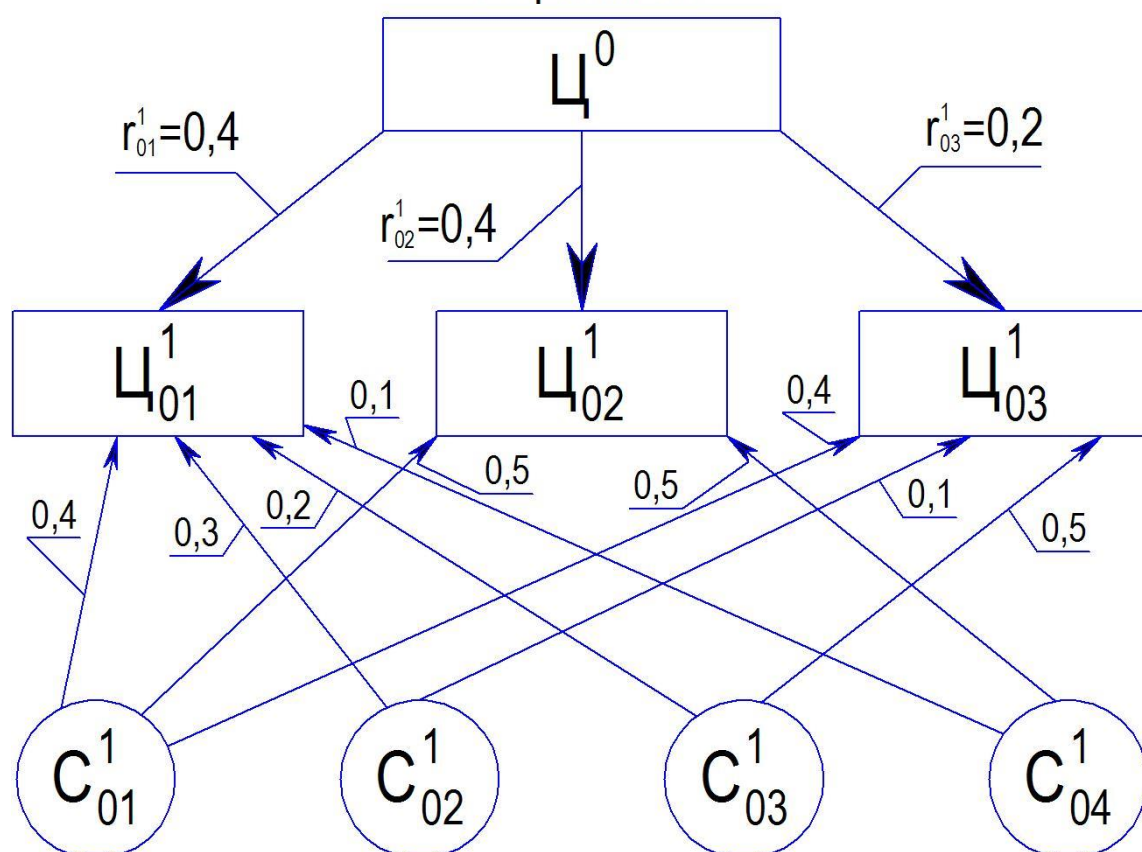
Вариант 23



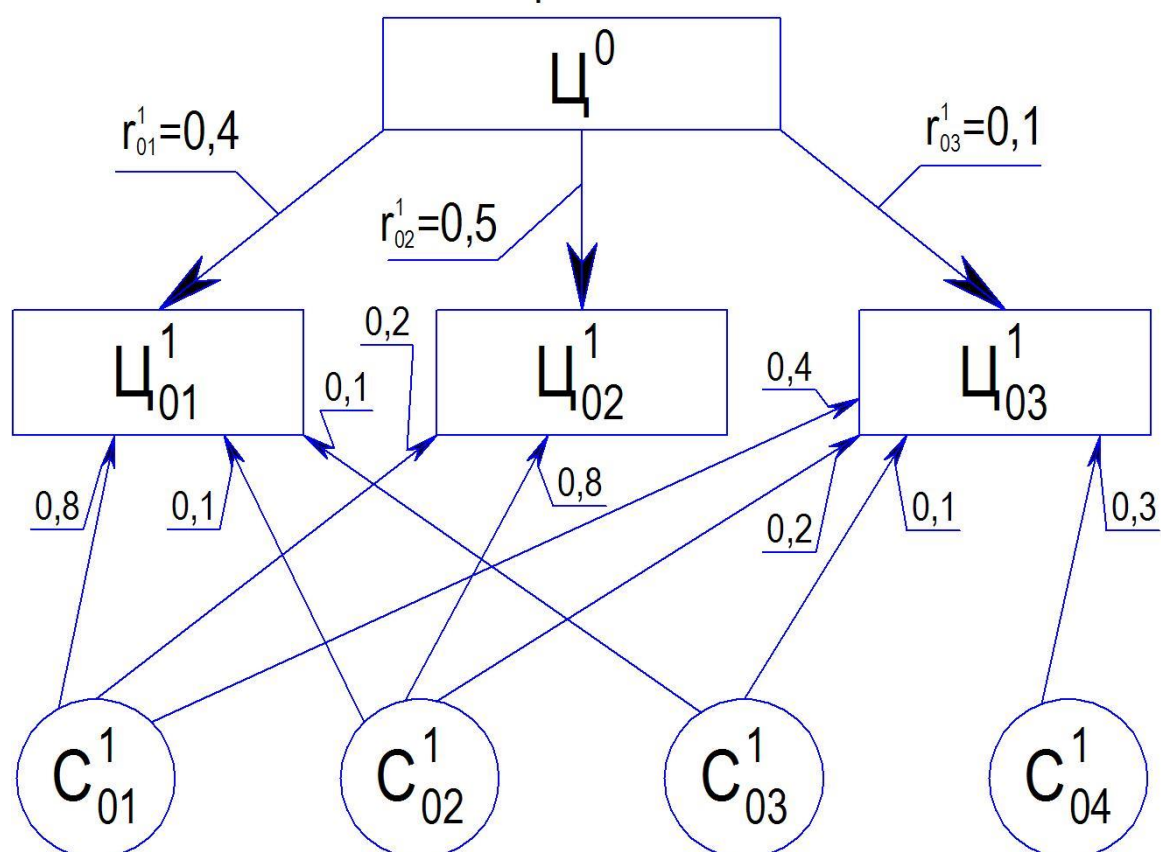
Вариант 24



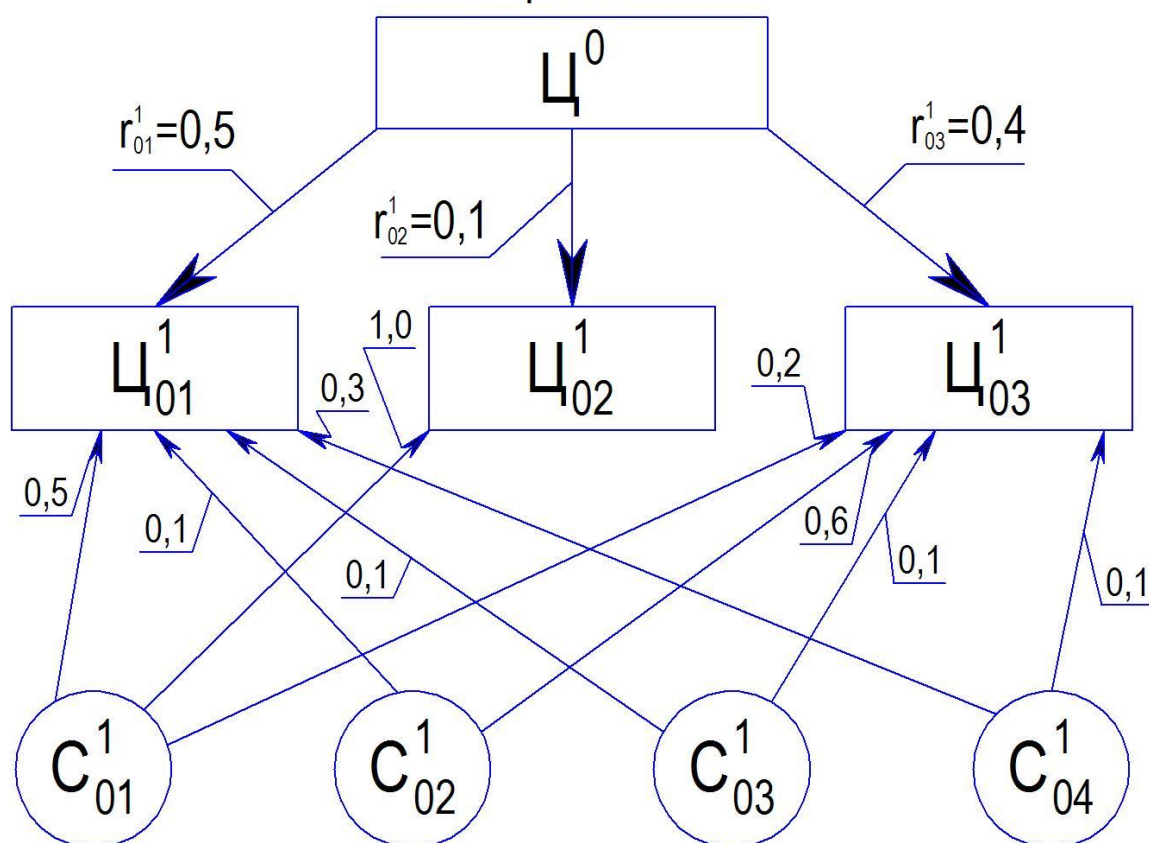
Вариант 25



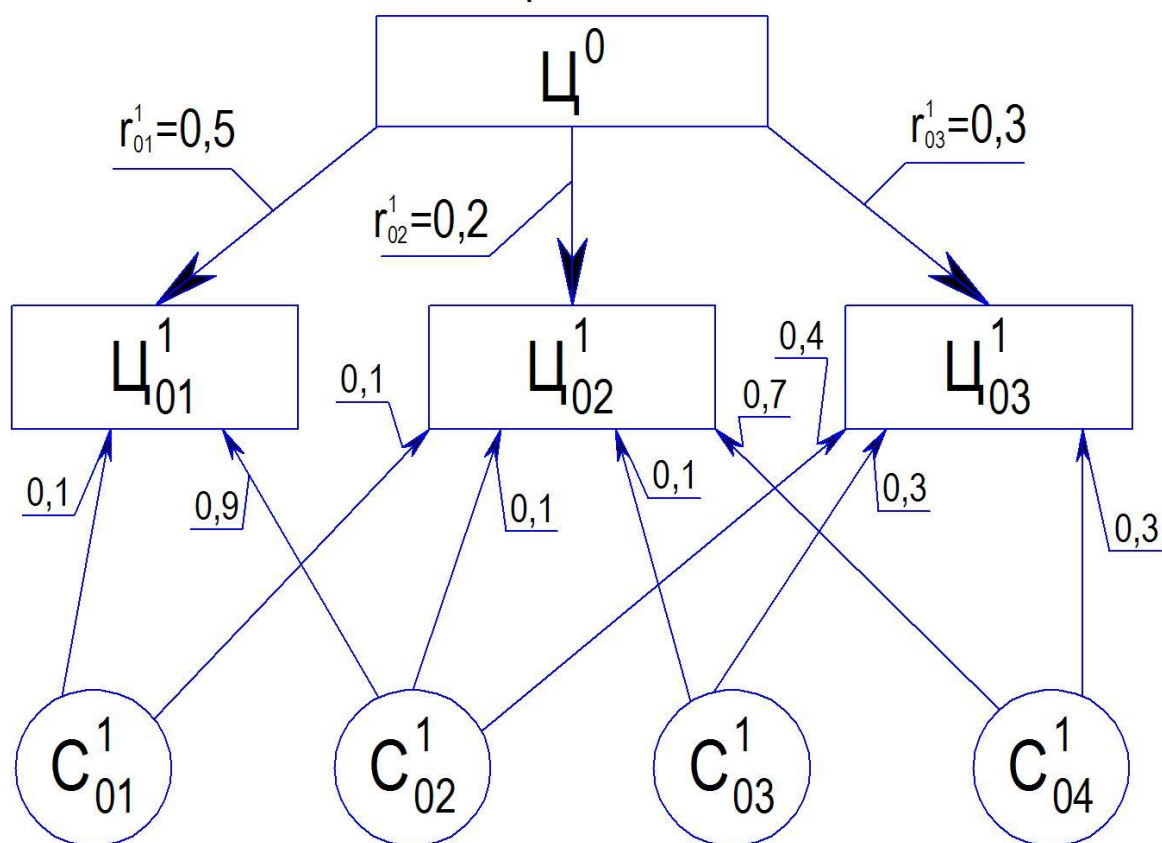
Вариант 26



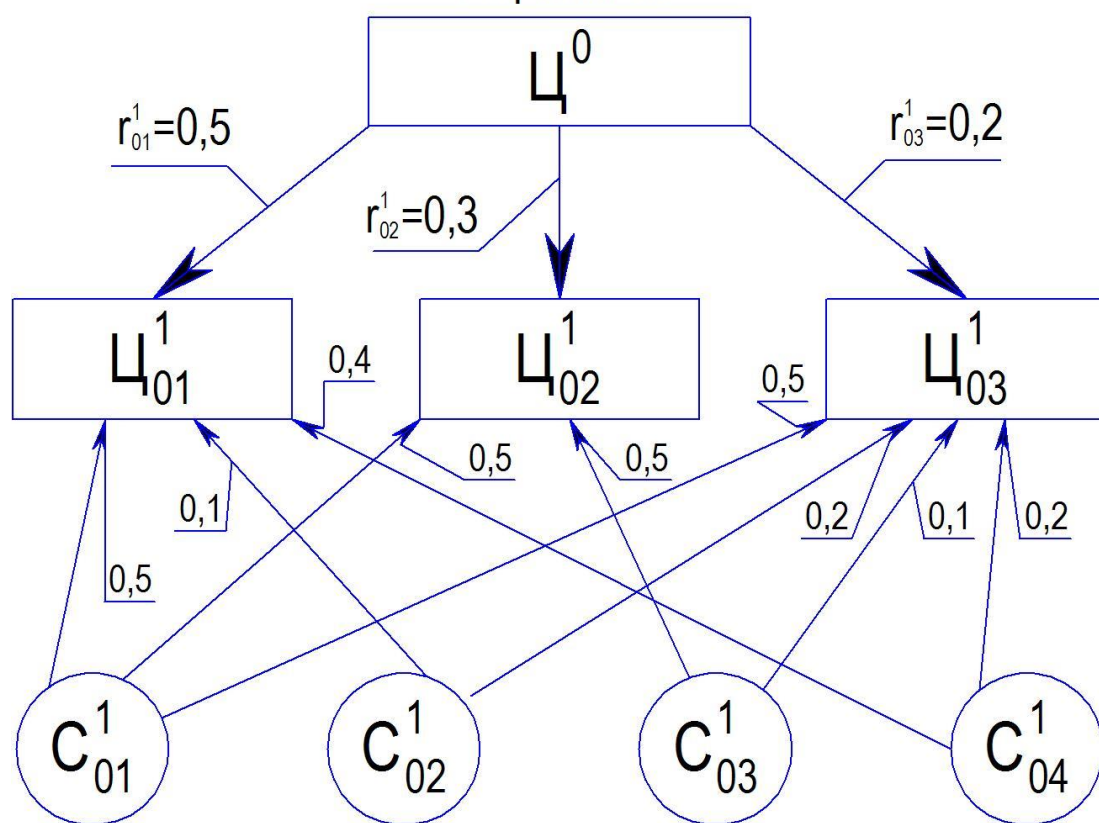
Вариант 27



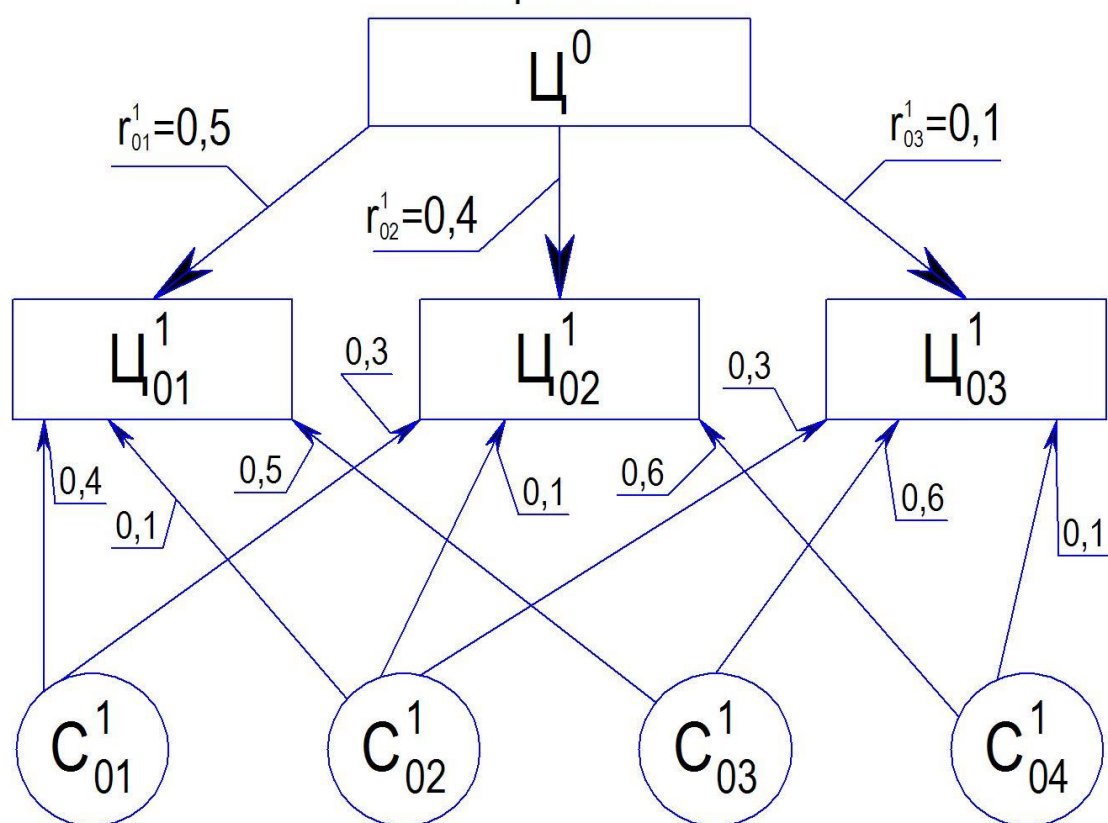
Вариант 28



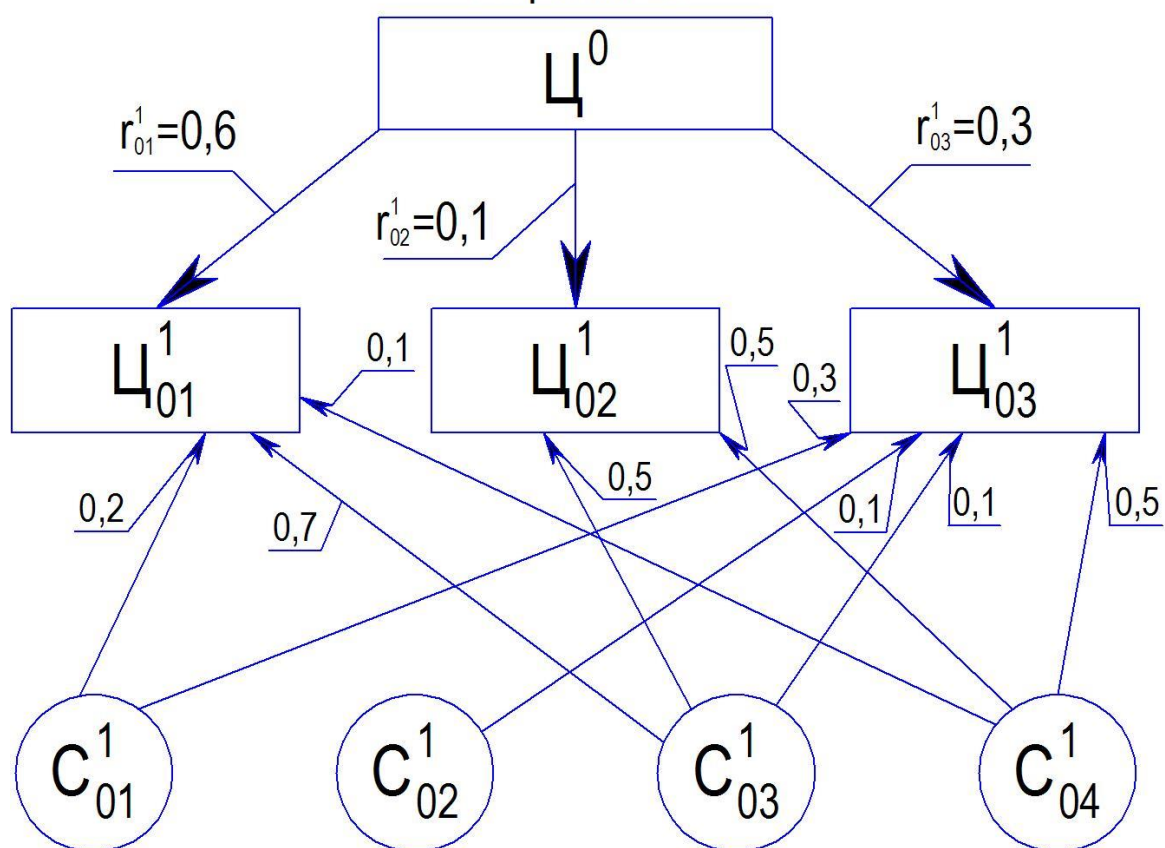
Вариант 29



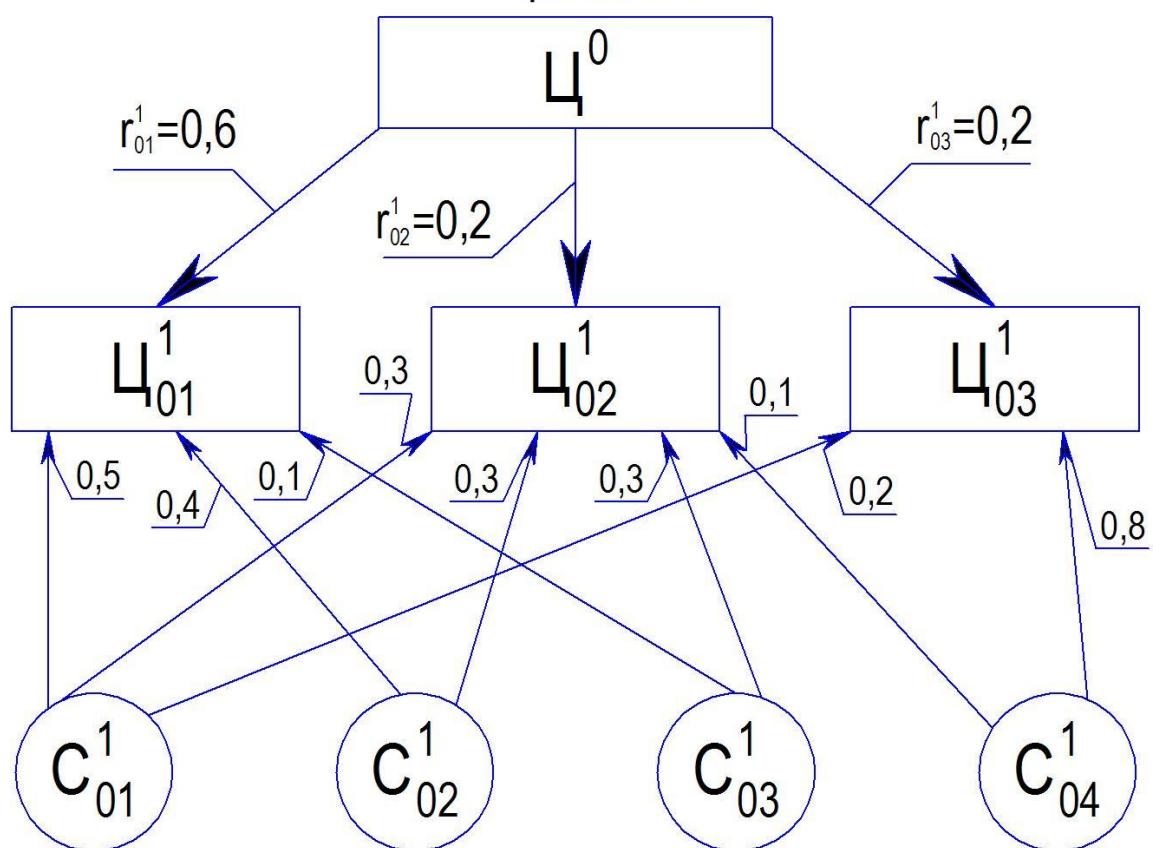
Вариант 30



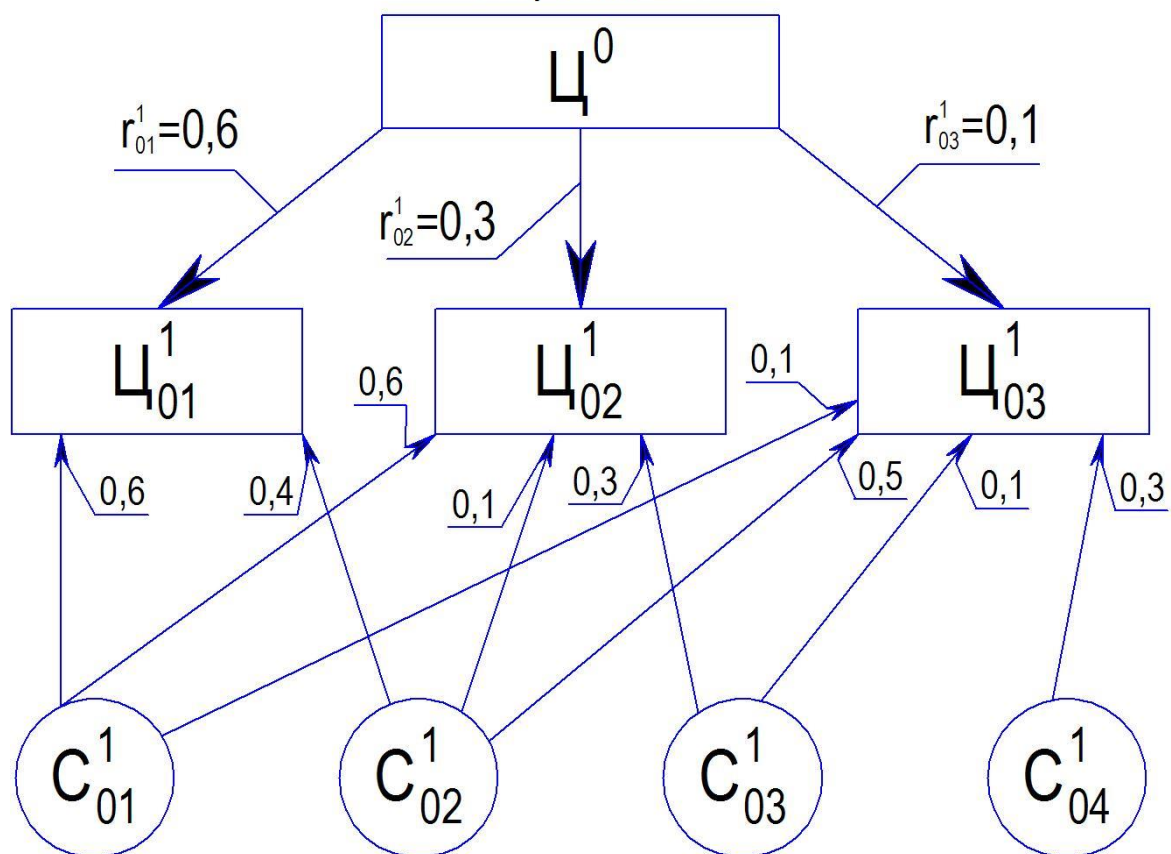
Вариант 31



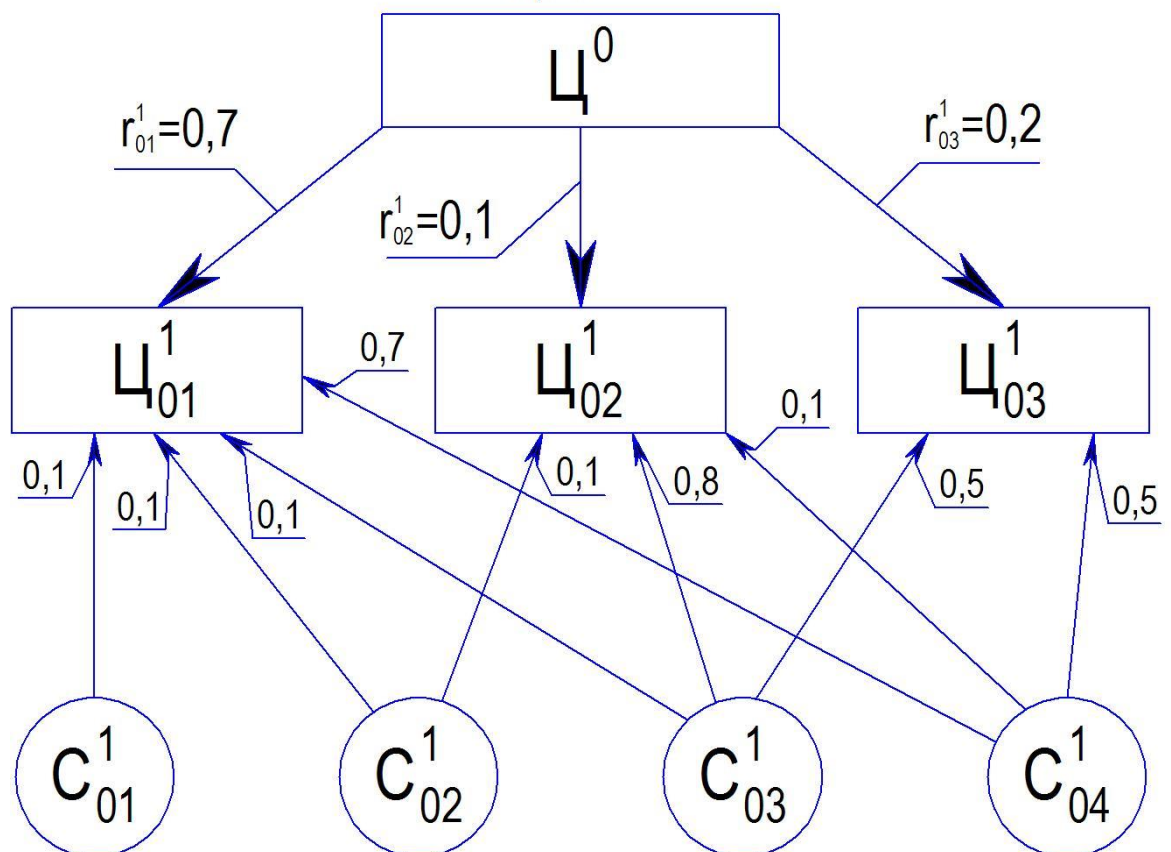
Вариант 32



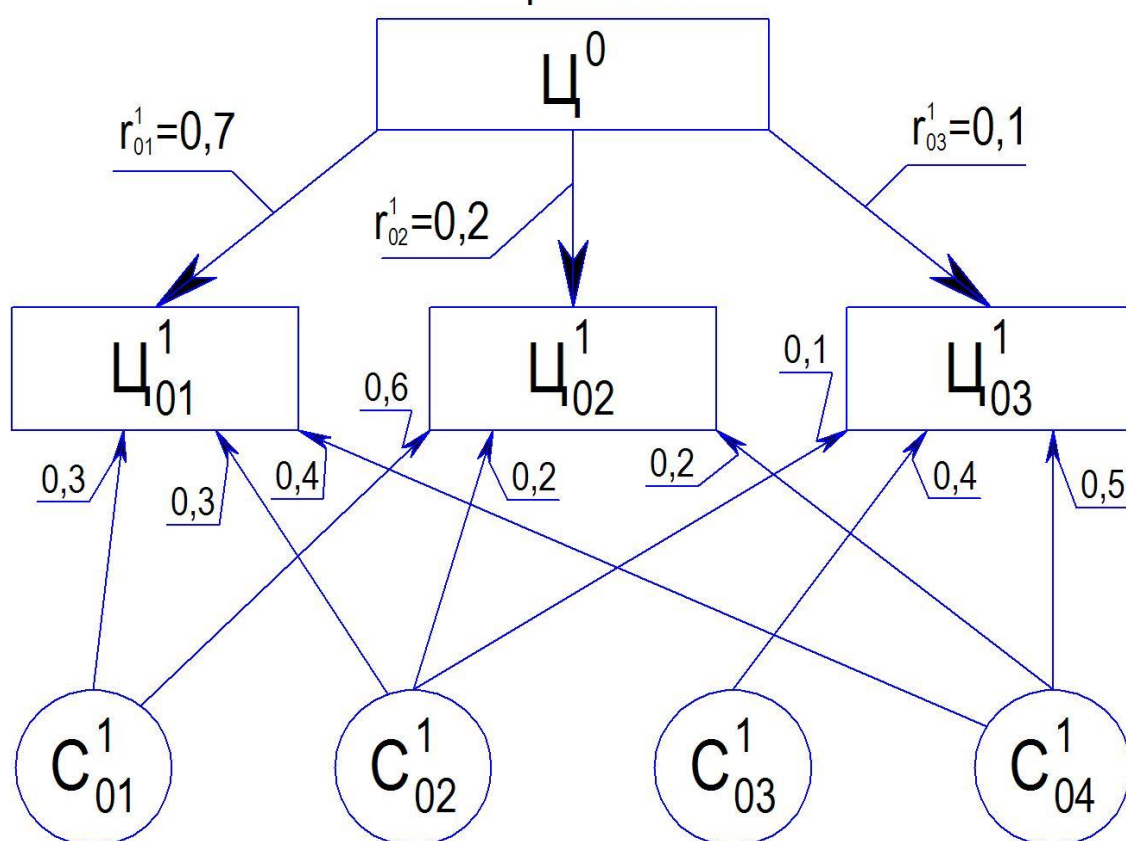
Вариант 33



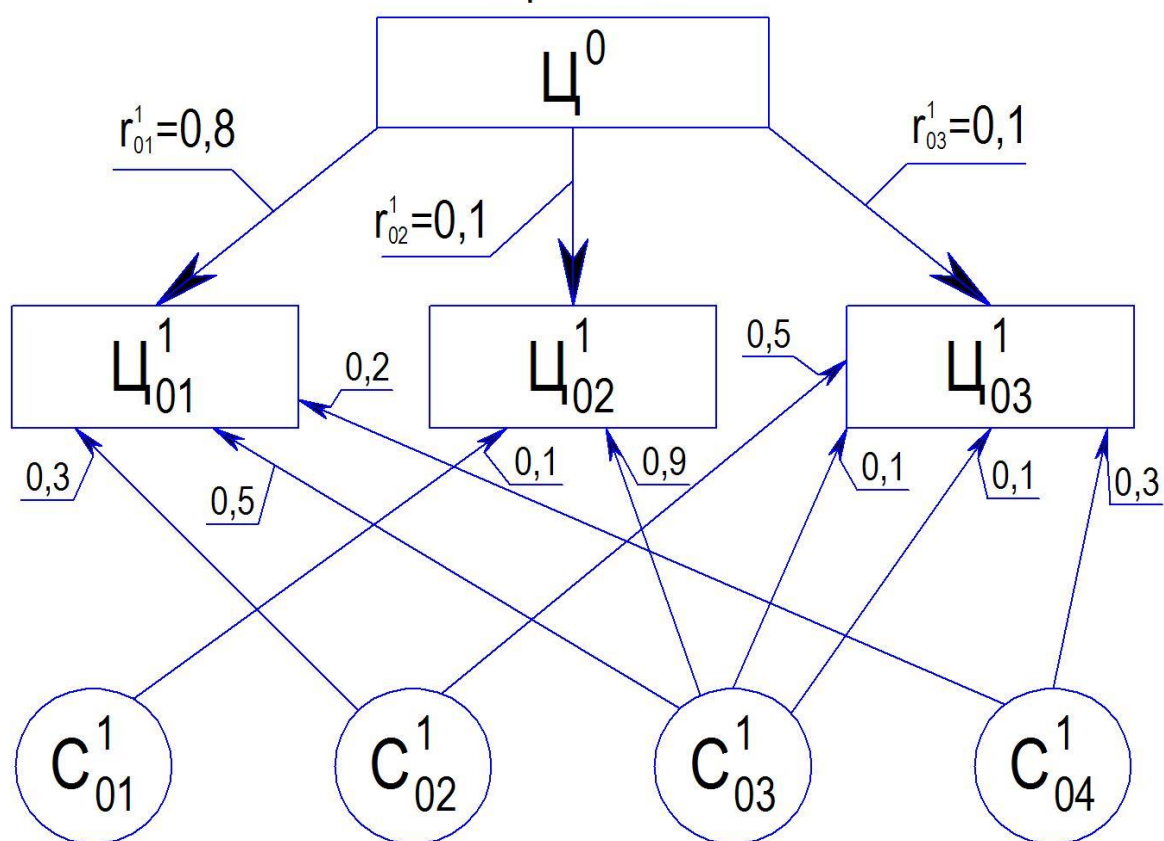
Вариант 34



Вариант 35



Вариант 36



Приложение В – Индивидуальное задание к лабораторной работе № 2

Вариант 1

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	2	2	1	1	1	2	1
$C^2_{032} (k=2)$	3	4	3	3	4	4	4	4
$C^2_{033} (k=3)$	4	3	4	4	3	3	3	3
$C^2_{034} (k=4)$	1	1	1	2	2	2	1	2

Вариант 2

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	3	3	3	4	4	4	3	3
$C^2_{032} (k=2)$	2	1	1	1	2	2	2	1
$C^2_{033} (k=3)$	4	4	4	3	3	3	4	4
$C^2_{034} (k=4)$	1	2	2	2	1	1	1	2

Вариант 3

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	3	4	3	3	2	4	4	3
$C^2_{032} (k=2)$	2	3	2	2	3	3	3	2
$C^2_{033} (k=3)$	1	1	1	1	1	1	1	1
$C^2_{034} (k=4)$	4	2	4	4	4	2	2	4

Вариант 4

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	3	3	3	3	3	2	2
$C^2_{032} (k=2)$	4	4	4	4	4	4	4	3
$C^2_{033} (k=3)$	1	1	1	1	1	2	1	1
$C^2_{034} (k=4)$	3	2	2	2	2	1	3	4

Вариант 5

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	4	3	3	3	4	4	4	2
$C^2_{032} (k=2)$	1	2	2	1	1	1	2	1
$C^2_{033} (k=3)$	3	4	4	4	3	3	3	4
$C^2_{034} (k=4)$	2	1	1	2	2	2	1	3

Вариант 6

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	2	2	3	4	3	3	2
$C^2_{032} (k=2)$	1	1	3	2	2	2	2	1
$C^2_{033} (k=3)$	4	3	4	4	3	4	4	4
$C^2_{034} (k=4)$	3	4	1	1	1	1	1	2

Вариант 7

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	4	2	2	3	3	3	3	3
$C^2_{032} (k=2)$	1	1	3	2	2	2	2	2
$C^2_{033} (k=3)$	3	4	4	4	4	4	4	4
$C^2_{034} (k=4)$	2	3	1	1	1	1	1	1

Вариант 8

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	2	2	3	3	3	3	3
$C^2_{032} (k=2)$	1	1	1	2	2	2	2	2
$C^2_{033} (k=3)$	3	3	4	4	4	4	4	4
$C^2_{034} (k=4)$	4	4	3	1	1	1	1	1

Вариант 9

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	3	4	4	3	4	4	4	3
$C^2_{032} (k=2)$	2	2	2	1	2	1	1	1
$C^2_{033} (k=3)$	4	3	3	4	3	3	3	4
$C^2_{034} (k=4)$	1	1	1	2	1	2	2	2

Вариант 10

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	3	4	4	4	3	4	3	3
$C^2_{032} (k=2)$	2	3	2	2	2	2	2	2
$C^2_{033} (k=3)$	1	1	1	1	1	1	1	1
$C^2_{034} (k=4)$	4	2	3	3	4	3	4	4

Вариант 11

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	2	2	1	1	2	2	1
$C^2_{032} (k=2)$	3	4	3	4	3	4	4	4
$C^2_{033} (k=3)$	4	3	4	3	4	3	3	3
$C^2_{034} (k=4)$	1	1	1	2	2	1	1	2

Вариант 12

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	3	3	3	3	3	2	2
$C^2_{032} (k=2)$	1	2	2	2	2	2	1	1
$C^2_{033} (k=3)$	4	4	4	4	4	4	4	4
$C^2_{034} (k=4)$	3	1	1	1	1	1	3	3

Вариант 13

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	3	2	3	2	3	2	3	2
$C^2_{032} (k=2)$	1	1	2	1	2	1	2	1
$C^2_{033} (k=3)$	4	4	4	3	4	3	4	4
$C^2_{034} (k=4)$	2	3	1	4	1	4	1	3

Вариант 14

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	3	4	3	3	3	3	3	4
$C^2_{032} (k=2)$	2	1	2	2	2	2	2	3
$C^2_{033} (k=3)$	1	2	1	1	1	1	1	1
$C^2_{034} (k=4)$	4	3	4	4	4	4	4	2

Вариант 15

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	3	3	3	2	2	2	3
$C^2_{032} (k=2)$	1	2	2	2	1	1	1	2
$C^2_{033} (k=3)$	4	4	4	4	4	4	4	4
$C^2_{034} (k=4)$	3	1	1	1	3	3	3	1

Вариант 16

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	3	3	3	2	1	2	2
$C^2_{032} (k=2)$	3	4	4	4	3	3	3	3
$C^2_{033} (k=3)$	1	1	1	1	1	2	1	1
$C^2_{034} (k=4)$	4	2	2	2	4	4	4	4

Вариант 17

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	1	2	2	2	3	2	1	1
$C^2_{032} (k=2)$	3	3	3	3	2	1	2	2
$C^2_{033} (k=3)$	4	4	4	4	4	3	4	3
$C^2_{034} (k=4)$	2	1	1	1	1	4	3	4

Вариант 18

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	3	3	2	1	1	1	2	3
$C^2_{032} (k=2)$	4	2	3	4	4	3	4	2
$C^2_{033} (k=3)$	2	4	4	3	3	4	3	4
$C^2_{034} (k=4)$	1	1	1	2	2	2	1	1

Вариант 19

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	2	3	4	4	4	3	3
$C^2_{032} (k=2)$	1	3	1	3	2	2	2	2
$C^2_{033} (k=3)$	3	4	4	2	3	3	4	4
$C^2_{034} (k=4)$	4	1	2	1	1	1	1	1

Вариант 20

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	3	4	4	2	2	2	4	4
$C^2_{032} (k=2)$	2	3	3	3	3	1	3	2
$C^2_{033} (k=3)$	4	2	2	4	1	3	2	3
$C^2_{034} (k=4)$	1	1	1	1	4	4	1	1

Вариант 21

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	2	3	4	4	2	3	3
$C^2_{032} (k=2)$	3	3	4	2	2	3	2	2
$C^2_{033} (k=3)$	1	1	1	1	3	1	1	1
$C^2_{034} (k=4)$	4	4	2	3	1	4	4	4

Вариант 22

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	2	4	4	4	4	3	3
$C^2_{032} (k=2)$	1	3	3	1	1	2	2	2
$C^2_{033} (k=3)$	4	1	1	2	2	1	1	1
$C^2_{034} (k=4)$	3	4	2	3	3	3	4	4

Вариант 23

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	4	4	4	3	3	3	3
$C^2_{032} (k=2)$	1	2	2	2	1	2	2	2
$C^2_{033} (k=3)$	4	3	3	3	4	4	4	4
$C^2_{034} (k=4)$	3	1	1	1	2	1	1	1

Вариант 24

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	4	4	2	4	2	2	2	4
$C^2_{032} (k=2)$	3	3	4	3	3	3	1	1
$C^2_{033} (k=3)$	2	1	3	2	4	4	4	3
$C^2_{034} (k=4)$	1	2	1	1	1	1	3	2

Вариант 25

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	3	3	4	4	4	4	3
$C^2_{032} (k=2)$	1	2	2	1	3	3	3	2
$C^2_{033} (k=3)$	4	4	4	3	2	2	2	4
$C^2_{034} (k=4)$	3	1	1	2	1	1	1	1

Вариант 26

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	3	3	4	4	4	3	3
$C^2_{032} (k=2)$	4	4	4	2	2	2	4	2
$C^2_{033} (k=3)$	1	2	2	3	1	3	2	4
$C^2_{034} (k=4)$	3	1	1	1	3	1	1	1

Вариант 27

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	3	3	4	4	4	3	3
$C^2_{032} (k=2)$	3	4	4	2	2	2	2	2
$C^2_{033} (k=3)$	1	2	1	3	3	1	4	4
$C^2_{034} (k=4)$	4	1	2	1	1	3	1	1

Вариант 28

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	3	3	3	3	3	4	4
$C^2_{032} (k=2)$	1	2	1	1	1	2	3	3
$C^2_{033} (k=3)$	3	4	4	2	2	4	2	1
$C^2_{034} (k=4)$	4	1	2	4	4	1	1	2

Вариант 29

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	3	2	2	2	4	3	3	3
$C^2_{032} (k=2)$	1	3	3	3	3	2	2	2
$C^2_{033} (k=3)$	4	4	4	4	2	4	1	1
$C^2_{034} (k=4)$	2	1	1	1	1	1	4	4

Вариант 30

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	1	2	2	3	1	1	1	3
$C^2_{032} (k=2)$	4	3	4	4	3	3	3	4
$C^2_{033} (k=3)$	2	1	1	1	2	2	4	1
$C^2_{034} (k=4)$	3	4	3	2	4	4	2	2

Вариант 31

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	3	2	2	2	3	3	4	3
$C^2_{032} (k=2)$	1	1	3	3	1	1	2	2
$C^2_{033} (k=3)$	2	3	1	4	4	4	1	1
$C^2_{034} (k=4)$	4	4	4	1	2	2	3	4

Вариант 32

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	3	3	3	4	4	4	2
$C^2_{032} (k=2)$	3	1	1	2	2	2	1	1
$C^2_{033} (k=3)$	4	4	4	4	3	3	2	4
$C^2_{034} (k=4)$	1	2	2	2	1	1	3	3

Вариант 33

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	3	4	4	4	3	3	3
$C^2_{032} (k=2)$	1	2	3	3	3	2	2	1
$C^2_{033} (k=3)$	4	4	2	2	2	4	4	2
$C^2_{034} (k=4)$	3	1	1	1	1	1	1	1

Вариант 34

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	3	3	3	4	4	4	3
$C^2_{032} (k=2)$	1	2	2	2	3	3	1	1
$C^2_{033} (k=3)$	3	1	1	1	1	1	3	2
$C^2_{034} (k=4)$	4	4	4	4	2	2	2	4

Вариант 35

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	2	3	4	4	3	3	2
$C^2_{032} (k=2)$	1	3	1	1	2	2	1	1
$C^2_{033} (k=3)$	3	1	2	2	1	1	1	3
$C^2_{034} (k=4)$	4	4	4	3	3	4	4	4

Вариант 36

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	3	3	3	4	4	3	3
$C^2_{032} (k=2)$	1	2	2	1	2	3	2	2
$C^2_{033} (k=3)$	4	4	4	2	3	2	4	4
$C^2_{034} (k=4)$	3	1	1	4	1	1	1	1

Вариант 37

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	2	4	4	4	2	2	3
$C^2_{032} (k=2)$	1	3	3	3	2	1	1	2
$C^2_{033} (k=3)$	2	1	1	1	2	3	3	1
$C^2_{034} (k=4)$	4	4	2	2	1	4	4	4

Вариант 38

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	3	3	4	3	3	4	2
$C^2_{032} (k=2)$	1	2	1	3	1	2	2	1
$C^2_{033} (k=3)$	4	4	2	1	4	4	1	4
$C^2_{034} (k=4)$	3	1	4	2	2	1	3	3

Вариант 39

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	3	3	4	4	2	2	2
$C^2_{032} (k=2)$	1	2	2	1	3	3	3	1
$C^2_{033} (k=3)$	3	1	1	4	1	4	4	4
$C^2_{034} (k=4)$	4	4	4	2	2	1	1	3

Вариант 40

Факторы и их №№ k	Условные номера экспертов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ранги оценки a_{km}							
$C^2_{031} (k=1)$	2	3	3	3	4	4	4	4
$C^2_{032} (k=2)$	1	1	2	2	1	1	2	3
$C^2_{033} (k=3)$	3	2	1	4	2	2	1	1
$C^2_{034} (k=4)$	4	4	4	1	3	3	3	2

Приложение Г – Индивидуальное задание к лабораторной работе № 3

№№	Необходимо агрегатов для ремонта, n_i					Вероятность данной потребности, q_i					Имеется исправных агрегатов на складе, n_i				
	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	Π_5	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	Π_5	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
1	0	2	4	6	8	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	0	2	4	6	8
2	0	4	8	12	16	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0	4	8	12	16
3	2	4	6	8	10	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	2	4	6	8	10
4	1	3	5	7	9	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	1	3	5	7	9
5	3	5	7	9	11	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	3	5	7	9	3
6	4	5	6	7	8	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	4	5	6	7	8
7	3	6	9	12	15	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	3	6	9	12	15
8	4	8	10	12	14	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	4	8	10	12	14
9	5	6	7	8	9	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	5	6	7	8	9
10	2	3	4	5	6	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	2	3	4	5	6
11	1	2	3	4	5	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	1	2	3	4	5
12	6	8	10	12	14	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	6	8	10	12	14
13	8	10	12	16	18	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	8	10	12	16	18
14	6	10	16	20	24	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	6	10	16	20	24
15	10	12	14	16	18	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	10	12	14	16	18
16	3	7	11	14	18	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	3	7	11	14	18
17	3	4	5	6	7	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	3	4	5	6	7
18	4	5	6	7	8	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	4	5	6	7	8
19	6	7	8	9	10	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	6	7	8	9	10
20	5	6	7	8	9	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	5	6	7	8	9
21	9	10	11	12	13	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	9	10	11	12	13
22	10	11	12	13	14	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	10	11	12	13	14
23	14	15	16	17	18	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	14	15	16	17	18
24	16	18	20	22	24	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	16	18	20	22	24
25	18	20	22	24	26	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	18	20	22	24	26
26	20	22	24	26	28	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	20	22	24	26	28
27	22	24	26	28	30	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	22	24	26	28	30
28	24	26	28	30	32	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2	24	26	28	30	32
29	26	28	30	32	34	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	26	28	30	32	34
30	28	30	32	34	36	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	28	30	32	34	36
31	36	38	40	42	44	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	36	38	40	42	44
32	38	40	42	44	46	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	38	40	42	44	46
33	40	42	44	46	48	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	40	42	44	46	48
34	15	17	19	21	23	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	15	17	19	21	23
35	17	19	21	23	25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	17	19	21	23	25
36	19	21	23	25	27	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	19	21	23	25	27
37	21	23	25	27	29	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	21	23	25	27	29
38	23	25	27	29	31	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	23	25	27	29	31
39	25	27	29	31	33	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	25	27	29	31	33
40	27	29	31	33	35	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	27	29	31	33	35

Содержание

Введение.....	3
Лабораторная работа № 1	
Анализ взаимодействия дерева целей и дерева систем.....	4
Лабораторная работа № 2	
Методика применения априорного ранжирования.....	15
Лабораторная работа № 3	
Использование игровых методов при принятии решений в условиях риска.....	27
Приложение А	
Схема высшего, первого и второго ярусов дерева систем технической эксплуатации автомобилей.....	40
Приложение Б	
Индивидуальное задание к лабораторной работе № 1.....	42
Приложение В	
Индивидуальное задание к лабораторной работе № 2.....	60
Приложение Г	
Индивидуальное задание к лабораторной работе № 3.....	70

Вячеслав Петрович Терюшков
Кухмаз Зейдулаевич Кухмазов
Алексей Владимирович Чупшев

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Лабораторный практикум
для выполнения практических работ
для студентов обучающихся по направлению подготовки
23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Компьютерная верстка

В.П. Терюшкова

Дата подписания к использованию 20.05.2022 Уч. Изд. л. 4,6
№ 9 в реестре электронных ресурсов ПГАУ.
Объём издания 6,2 Мб

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Пензенский государственный
аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30,
www.pgau.ru