МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**Государственный университет по землеустройству**

Кафедра землеустройства

**Математические методы в экономике недвижимости. Распределительный метод линейного программирования**

***Рабочая тетрадь***

**для выполнения расчётно-графической работы**

для студентов высших учебных заведений по направлению

38.03.02 «Менеджмент» (профиль: производственный менеджмент)

**Учебно-практическое издание**

**Индивидуальный номер варианта «\_\_\_\_\_»**

**Выполнил ст. \_\_\_\_\_\_\_гр.**

**Факультета \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**(подпись) (Ф. И. О.)**

**Проверил \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**кафедры землеустройства (подпись) (Ф. И. О.)**

**«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_г.**

**Москва 2017**

**УДК 332.3**

**ББК 65.9(2)32.5**

Одобрено и рекомендовано к печати кафедрой землеустройства Государственного университета по землеустройству (протокол № № 9 от 10.04.2017 г.)

Утверждено к изданию Советом факультета землеустройства ГУЗ (протокол № 8 от 24.04. 2017 г.)

**Составители:**

**проф. Пименов В.В., проф. Чепурин Е.М.,**

**доц. Сорокина О.А., доц. Федоринов А.В., доц. Фомкин И.В.**

**Рецензент:** ГУЗ, кафедра землепользования и кадастров, к.э.н., доцент,

Д.В. Антропов

Учебно-практическое издание. Рабочая тетрадь подготовлена для выполнения расчётно-графической работы по дисциплине «Математические методы в экономике недвижимости» по направлению подготовки 38.03.02 «Менеджмент» (уровень бакалавриата; профиль: производственный менеджмент)

.

Математические методы в экономике недвижимости. Распределительный метод линейного программирования: Учебно-практическое издание. Рабочая тетрадь для выполнения расчетно-графической работы [Текст]. – М.: ГУЗ, 2017. – 53 с.

© Государственный университет по землеустройству, 2017.

**Содержание**

[Введение 4](#_Toc480924422)

[Раздел 1. Пример решения задач 5](#_Toc480924423)

[Задача №1 Распределение земельных участков с целью максимального сбора земельного налога 5](#_Toc480924424)

[Раздел 2 Задачи для лабораторных работ самостоятельной подготовки 18](#_Toc480924425)

[Задача №1 – Распределение объёмов обследовательских работ между производственными бригадами…………………….. 18](#_Toc480924427)

[Задача №2 – Определение размеров потребности в жилой площади домов различной комфортности по административным районам города 23](#_Toc480924428)

[Задача №3 – Определение кадрового состава по подразделениям предприятия 24](#_Toc480924429)

[Задача №4 – Определение площадей изъятия сельскохозяйственных угодий для размещения несельскохозяйственных объектов 25](#_Toc480924430)

[Задача № 5 – Распределение объёмов работ между организациями, занимающимися ландшафтным дизайном 26](#_Toc480924431)

[Задача №6 – Оптимизация приобретения земельных участков 27](#_Toc480924432)

[Задача №7 – Минимизация расходов на укладку дорожного покрытия 28](#_Toc480924433)

[Задача №8 – Распределение строительных материалов 29](#_Toc480924434)

[Задача №9 – Трудоустройство выпускников ГУЗ 30](#_Toc480924435)

[Задача №10 – Распределение участков застройки в городских микрорайонах 31](#_Toc480924436)

[Задача №11 – Распределение коттеджной застройки 32](#_Toc480924437)

[Задача №12 – Распределение поставщиков сырья 33](#_Toc480924438)

[Задача №13 – Минимизация расходов на переработку вторичного сырья 34](#_Toc480924439)

[Задача №14 – Распределение учащихся по школам 35](#_Toc480924440)

[Задача №15 – Определение минимальной стоимости затрат на озеленение населённых пунктов 36](#_Toc480924441)

[Задача №16 – Распределение денежных средств, выделенных на создание инфраструктуры и благоустройство территории 37](#_Toc480924442)

[Задача №17 – Распределение объёмов финансирования между инвестиционными проектами на строительство зданий и сооружений 38](#_Toc480924443)

[Задача №18 – Определение размеров финансирования при строительстве предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции 39](#_Toc480924444)

[Задача №19 – Определение максимальной производительности труда в филиалах компании 40](#_Toc480924445)

[Задача №20 – Определение рациональной схемы доставки товаров в сетевые магазины 41](#_Toc480924446)

[Задача №21 – Определение площади земель под застройку объектами социального и культурно-бытового назначения в административных округах 42](#_Toc480924447)

[Задача №22 – Определение объёмов и стоимости перемещения плодородного слоя почвы при рекультивации нарушенных земель 43](#_Toc480924448)

[Задача №23 – Определение арендуемых площадей нежилых помещений и размера арендной платы 44](#_Toc480924449)

[Задача №24 – Распределение трудовых ресурсов по промышленным зонам 45](#_Toc480924450)

[Задача №25 – Распределение типов застройки в границах города 46](#_Toc480924451)

[Задача №26 – Определение оптимального состава инвестиционного портфеля 47](#_Toc480924452)

[Раздел 3. Задания в тестовой форме 48](#_Toc480924453)

# Введение

Распределительный метод является частным случаем задач линейного программирования. Данный метод создан для оптимизации организации грузоперевозок. С этим связано второе название этого метода «транспортные задачи». В настоящее время распределительный метод применяется при решении любых задач, связанных с распределением и перераспределением ресурсов от поставщиков к потребителям. Основными направлениями применения распределительного метода являются перераспределение транспортных потоков, логистические задачи, задачи оптимального использования ресурсов при производственном планировании, задачи о смесях (планирование состава продукции), задачи о нахождении оптимальной комбинации различных видов продукции при разработке складских программ (управление товарно-материальными запасами или «задача о рюкзаке») и многое другое.

Условно транспортные задачи, решаемые распределительным методом, можно подразделить на несколько групп:

* стандартные задачи. Данные задачи не осложнены никакими дополнительными условиями и факторами и достаточно редко встречается на практике;
* несбалансированные или открытые задачи. В данных задачах не выполняется балансовое условие. Это значит, что возможности потребителей и поставщиков не совпадают и перед решением задачу необходимо сбалансировать;
* вырожденные задачи. В задачах данного типа возможности отдельных поставщиков и потребителей совпадают, что при получении опорного решения уменьшает число занятых клеток. Уменьшенное количество занятых клеток, в свою очередь, делает невозможным, без принятия недостающих клеток условно занятыми, проверку и доведение опорного решения до оптимального;
* задачи с дополнительными условиями. При решении задач этой группы приходится учитывать, что часть ресурса одного или нескольких конкретных потребителей должны быть перераспределены одному или нескольким конкретным поставщикам.

На практике чаще всего приходится встречать задачи, в которых присутствуют признаки нескольких групп одновременно.

# Раздел 1. Пример решения задач

### Задача №1 Распределение земельных участков с целью максимального сбора земельного налога

В городе Красноармейск Московской области образовано пять новых кадастровых кварталов. Необходимо распределить площадь кварталов по видам использования таким образом, чтобы налоговые поступления в бюджет были максимальны. При этом необходимо учесть следующие условия:

- земельные участки, предоставляемые Русской Православной Церкви (РПЦ), не облагаются земельным налогом;

- разместить коттеджный поселок площадью 2,00 га в кадастровом квартале 0803.

**Таблица 1 – Исходные данные о ставках налогообложения, площадях кадастровых кварталов и земельных участков различных видов использования**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п./п | Вид использования  земельного участка | Ставка налога по кадастровым кварталам, тыс. руб./га | | | | | Площадь  участков с различным видом использования, га |
| 0801 | 0802 | 0803 | 0804 | 0805 |
| 1 | Земли учреждений и организаций народного образования | 41 | 40 | 43 | 42 | 38 | 1,50 |
| 2 | Земли под жилыми домами малоэтажной застройки | 41 | 39 | 38 | 43 | 42 | 1,80 |
| 3 | Земли под промышленными объектами | 50 | 53 | 52 | 48 | 49 | 5,50 |
| 4 | Земли под домами индивидуальной жилой застройки | 35 | 30 | 33 | 32 | 31 | 3,00 |
| 5 | Земли гаражей и автостоянок | 84 | 80 | 78 | 83 | 89 | 2,50 |
| 6 | Земли под жилыми домами многоэтажной застройки | 41 | 40 | 45 | 40 | 45 | 6,00 |
| 7 | Земли под лесами в поселениях | 28 | 27 | 22 | 25 | 28 | 1,00 |
| 8 | Земли сельскохозяйственного использования | 30 | 33 | 32 | 35 | 36 | 4,50 |
| 9 | Земли РПЦ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,40 |
| Площади кадастровых  кварталов, га | | 17,00 | 1,90 | 3,90 | 2,00 | 4,90 |  |

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

**Решение задачи**

***1.Формализация исходных данных задачи:***

Вводятся следующие обозначения:

- количество видов использования земельных участков;

 - количество кадастровых кварталов;

 - номер вида использования земельных участков: 

j - номер кадастрового квартала: j=1,2….n;

, – индексы строк; ,  – индексы столбцов;

ставка земельного налога при–м виде использования земельного участка в-м кадастровом квартале, тыс.руб.;

площадь земельного участка с  –м видом использования земельного участка в -м кадастровом квартале, га;

- общая площадь земельных участков с  –м видом использования земельного участка, га;

- имеющаяся площадь –ого кадастрового квартала, га;

- целевая функция (критерий оптимизации).

***2. Запись задачи в структурном виде:***

Определить такие площади земельных участков с различными видами использования в кадастровых кварталах, при которых целевая функция (налоговый сбор) примет максимальное значение:

**

*Ограничения по строкам:*

Сумма площадей земельных участков  –го вида использования земельного участка, в–м кадастровом квартале должна быть равна площади под участками с различным видом использования, га:



*Ограничения по столбцам:*

Сумма площадей земельных участков –го кадастрового квартала с учетом –го вида использования земельного участка, должна быть равна общей площади кадастрового квартала , га:



*Балансовое условие:*

Сумма площадей земельных участков со всеми возможными видами использования должна быть равна общей площади всех кадастровых кварталов:

**

*Условие неотрицательности переменных:*

**

**Таблица 2 – Табличное представление исходных данных задачи**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Вид использования земельного участка | Ставка налога, тыс.руб./га по кадастровым кварталам | | | | | Площадь  участков с различным видом использования, га |
| 0801 | 0802 | 0803 | 0804 | 0805 |
| 1 | Земли учреждений и организаций народного образования | 41  X11 | 40  X12 | 43  X13 | 42  X14 | 38  X15 | 1,50 |
| 2 | Земли под жилыми домами малоэтажной застройки | 41  X21 | 39  X22 | 38  X23 | 43  X24 | 42  X25 | 1,80 |
| 3 | Земли под промышленными объектами | 50  X31 | 53  X32 | 52  X33 | 48  X34 | 49  X35 | 5,50 |
| 4 | Земли под домами индивидуальной жилой застройки | 35  X41 | 30  X42 | 33  X43 | 32  X44 | 31  X45 | 3,00 |
| 5 | Земли гаражей и автостоянок | 84  X51 | 80  X52 | 78  X53 | 83  X54 | 89  X55 | 2,50 |
| 6 | Земли под жилыми домами многоэтажной застройки | 41  X61 | 40  X62 | 45  X63 | 40  X64 | 45  X65 | 6,00 |
| 7 | Земли под лесами в поселениях | 28  X71 | 27  X72 | 22  X73 | 25  X74 | 28  X75 | 1,00 |
| 8 | Земли сельскохозяйственного использования | 30  X81 | 33  X82 | 32  X83 | 35  X84 | 36  X85 | 4,50 |
| 9 | Земли РПЦ | 0  X91 | 0  X92 | 0  X93 | 0  X94 | 0  X95 | 5,40 |
| Площади кадастровых кварталов, га | | 17,00 | 1,90 | 3,90 | 2,00 | 4,90 | 31,20  29,70 |

**3. Запись условий задачи и целевой функции с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентов**

**3.1 Основные условия задачи**

***3.1.1 Граничные условия***

*а) по строкам исходной матрицы*:

X11+X12+X13+X14+X15+X16=1,50

X21+X22+X23+X24+X25+X26=1,80

X31+X32+X33+X34+X35+X36=5,50

X41+X42+X43+X44+X45+X46=1,00

X51+X52+X53+X54+X55+X56=2,50

X61+X62+X63+X64+X65+X66=6,00

X71+X72+X73+X74+X75+X76=1,00

X81+X82+X83+X84+X85+X86=4,50

X91+X92+X93+X94+X95+X96=5,40

*б) по столбцам исходной матрицы:*

X11+X21+X31+X41+X51+X61+X71+X81+X91=17,00

X12+X22+X32+X42+X52+X62+X72+X82+X92=1,90

X13+X23+X33+X43+X53+X63+X73+X83+X93=1,90

X14+X24+X34+X44+X54+X64+X74+X84+X94=2,00

X15+X25+X35+X45+X55+X65+X75+X85+X95=4,90

X16+X26+X36+X46+X56+X66+X76+X86+X96=1,50

***3.1.2 Балансовое условие:*** **,

А1+А2+А3+А4+А5+А6+А7+А8+А9≠В1+В2+В3+В4+В5

1,50+1,80+5,50+1,00+2,50+6,00+1,00+4,50+5,40≠17,00+1,90+1,90+2,00+4,90+1,50

***3.1.3 Условие неотрицательности переменных****:* .

**3.2. Целевая функция задачи:**

******

Необходимо найти такой план распределения земельных участков с различными видами использования по кадастровым кварталам, т.е. такие значения величин  (i=1,2,3,4,5,6,7,8,9; j=1,2,3,4,5,6), чтобы налоговые сборы были максимальными.



**3.3 Приведение задачи к сбалансированному виду**

31,20, 29,70, задача несбалансированная, причем  Чтобы привести задачу к сбалансированному виду, вводится дополнительный (фиктивный) кадастровый квартал (столбец) с площадью, равной = 1,50. Чтобы значение целевой функции не изменилось, оценки по фиктивному кадастровому кварталу принимаются равными нулю Сi5=0, i=1,2,3,4,5,6,7,8,9.

**Таблица 3 – Приведение задачи к сбалансированному виду с помощью дополнительного (фиктивного) столбца**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Вид использования земельного участка | Ставка налога по кадастровым кварталам, тыс.руб./га | | | | | | Площадь  участков с различным видом использования, га |
| 0801 | 0802 | 0803 | 0804 | 0805 | 0800**ф** |
| 1 | Земли учреждений и организаций народного образования | 41  X11 | 40  X12 | 43  X13 | 42  X14 | 38  X15 | 0  X16 | 1,50 |
| 2 | Земли под жилыми домами малоэтажной застройки | 41  X21 | 39  X22 | 38  X23 | 43  X24 | 42  X25 | 0  X26 | 1,80 |
| 3 | Земли под промышленными объектами | 50  X31 | 53  X32 | 52  X33 | 48  X34 | 49  X35 | 0  X36 | 5,50 |
| 4 | Земли под домами индивидуальной жилой застройки | 35  X41 | 30  X42 | 33  X43 | 32  X44 | 31  X45 | 0  X46 | 1,00 |
| 5 | Земли гаражей и автостоянок | 84  X51 | 80  X52 | 78  X53 | 83  X54 | 89  X55 | 0  X56 | 2,50 |
| 6 | Земли под жилыми домами многоэтажной застройки | 41  X61 | ...40  X62 | 45  X63 | 40  X64 | 45  X65 | 0  X66 | 6,00 |
| 7 | Земли под рекреациями | 28  X71 | 27  X72 | 22  X73 | 25  X74 | 28  X75 | 0  X76 | 1,00 |
| 8 | Земли сельскохозяйственного использования | 30  X81 | 33  X82 | 32  X83 | 35  X84 | 36  X85 | 0  X86 | 4,50 |
| 9 | Земли РПЦ | 0  X91 | 0  X92 | 0  X93 | 0  X94 | 0  X95 | 0  X96 | 5,40 |
| Площади кадастровых кварталов, га | | 17,00 | 1,90 | 3,90 | 2,00 | 4,90 | 1,50 | 31,20  29,70 |

**3.4 Учет дополнительного условия:** 

***По условию задачи ***

Тогда A4 и B3 примутзначения

A4/=A4-2,00=3,00-2,00=1,00

B3/=B3-2,00=3,90-2,00=1,90;

дополнительно производится изменение оценки клетки С43, проводится её блокировка, клетке придается невыгодное значение, при решении на максимум – минимальное значение, т.е. С43=0, то есть в клетку не может быть записано никакое значение площади.

**Таблица 4 – Табличное представление исходных данных задачи после учета дополнительного условия и требования сбалансированности**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I / j | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6ф** | Ai |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 41 | 40 | 43 | 42 | 38 | 0 | 1,50 |
| 2 | 41 | 39 | 38 | 43 | 42 | 0 | 1,80 |
| 3 | 50 | 53 | 52 | 48 | 49 | 0 | 5,50 |
| 4 | 35 | 30 | 0 | 32 | 31 | 0 | 1,00 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 5 | 84 | 80 | 78 | 83 | 89 | 0 | 2,50 |
| 6 | 41 | 40 | 45 | 40 | 45 | 0 | 6,00 |
| 7 | 28 | 27 | 22 | 25 | 28 | 0 | 1,00 |
| 8 | 30 | 33 | 32 | 35 | 36 | 0 | 4,50 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,40 |
| Bj | 17,00 | 1,90 | 1,90 | 2,00 | 4,90 | 1,50 | 29,20  29,20 |

**4. Получение опорного плана методом аппроксимации**

**Таблица 5 – Получение опорного плана методом аппроксимации на максимум**

| j  i | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6ф** | Аi |  | | | | | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |  |
| **1** | | 41  1,50 | 40 | 43 | 42 | 38 | 0 | ~~1,50~~  0 | 1 | 1 | 1 | 1 | ***(4)*** |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **2** | | 41  1,80 | 39 | 38 | 43 | 42 | 0 | ~~1,80~~  0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ***(6)*** |  |  |  |  |  |  |
| **3** | | 50  3,60 | 53  1,90 | 52 | 48 | 49 | 0 | ~~5,50~~  ~~3,60~~  0 | 1 | 1 | 2 | ***(3)*** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **4** | | 35  1,00 | 30 | 0 | 32 | 31 | 0 | ~~1,00~~  0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 35\* | ***(10)*** |  |  |
| **5** | | 84 | 80 | 78 | 83 | 89  2,50 | 0 | ~~2,50~~  0 | 5 | ***(1)*** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **6** | | 41  1,70 | 40 | 45  1,90 | 40 | 45  2,40 | 0 | ~~6,00~~  ~~4,10~~  ~~1,70~~  0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | **(8)** |  |  |  |  |
| **7** | | 28  1,00 | 27 | 22 | 25 | 28 | 0 | ~~1,00~~  0 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 28 | 28 | 28\* | ***(12)*** |
| **8** | | 30  2,50 | 33 | 32 | 35  2,00 | 36 | 0 | ~~4,50~~  ~~2,50~~  0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5\* | 30 | 30\* | ***(11)*** |  |
| **9** | | 0  390 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  150 | ~~5,40~~  0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |
| Bj | | ~~17,00~~  ~~13,40~~  ~~11,90~~  ~~10,10~~  ~~8,40~~  ~~7,40~~  ~~4,90~~  ~~3,90~~  0 | ~~1,90~~  0 | ~~1,90~~  0 | ~~2,00~~  0 | ~~4,90~~  ~~2,40~~  0 | ~~1,50~~ | 29,20  29,20 |  | | | | | | | | | | | | |
|  | 1 | 34 | 27 | 26 | 35 | 40\* | 0 |  |  | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 9 | 13\* | 7 | 5 | 4 | 0 |
| 3 | 9\* | **(2)** | 7 | *5* | 4 | 0 |
| 4 | 6\* |  | 2 | 1 | 3 | 0 |
| 5 | 6 |  | 7\* | 3 | 3 | 0 |
| 6 | 6\* |  | ***(5)*** | 3 | 3 | 0 |
| 7 | 6 |  |  | 5 | 9\* | 0 |
|  | 8 | 6\* |  |  | 5 | **(7)** | 0 |  |  | | | | | | | | | | | | |
|  | 9 | 5 |  |  | 3 |  | 0 |  |  | | | | | | | | | | | | |
|  | 10 | 5 |  |  | **(9)** |  | 0 |  |  | | | | | | | | | | | | |
|  | 11 | 2 |  |  |  |  | 0 |  |  | | | | | | | | | | | | |
|  | 12 | 28 |  |  |  |  | 0 |  |  | | | | | | | | | | | | |

***Проверка опорного плана на выполнение граничных условий***

*а) по строкам*:

1. 1,50=1,50

2. 1,80=1,80

3. 3,60+190=5,50

4. 1,00=1,00

5. 2,50=2,50

6. 1,70+1,90+2,40=6,00

7. 1,00=1,00

8. 2,50+2,00=4,50

9. 3,90+1,50=5,40

*а) по столбцам*:

1. 1,50+1,80+3,60+1,00+1,70+1,00+2,50+3,90=17,00

2. 1,90=1,90

3. 1,90=1,90

4. 2,00=2,00

5. 2,50+2,40=4,90

6. 1,50=1,50

***Проверка опорного плана на вырожденность по количеству занятых (заполненных) клеток***.

Кз – Коэффициент занятости

; 14=14, т.е. решение верное и невырожденное.

***Вычисление значения целевой функции***

Z =41\*1,50+41\*1,80+50\*3,60+53\*1,90+35\*1,00+89\*2,50+41\*1,70+

45\*1,90+45\*2,40+28\*1,00+30\*2,50+35\*2,00+0\*3,90+0\*1,50=1109,70 тыс. руб.

**5. Проверка опорного решения на оптимальность**:

При решении задачи на максимум план оптимален, если для всех свободных клеток .

Оптимальность любого плана, в том числе и опорного, устанавливается с помощью условных оценок – потенциалов и 

Вычисление потенциалов.

Исходный потенциал . Для удобства расчетов значение исходного потенциала () обычно принимается несколько больше , и приравнивается к круглому числу. В данной задаче  принят равным 100.

Все остальные потенциалы вычисляются с использованием и исключительно только занятых клеток по формуле .

Оценки вычисляются для всех свободных клеток по формуле: .

**Таблица 6 – Потенциалы и оценки для опорного решения задачи**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № |  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6ф** |
|  | 141 | 144 | 145 | 146 | 145 | 141 |
| **1** | 100 | 41  1,50 | 40  -4 | 43  -2 | 42  -4 | 38  -7 | 0  -41 |
| **2** | 100 | 41  1,80 | 39  -5 | 38  -7 | 43  -3 | 42  -3 | 0  -41 |
| **3** | 91 | 50  3,60 | 53  1,90 | 52  -2 | 48  -7 | 49  -5 | 0  -50 |
| **4** | 106 | 35  1,00 | 30  -8 | 0  -39 | 32  -8 | 31  -8 | 0  -35 |
| **5** | 56 | 84  -1 | 80  -8 | 78  -11 | 83  -7 | 89  2,50 | 0  -85 |
| **6** | 100 | + 41  1,70 | 40  -4 | 45  190 | 40  -6 | - 45  2,40 | 0  -41 |
| **7** | 113 | 28  1,00 | 27  -4 | 22  -10 | 25  -8 | 28  -4 | 0  -28 |
| **8** | 111 | - 30  2,50 | 33  0 | 32  -2 | 35  2,00 | + 36  +2 | 0  -30 |
| **9** | 141 | 0  3,90 | 0  -3 | 0  -4 | 0  -5 | 0  -4 | 0  1,50 |

План не оптимален, так как в клетке (8;5) =+2.

Проверка вычисления значения целевой функции проводится по формуле:



Zk = 141\*17,00+144\*1,90+145\*1,90+146\*2,00+145\*4,90+141\*1,50-(100\*1,50+

+100\*1,80+91\*5,50+106\*1,00+56\*2,50+100\*6,00+113\*1,00+111\*4,50+141\*5,40)=

=1109,70 тыс. руб.

***Улучшение опорного плана***

Строится замкнутый прямоугольный цикл для клетки (8,5) с оценкой =2. Проставляются знаки «+» и «-», начиная с испытуемой клетки. Из клеток с отрицательными вершинами выбирается наименьшее значение хij, (хmin=240). Этот ресурс перемещается по циклу. Таким образом, получают новые значения переменных хij (новое решение задачи).

**Таблица 7 – Улучшенный план на 2-м шаге решения задачи**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № |  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6ф** |
|  | 141 | 144 | 145 | 146 | 147 | 141 |
| **1** | 100 | 41  1,50 | 40  -4 | 43  -2 | 42  -4 | 38  -9 | 0  -41 |
| **2** | 100 | 41  1,80 | 39  -5 | 38  -7 | 43  -3 | 42  -5 | 0  -41 |
| **3** | 91 | 50  3,60 | 53  190 | 52  -2 | 48  -7 | 49  -7 | 0  -50 |
| **4** | 106 | 35  1,00 | 30  -8 | 0  -39 | 32  -8 | 31  -10 | 0  -35 |
| **5** | 58 | + 84  +1 | 80  -6 | 78  -9 | 83  -5 | - 89  2,50 | 0  -83 |
| **6** | 100 | 41  4,10 | 40  -4 | 45  190 | 40  -6 | 45  -2 | 0  -41 |
| **7** | 113 | 28  1,00 | 27  -4 | 22  -10 | 25  -8 | 28  -6 | 0  -28 |
| **8** | 111 | - 30  0,10 | 33  0 | 32  -2 | 35  2,00 | + 36  2,40 | 0  -30 |
| **9** | 141 | 0  3,90 | 0  -3 | 0  -4 | 0  -5 | 0  -6 | 0  150 |

***Проверка на выполнение граничных условий***

*а) по строкам*:

1. 1,50=1,50

2. 1,80=1,80

3. 3,60+1,90=5,50

4. 1,00=1,00

5. 2,50=2,50

6. 4,10+1,90=6,00

7. 1,00=1,00

8. 0,10+2,00+2,40=4,50

9. 3,90+1,50=5,40

*а) по столбцам*:

1. 1,50+1,80+3,60+1,00+4,10+1,00+0,10+3,90=17,00

2. 1,90=1,90

3. 1,90=1,90

4. 2,00=2,00

5. 2,50+2,40=4,90

6. 1,50=1,50

Значение целевой функции рассчитывается по формуле:

().

2\*2,40=4,80, где оценка испытуемой клетки, -перемещаемая поставка; Z2=1109,70+4,80=1114,50 тыс. руб.

Дополнительно для контроля значение целевой функции рассчитывается по формуле:

41\*1,50+41\*1,80+50\*3,60+53\*1,90+35\*1,00+89\*2,50+41\*4,10+

+45\*1,90+28\*1,00+30\*0,10+35\*2,00+36\*2,40+0\*3,90+0\*1,50=1114,50 тыс. руб.

***Проверка на оптимальность***

В полученной таблице одна оценка положительна, значит, требуется дальнейшее улучшение плана. Строится цикл для клетки (5,1).

хmin = 0,10 – ресурс, который перемещается по циклу в соответствии с проставленными знаками.

**Таблица 8 – Улучшенный план на 3-м шаге решения задачи**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № |  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6ф** |
|  | 141 | 144 | 145 | 145 | 146 | 141 |
| **1** | 100 | 41  1,50 | 40  -4 | 43  -2 | 42  -3 | 38  -8 | 0  -41 |
| **2** | 100 | 41  1,80 | 39  -5 | 38  -7 | 43  -2 | 42  -4 | 0  -41 |
| **3** | 91 | 50  3,60 | 53  1,90 | 52  -2 | 48  -6 | 49  -6 | 0  -50 |
| **4** | 106 | 35  1,00 | 30  -8 | 0  -39 | 32  -7 | 31  -9 | 0  -35 |
| **5** | 57 | 84  0,10 | 80  -7 | 78  -10 | 83  -5 | 89  240 | 0  -84 |
| **6** | 100 | 41  4,10 | 40  -4 | 45  1,90 | 40  -5 | 45  -1 | 0  -41 |
| **7** | 113 | 28  1,00 | 27  -4 | 22  -10 | 25  -7 | 28  -5 | 0  -28 |
| **8** | 110 | 30  -1 | 33  -1 | 32  -3 | 35  2,00 | 36  2,50 | 0  -31 |
| **9** | 141 | 0  3,90 | 0  -3 | 0  -4 | 0  -4 | 0  -5 | 0  1,50 |

***Проверка решения на выполнение граничных условий.***

*а) по строкам:*

1. 1,50=1,50

2. 1,80=1,80

3. 3,60+1,90=5,50

4. 1,00=1,00

5. 0,10+2,40=2,50

6. 4,10+1,90=6,00

7. 1,00=1,00

8. 2,00+2,50=4,50

9. 3,90+1,50=5,40

*б) по столбцам:*

1. 1,50+1,80+3,60+1,00+0,10+4,10+1,00+3,90=17,00

2. 1,90=1,90

3. 1,90=1,90

4. 2,00=2,00

5. 2,40+2,50=4,90

6. 1,50=1,50

; 1\*0,10=0,10; Z3=1114,50+0,10=1114,60 тыс.руб.

Zk = 41\*1,50+41\*1,80+50\*3,60+53\*1,90+35\*1,00+84\*0,10+89\*2,40+41\*4,10+

+45\*1,90+28\*1,00+35\*2,00+36\*2,50+0\*3,90+0\*1,50=1114,60. тыс.руб.

***Проверка на оптимальность***

Так как в полученной таблице 8 оценки всех незанятых клеток , полученное решение является оптимальным.

Формализованное представление оптимального решения задачи приведено в таблице 9. Это не окончательное решение, т.к. в нем не учтено дополнительное условие и присутствует фиктивный столбец. Фиктивный столбец свидетельствует о том, что не все земельные участки распределены по кадастровым кварталам.

**Таблица 9 – Формализованное представление оптимального решения задачи**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6ф** |
| **1** | 41  1,50 | 40 | 43 | 42 | 38 | 0 |
| **2** | 41  1,80 | 39 | 38 | 43 | 42 | 0 |
| **3** | 50  3,60 | 53  1,90 | 52 | 48 | 49 | 0 |
| **4** | 35  1,00 | 30 | 0 | 32 | 31 | 0 |
| **5** | 84  0,10 | 80 | 78 | 83 | 89  2,40 | 0 |
| **6** | 41  4,10 | 40 | 45  1,90 | 40 | 45 | 0 |
| **7** | 28  1,00 | 27 | 22 | 25 | 28 | 0 |
| **8** | 30 | 33 | 32 | 35  2,00 | 36  2,50 | 0 |
| **9** | 0  3,90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  1,50 |

**6.Формирование окончательного решения задачи**

Во-первых, учитывается ***дополнительное условие****.*

х43 = 2,00 Для УЧЁТА этого ОГРАНИЧЕНИЯ снимается блокировка с оценки с43 и ей придаётся первоначальное значение с43=33; восстанавливаются значения А4 и В3 и вносится в клетку (4,3) переменная х43=2,00.

Во-вторых, удаляется 6-ой фиктивный столбец и получается окончательное решение.

**Таблица 10 – Окончательное решение задачи**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п./п | Вид использования земельного участка | Ставка налога по кадастровым кварталам, тыс.руб./га | | | | | Площадь  участков с различным видом использования, га |
| 0801 | 0802 | 0803 | 0804 | 0805 |
| 1 | Земли учреждений и организаций народного образования | 41  1,50 | 40 | 43 | 42 | 38 | 1,50 |
| 2 | Земли под жилыми домами малоэтажной застройки | 41  1,80 | 39 | 38 | 43 | 42 | 1,80 |
| 3 | Земли под промышленными объектами | 50  3,60 | 53  1,90 | 52 | 48 | 49 | 5,50 |
| 4 | Земли под домами индивидуальной жилой застройки | 35  1,00 | 30 | 33  2,00 | 32 | 31 | 3,00 |
| 5 | Земли гаражей и автостоянок | 84  0,10 | 80 | 78 | 83 | 89  2,40 | 2,50 |
| 6 | Земли под жилыми домами многоэтажной застройки | 41  4,10 | 40 | 45  1,90 | 40 | 45 | 6,00 |
| 7 | Земли под рекреациями | 28  1,00 | 27 | 22 | 25 | 28 | 1,00 |
| 8 | Земли сельскохозяйственного использования | 30 | 33 | 32 | 35  2,00 | 36  2,50 | 4,50 |
| 9 | Земли РПЦ | 0  3,90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,90 (1,50) |
| Площади кадастровых кварталов, га | | 17,00 | 1,90 | 3,90 | 2,00 | 4,90 | 29,70(1,50)  29,70 |

Рассчитывается значение целевой функции для ответа:

Z=41\*1,50+41\*1,80+50\*3,60+53\*1,90+35\*1,00+33\*2,00+84\*0,10+89\*2,40+

+41\*4,10+45\*1,90+28\*1,00+35\*2,00+36\*2,50+0\*3,90=1121,20 тыс.руб.

Контроль вычисления целевой функции:

Zk = 141\*17,00+144\*1,90+145\*1,90+145\*2,00+146\*4,90+141\*1,50-(100\*1,50+

+100\*1,80+91\*5,50+106\*1,00+57\*2,50+100\*6,00+113\*1,00+110\*4,50+141\*5,40)= 1121,20 тыс. руб.

***Ответ задачи***:

Будут получены максимальные налоговые поступления в размере 1121,20 тыс. руб. при следующем распределении земельных участков с различными видами использования по кадастровым кварталам:

* земли учреждений и организаций народного образования 1,50 га в 1 квартале;
* земли под жилыми домами малоэтажной застройки 1,80 га в 1 квартале;
* земли под промышленными объектами 3,60 га в 1 квартале,1,90 га во 2 квартале;
* земли под домами индивидуальной жи-лой застройки 1,00 га в 1 квартале, 2,00 га в 3 квартале;
* земли гаражей и автостоянок 0,10 га в 1 квартале, 2,40 га в 5 квартале;
* земли под жилыми домами многоэтажной застройки (высотная застройка) 4,10 га в 1 квартале, 1,90 га в 3 квартале;
* земли под рекреациями 1,00 га в 1 квартале;
* земли сельскохозяйственного использования 2,00 га в 4 квартале, 2,50 га в 5 квартале;
* земли РПЦ 3,90 га в 1 квартале.1,50 га земель РПЦ не будут предоставлены.

Окончательное оптимальное решение не имеет оптимальных альтернативны, поскольку нет оценок свободных клеток 0.

# Раздел 2 Задачи для лабораторных работ и самостоятельной подготовки

### Задача №1 – Распределение объёмов обследовательских работ между производственными бригадами

При проведении мероприятий по мониторингу земель необходимо обследовать территорию четырех гаражных кооперативов в различных муниципальных образованиях города. Обследования могут проводить 4 бригады, находящиеся в разных филиалах организации.

Необходимо закрепить бригады по землепользованиям гаражных кооперативов так, чтобы общие расходы на проведение обследований были минимальными. Исходные данные приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные по стоимости обследования единицы площади, площадям обследования и площадям землепользований гаражных кооперативов**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Бригада | Стоимость обследования, тыс.руб. /м2 | | | | Максимальная площадь, которую может обследовать бригада, м2 |
| 1-й  гараж.  кооператив | 2-й гараж.  кооператив | 3-й гараж.  кооператив | 4-й гараж.  кооператив |
| 1 | 50 | 65 | 80 | 70 | 300\*\* |
| 2 | 60 | 65 | 75 | 80 | 500 |
| 3 | 70\* | 80 | 110 | 95 | 400 |
| 4 | 55 | 85 | 150\*\* | 90\* | 230\*\* |
| Площадь, подлежащая обследованию, м2 | 130\* | 275 | 715\*\* | 380 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*)+10N\*\*)-10N(N – номер варианта)***

**Дополнительное условие:**

* 1. 20% площади 1-го гаражного кооператива должна обследовать 2-я бригада.

**Постановка задачи:**

Cij - стоимость проведения работ по обследованию i-ой бригадой в j-ом гаражном кооперативе, тыс.руб/м2

Xij – площадь обследования i-ой бригады в j-ом кооперативе, м2

Z – общие расходы на обследования, тыс.руб. (Z→min)

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

**Решение задачи**

**Запись задачи в структурном виде.**

Целевая функция:

**Z=**

**Zконтр =**

**Ограничения.**

а) по строкам:

б) по столбцам:

**Балансовое условие:**

**Условие не отрицательности переменных:**

**Таблица 2 – Табличное представление исходных данных задачи**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Бригада | Стоимость обследования, тыс.руб./м2 | | | | Максимальная площадь, которую может обследовать бригада, м2 |
| 1-й гаражный кооператив | 2-й гаражный кооператив | 3-й гаражный кооператив | 4-й гаражный кооператив |
| №1 | 50 | 65 | 80 | 70 | 300 |
| №2 | 60 | 65 | 75 | 80 | 500 |
| №3 | 70 | 80 | 110 | 95 | 400 |
| №4 | 55 | 85 | 150 | 90 | 230 |
| Площадь, подлежащая обследованию, м2 | 130 | 275 | 715 | 380 |  |

**Таблица 3 – Приведение задачи к сбалансированному виду с помощью фиктивных объектов (строки, столбца)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Бригада | Стоимость обследования тыс.руб./м2 | | | | Фиктивный столбец | Максимальная площадь, которую может обследовать бригада, м2 |
| 1-й гаражный кооператив | 2-й гаражный кооператив | 3-й гаражный кооператив | 4-й гаражный кооператив |
| 1 | №1 | 50 | 65 | 80 | 70 |  | 300 |
| 2 | №2 | 60 | 65 | 75 | 80 |  | 500 |
| 3 | №3 | 70 | 80 | 110 | 95 |  | 400 |
| 4 | №4 | 55 | 85 | 150 | 90 |  | 230 |
| Фиктивная строка | |  |  |  |  |  |  |
| Площадь, подлежащая обследованию, м2 | | 130 | 275 | 715 | 380 |  |  |

Запись ЭММ в расширенном виде с конкретными технолого-экономическими показателями

**Граничные условия**

*а) по строкам: б) по столбцам*:

1. 1.

2. 2.

3. 3.

4. 4.

5. 5.

*в) балансовое условие:*

*г) условие не отрицательности переменных:*

**Целевая функция задачи *Z =***

**Таблица 4 – Получение опорного плана методом аппроксимации**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| j  i | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Ai | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |  |  |  |
| 1 | 50 | 65 | 80 | 70 |  | 300 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 60 | 65 | 75 | 80 |  | 500 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 70 | 80 | 110 | 95 |  | 400 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 55 | 85 | 150 | 90 |  | 230 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Bj | 130 | 275 | 715 | 380 |  |  |  | | | | | | | | |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

**Проверка опорного плана на выполнение граничных условий:**

*а) по строкам*: *б) по столбцам*:

1. 1.

2. 2.

3. 3.

4. 4.

5. 5.

**Проверка на число занятых клеток:**

**Значение целевой функции**

**Z1=**

**Таблица 5 – Потенциалы для опорного решения задачи**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № |  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
|  |  |  |  |  |  |
| **1** |  | 50 | 65 | 80 | 70 |  |
| **2** |  | 60 | 65 | 75 | 80 |  |
| **3** |  | 70 | 80 | 110 | 95 |  |
| **4** |  | 55 | 85 | 150 | 90 |  |
| **5** |  |  |  |  |  |  |

Проверка опорного решения на оптимальность и, при необходимости, его улучшение. Вычисление  для свободных клеток по формуле:

Улучшающий многоугольник строим для клетки с максимальной по модулю оценкой =

**Таблица 6 – Потенциалы αi иβ j для улучшенного решения задачи**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № |  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
|  |  |  |  |  |  |
| **1** |  | 50 | 65 | 80 | 70 |  |
| **2** |  | 60 | 65 | 75 | 80 |  |
| **3** |  | 70 | 80 | 110 | 95 |  |
| **4** |  | 55 | 85 | 150 | 90 |  |
| **5** |  |  |  |  |  |  |

**Проверка улучшенного решения на выполнение граничных условий.**

*а) по строкам*: *б) по столбцам*:

1. 1.

2. 2.

3. 3.

4. 4.

5. 5.

**Значение целевой функции.**

Z2 =



**Таблица 7 – Оптимальное решение задачи**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Бригада | Стоимость обследования, тыс.руб./м2 | | | | Максимальная площадь, которую может обследовать бригада, м2 |
| 1-й гаражный кооператив | 2-й гаражный кооператив | 3-й гаражный кооператив | 4-й гаражный кооператив |
| 1 | №1 | 50 | 65 | 80 | 70 | 300 |
| 2 | №2 | 60 | 65 | 75 | 80 | 500 |
| 3 | №3 | 70 | 80 | 110 | 95 | 400 |
| 4 | №4 | 55 | 85 | 150 | 90 | 230 |
| Площадь, подлежащая обследованию, м2 | | 130 | 275 | 715 | 380 |  |

Zопт =

Ответ задачи:

### Задача №2 – Определение размеров потребности в жилой площади домов различной комфортности по административным районам города

При разработке Генплана города требуется распределить потребность в жилой площади различной комфортабельности и типам застройки по административным районам города, исходя из наименьшей стоимости строительства 1 м2 с учётом следующих ограничений: монолитные дома должны составлять в центральном районе 50 тыс. м2, а кирпичные в южном районе - не менее 40 тыс. м2.

Данные для решения приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные о наличии и потребности различных видов жилья**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды жилых домов по технологии строительства | Стоимость строительства в районах города, тыс.руб./м2 | | | | Предложения по объему ввода жилья,  тыс. м2 |
| Центральный | Северный | Южный | Приморский |
| Панельный | 28 | 29 | 30 | 28 | 120,0 |
| Кирпичный | 41\* | 40 | 40,5 | 39 | 70,0\*\* |
| Каркасные | 32 | 33 | 34 | 32 | 170,0 |
| Монолитный | 42 | 41 | 40\* | 39 | 140,0 |
| Потребность в  жилье  (спрос), тыс. м2 | 100,00 | 50,00 | 250,00 | 100,00 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*) +0,5N\*\*)-2N (N – номер варианта)***

**Постановка задачи:**

Ci j - стоимость строительства i-го типа домов в j-ом районе, тыс. руб./м2

Xij - объёмы реализованного жилья i-го типа домов в j-ом районе, тыс. м2.

Z – общие расходы на строительство, тыс.руб. (Z→min)

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №3 – Определение кадрового состава по подразделениям предприятия

Предприятие располагает штатом сотрудников, которых необходимо распределить по различным подразделениям. Неоднородный уровень профессиональной квалификации и образования обуславливает различную производительность труда в подразделениях предприятия.

Известны:

* количество подразделений и потребность в кадрах по каждому отделу, чел.;
* перечень категорий работников и наличие вакантных должностей в целом по предприятию;
* производительность труда различных категорий работников в каждом из подразделении.

Цель задачи: распределить работников таким образом, чтобы общая производительность труда на предприятии была максимальной. Исходные данные приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные о количестве работников и потребностях по отделам предприятия**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Категории  работников | Чистое (эффективное) рабочее время работников по подразделениям, чел.час в день | | | | Наличие вакантных должностей, чел. |
| I | II | III | IV |
| 1. Управленческие работники | 7 | 2 | 4 | 3\* | 14\*\* |
| 2. Инженеры | 4 | 7 | 5 | 2\* | 18 |
| 3. Техники | 2 | 6 | 8 | 7\* | 25 |
| 4. Топографы | 3\* | 2 | 2 | 4 | 15\*\* |
| 5. Геодезисты | 6 | 7 | 4 | 2 | 25 |
| Всего потребность в кадрах, чел | 16 | 17\* | 23\* | 16 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*) +1N\*\*)+2N (N – номер варианта)***

**Дополнительные условия:**

* 1. Не менее половины 50% инженеров должны работать в отделе II. 2) все топографы должны работать в 4 отделе.

**Постановка задачи:**

Cij – производительность работников i-й категории в j-ом подразделении, чел.час.

Xij – количество работников i-й категории в j-ом подразделении, чел.

Z – общая производительность труда на предприятии, чел.час. (Z→mах)

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №4 – Определение площадей изъятия сельскохозяйственных угодий для размещения несельскохозяйственных объектов

Необходимо определить площади сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств, изымаемых для образования землепользований несельскохозяйственных объектов, исходя из требования минимизации стоимости изымаемых угодий. Исходные данные приведены в таблице 1.

Известны:

* планируемые виды и объекты промышленного, коммунального и дорожного строительства, требуемая площадь застройки, га;
* резервы сельскохозяйственных угодий в разрезе сельскохозяйственных организаций, изымаемые для несельскохозяйственных целей, га;
* рыночная стоимость одного гектара изымаемых сельскохозяйственных угодий, включая убытки и упущенную выгоду собственников земельных участков.

**Таблица 1 – Исходные данные по площади, предоставляемой для несельскохозяйственных целей и потребности в земельных ресурсах**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Хозяйства и  виды угодий | | Рыночная стоимость изымаемых сельскохозяйственных угодий, тыс.руб/га | | | | | | Земельные ресурсы, изымаемые для нес.-х. целей, га |
| Кирпичный завод | Мелькомби-нат | Гравийно-щебеночный завод | Гаражный кооператив | Дом отдыха | Автодорога |
| ПАО  «Искра» | пашня | 80 | 75 | 82 | 79 | 76 | 80 | 20,6 |
| пастбища | 30 | 25 | 39 | 28 | 30 | 31 | 35,7 |
| СПК  «Навигатор» | пашня | 70 | 75 | 69 | 60 | 61 | 68 | 10,2 |
| залежь | 10\* | 12\* | 15 | 13 | 16 | 11 | 50,6 |
| СХП «Урожай» | пашня | 60 | 62 | 64 | 66 | 62 | 58 | 2,0\*\* |
| сады | 81 | 83 | 82 | 80 | 77 | 86 | 54,7 |
| КФХ «Зорька» | пашня | 10\* | 110 | 120 | 130 | 105 | 101 | 5,0 |
| сенокосы | 51 | 52 | 48 | 59 | 54 | 60 | 8,5 |
| Всего требуется земель, га | | 10 | 5,5 | 60,0 | 3,0\*\* | 40,0 | 12,0 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*) +10N\*\*)+1N (N – номер варианта)***

**Дополнительные условия:**

1. Из земель КФХ «Зорька» должно быть изъято не более 3 га пашни;
2. Дом отдыха должен быть построен на залежи СПК «Навигатор»;
3. Не менее половины площади гаражного кооператива должно размещаться на пастбищах ПАО «Искра».

**Постановка задачи:**

Cij – стоимость изымаемых земель из i-го хозяйства под j-ое назначение, тыс.руб/га.

Xij – площадь изъятия земель из i-го хозяйства под j-ое назначение, га.

Z – общие расходы на изъятие земель, тыс.руб. (Z→min)

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача № 5 – Распределение объёмов работ между организациями, занимающимися ландшафтным дизайном

В городе проводятся мероприятия по озеленению и благоустройству городских парков. К участию в работах привлечены фирмы, занимающиеся ландшафтным дизайном и озеленением территорий. Необходимо распределить объёмы работ для этих организаций так, чтобы общие расходы на проведение мероприятий по озеленению и благоустройству были минимальны.

Исходные данные приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные о дизайнерских фирмах, площади и стоимости благоустройства и озеленения**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование организации | Стоимость проведения работ по озеленению и благоустройству, тыс.руб/га | | | | | Площадь, которую может благоустроить фирма, га |
| Парк «Южный» | Парк «Центральный» | Парк «Северный» | Парк «Западный берег» | Парк «Восход» |
| ООО «Времена года» | 89,6\* | 101,4 | 64,0\* | 86,3 | 91,6 | 25,4\*\* |
| Студия «Гринлайф» | 87,4 | 105,3 | 71,2 | 82,4 | 89,3 | 36,1 |
| [Ландшафтное бюро «Зеленый город»](http://www.g-n.ru/company/landshaftnoe-byuro-zelenyy-gorod/) | 85,2 | 111,7 | 65,3\* | 79,2 | 93,4 | 34,0 |
| ООО «Позитив Проект» | 79,4\* | 102,5 | 74,0\* | 89,0 | 88,0 | 27,2\*\* |
| Компания ЛПБ | 88,1 | 109,0 | 69,2 | 77,8 | 92,3 | 20,2 |
| Общая площадь парка, га | 24,6 | 18,0\*\* | 27,4 | 32,9\*\* | 40,0 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*)-1N\*\*)+1N(N – номер варианта)***

**Дополнительные условия:**

1. 50% Центрального парка должна благоустроить студия «Гринлайф».
2. ООО «Позитив Проект» по условиям договора должна благоустроить не менее 30% Южного парка.
3. Ландшафтное бюро «Зеленый город» может благоустроить не более 15% Северного парка.

**Постановка задачи:**

Cij - стоимость проведения работ по озеленению и благоустройству i-ой организацией в j-ом парке, тыс.руб./га.

Xij – площадь, которую должна благоустроить i-ая организация в j-ом парке, га.

Z – общие расходы на проведение мероприятий по озеленению и благоустройству городских парков, тыс.руб. (Z→min).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №6 – Оптимизация приобретения земельных участков

Девелоперской компании необходимо приобрести земельные участки различной площади в Московской области на расстоянии 70-100 км от г. Москвы. В результате проведённого анализа рынка земельных участков, были определены их цены на разных направлениях от Москвы. Необходимо определить наиболее выгодную комбинацию покупки участков с тем, чтобы затраты на их приобретение были наименьшими.

Исходные данные приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные по предложениям, потребности и стоимости участков земли различной площади по районам Московской области**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Площадь земельных участков | Стоимость участков по направлениям, млн.руб./участок. | | | | | Предложения по участкам различной площади, шт. |
| Волоколамское | Киевское | Минское | Ленинградское | Дмитровское |
| 8 соток | 0,8\* | 0,9\* | 0,85 | 0,75 | 0,65 | 46 |
| 10 соток | 1,3 | 1,5 | 1,4 | 1,2 | 1,0 | 58 |
| 12 соток | 1,5 | 1,8 | 1,6 | 1,55 | 1,4 | 70\*\* |
| 16 соток | 2,45 | 2,7 | 2,6 | 2,65 | 2,3 | 35 |
| 20 соток | 3,35 | 3,7 | 3,4 | 3,2 | 3,0 | 23\*\* |
| Количество приобретаемых участков на одном направлении, шт. | 47 | 71\*\* | 54 | 40\*\* | 20 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*) +0,1N\*\*)-1N(N – номер варианта)***

**Постановка задачи:**

Cij – стоимость участка i-ой площади на j-ом направлении, млн. руб./участок

Xij – количество участков i-ой площади, приобретаемых на j-ом направлении, шт

Z – общая стоимость приобретаемых участков, млн. руб. (Z→min).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №7 – Минимизация расходов на укладку дорожного покрытия

Поверхность проезжей части улиц должна иметь специальное покрытие, которое облегчает движение автотранспорта. Поэтому в посёлке городского типа муниципальные органы власти решили провести инженерные работы по укладке нескольких видов дорожного покрытия улиц различной стоимости. Необходимо распределить площадь покрытия по улицам, исходя из целей минимизации общих расходов на укладку дорожного покрытия.

Исходные данные приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные по площади дорожного покрытия улиц и стоимость материала покрытия**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Улица | Стоимость укладки дорожного покрытия ,руб/м2 | | | | | Площадь дорожного покрытия, м2 |
| Уплотненный грунт | Щебеноч-ное | Гравийное | Плитка бетонная | Асфальто-вое |
| Ул. Победы | 50\* | 240 | 170 | 600 | 360 | 5100 |
| Ул. Мира | 65 | 245 | 175\* | 630 | 350 | 7200 |
| Ул. Ленина | 55\* | 230 | 170 | 600 | 360 | 3360 |
| Ул. Южная | 70 | 235 | 165 | 615 | 365 | 6000 |
| Ул. Рабочая | 56 | 240 | 160 | 625 | 345 | 5760 |
| Ул. Октябрьская | 70 | 260 | 175 | 620 | 355 | 5220 |
| Ул. Советская | 60 | 250 | 180 | 620 | 350 | 5400 |
| Ул. Чернышевского | 65 | 240 | 180 | 605 | 360 | 4680 |
| Ул. Семеновская | 45\* | 245 | 175 | 600 | 370 | 8700\*\* |
| Ул. Славянская | 55 | 245 | 170 | 595 | 380 | 5640 |
| Максимально возможная площадь покрытия, м2 | 5000 | 14000\*\* | 13000 | 9000 | 16060 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*) +10N\*\*)-100N(N – номер варианта)***

**Дополнительные условия:**

1. Ул. Семеновская является главной улицей поселка, поэтому, необходимо, чтобы проезжая часть была покрыта асфальтом не менее чем на 95%.
2. Проезжая часть по ул. Южная на 80% должна быть вымощена бетонной плиткой.
3. ул. Славянская проходит через малонаселенную территорию поселка, поэтому покрытием проезжей части на 70% является уплотненный грунт.
4. ул. Ленина ведет к городскому парку, поэтому проезжая часть этой улицы должна быть покрыта асфальтом не менее чем на 75%.
5. Проезжие части ул. Мира и ул. Рабочая на 80% уложены щебеночным покрытием.
6. На ул. Победы проезжая часть должна быть покрыта гравием, но не более, чем на 80%.

**Постановка задачи:**

Cij – стоимость укладки на i-ой улице j-го дорожного покрытия, руб./м2

Xij – площадь укладки на i-ой улице j-го дорожного покрытия, м2

Z – общая стоимость укладки дорожного покрытия , тыс. руб. (Z→min).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №8 – Распределение строительных материалов

Распределить материалы для строительства домов в коттеджных посёлках, которые находятся в разных районах области, так, чтобы уменьшить затраты на их приобретение, погрузку, перевозку, разгрузку к пункту назначения со склада. Все строительные материалы для всех коттеджных посёлков (КП) закупаются на одном складе. Данные по затратам на перевозку единицы груза (1 м3) с учётом удалённости коттеджных поселков от склада приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные по запасам и потребности в строительных материалах и стоимость их приобретения, погрузки, перевозки и разгрузки**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид стройматериала | Затраты на приобретение, погрузку-разгрузку и перевозку материалов в коттеджные посёлки, тыс. руб./ м3 | | | | Объём  стройматериалов, м3 |
| КП №1 | КП №2 | КП №3 | КП №4 |
| Кирпич | 4,00 | 3,80 | 3,60 | 4,20 | 110 |
| Бетон | 2,80 | 2,60 | 2,50 | 2,90 | 90 |
| Брус | 9,00 | 6,90 | 6,50 | 9,20 | 300 |
| Песок | 1,00\* | 0,90\* | 0,70 | 1,30 | 360\*\* |
| Пеноблоки | 2,90 | 2,80 | 3,00 | 3,00 | 150 |
| Необходимое количество материала для строительства, м3 | 230 | 220 | 300\*\* | 260 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*)+0,1N\*\*)-10N(N – номер варианта)***

**Дополнительные условия:**

* 1. В коттеджном посёлке № 3 предусмотреть выделение бруса в размере 60% (180м3) от общего объема стройматериала.

**Постановка задачи:**

Cij – стоимость приобретения, погрузки, перевозки и разгрузки i-го вида стройматериала в j-ом посёлке, тыс. руб./м3

Xij – количество i-го вида стройматериала для строительства домов в j-ом посёлке, м3.

Z – общая стоимость приобретения, погрузки, перевозки и разгрузки строительных материалов, тыс. руб. (Z→min).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №9 – Трудоустройство выпускников ГУЗ

С целью трудоустройства выпускников Государственного университета по землеустройству по профилям образования (городской кадастр, кадастр недвижимости и землеустройство) отделом трудоустройства университета запланировано их распределение по организациям города.

Необходимо произвести распределение выпускников так, чтобы их средний ежемесячный доход был максимальным. Критерий оптимальности – показатель величины заработной платы в организации в зависимости от квалификации и опыта работы. Данные для решения задачи приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные по количеству выпускников, вакантным местам и заработной плате**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Факультеты | | Средний ежемесячный доход, тыс.руб/чел. | | | | | | | | | | | | | | Количество  Выпускников, чел. |
| Кадастровая палата | Регистрационная  палата | БТИ | Земельная  инспекция | | Департамент  строительства | Департамент  охраны окружающей.среды | | Моском-  архитектура | | Мосстрой | | Департамент  Градо-строительной политики | |
| б/о  раб. | с оп.  раб. | б/о  раб. | с оп.раб. | б/о  раб. | с оп.раб. | б/о  раб. | с оп.раб. | б/о  раб. | с оп.  раб. |
| Городской кадастр (бак) | | 23 | 24 | 25 | 20\* | 22 | 30 | 21 | 21 | 23 | 25 | 24 | 25 | 25 | 26 | 80 |
| Землеустройство | Маг. | 23 | 21 | 22 | 20\* | 21 | 26 | 25 | 27 | 22\* | 24 | 23 | 23 | 26 | 26 | 80\*\* |
| Бак. | 21 | 21 | 20\* | 19 | 19\* | 24 | 24 | 26 | 22 | 23 | 22 | 23 | 25 | 25 | 30 |
| Кадастр недвижимости (бак) | | 22 | 24 | 23 | 21\* | 22 | 26 | 22 | 23 | 24 | 25 | 24 | 25 | 24 | 24 | 70\*\* |
| Количество вакантных мест, чел. | | 30 | 30\* | 25 | 15 | 15 | 20 | 10 | 15 | 15 | 25 | 15 | 15 | 15\* | 15 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*)+0,5N\*\*)+10N(N – номер варианта)***

**Сокращения:** б/о раб. – без опыта работы; с оп. раб. – с опытом работы; спец. – специалисты; бак. – бакалавры, маг. - магистры

**Постановка задачи:**

Cij – ежемесячный доход i-го вида выпускников в j-ом предприятии, тыс. руб./чел.

Xij – количество выпускников i-го вида выпускников в j-ом предприятии, чел.

Z – средний ежемесячный доход выпускников, тыс. руб. (Z→mах).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №10 – Распределение участков застройки в городских микрорайонах

Разрабатывается проект планировки и застройки населённого пункта, состоящего из нескольких микрорайонов различной площади. Необходимо разместить в каждом микрорайоне участки блокированной, усадебной и секционной застройки исходя из цели минимизации затрат на инженерную и транспортную инфраструктуру при строительстве.

Исходные данные приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные по площади микрорайонов, площади участков и стоимости инженерных затрат при строительстве**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Микрорайоны | | Стоимость затрат на инженерную и транспортную инфраструктуру при строительстве, млн.руб./га | | | Площадь каждого микрорайона, га |
| Блокированная застройка | Усадебная застройка | Секционная застройка |
| 1 | Северный | 79,8 | 64,9\* | 105,7 | 6,9 |
| 2 | Северо-Восточный | 68,4 | 72,7 | 99,8\* | 10,4 |
| 3 | Восточный | 72,6 | 68,8 | 101,8 | 5,6 |
| 4 | Юго-Восточный | 70,0 | 76,2 | 110,1 | 12,5 |
| 5 | Южный | 75,4 | 66,2 | 103,4 | 12,3 |
| 6 | Юго-Западный | 73,2 | 62,5\* | 106,5 | 21,3 |
| 7 | Западный | 69,9 | 69,0 | 100,0 | 5,6\*\* |
| 8 | Северо-Западный | 70,4 | 68,7 | 107,1 | 12,1 |
| 9 | Центральный | 84,0 | 75,6 | 120,3 | 4,3\*\* |
| Общая площадь участков  застройки, га | | 19,5 | 16,2\*\* | 55,3 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*)+0,1N\*\*)+1N (N – номер варианта)***

**Дополнительные условия:**

1. 70% площади юго-западного микрорайона должно быть занято секционной застройкой
2. Не менее 32% площади восточного микрорайона должно быть занято усадебной застройкой
3. В северном микрорайоне блокированной застройкой должно быть занято не более 40% площади.

**Постановка задачи:**

Cij– стоимость инженерных затрат в i-м микрорайоне при строительстве j-го типа застройки, млн. руб./га.

Xij – объём строительства в i-м микрорайоне j-го типа застройки, га.

Z – общая стоимость инженерных затрат, млн. руб. (Z→ min).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №11 – Распределение коттеджной застройки

Известно, что в течение 2018-2022 г.г. необходимо построить 280 домов из них: 50 - домов 3х-этажных элитных, 90 - 2х-этажных, 70 –одноэтажных, и 70 – домов для граждан имеющих льготы (молодые семьи, инвалиды и др. имеют право на участок не менее 0,04 га в соответствии с Постановлением администрации города). Требуется распределить застройку коттеджей на территории микрорайона на ближайшие 5 лет в зависимости от стоимости коттеджа таким образом, чтобы минимизировать затраты на строительство. Исходные данные приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные по количеству домов и затратам на строительство**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид коттеджа | Стоимость строительства коттеджа, млн. руб./шт. | | | | | Количество домов каждого вида, шт. |
| 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 3х-этажные  элитные | 4,4 | 5,0 | 5,3\* | 5,5 | 5,7 | 50\*\* |
| 2х-этажные  стандарт | 2,5 | 2,7 | 2,8 | 2,9\* | 2,0 | 90 |
| 1-этажные  стандарт | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 70 |
| 1-этажные льготные | 1,6\* | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 70 |
| Количество домов в год, шт. | 40\*\* | 50 | 90 | 55 | 45\*\* |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*)+0,1N\*\*)+1N (N – номер варианта)***

**Дополнительные условия:**

1. Все одноэтажные льготные дома должны быть построены по 2021 год включительно.
2. За 2019 год 3х-этажных элитных домов должно быть построено не менее 10.

**Постановка задачи:**

Cij – стоимость строительства i-го вида коттеджей для строительства в j-м году, млн. руб./шт.

Xij – количество i-го вида коттеджей построенное в j-ом году, шт.

Z – общая стоимость строительства, млн. руб. (Z→ min).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №12 – Распределение поставщиков сырья

В холдинг «Объединённые кирпичные заводы» входят шесть производителей кирпича: Павловская керамика, Белостолбовский кирпичный завод, Каширский кирпичный завод, Голицынский керамический завод, Карасевский керамический завод, Михневская керамика. Объём производства кирпича на заводах составляет 80, 60, 50, 65, 70, 55 тонн в сутки. Заводы удовлетворяют потребности пяти строительных объектов соответственно в количестве 70,100,60,80,70 тонн. Кирпич на строительные объекты доставляется автотранспортом. Общая стоимость производства и перевозки кирпича с каждого из заводов на соответствующие строительные объекты указана в таблице 1. Определить наиболее целесообразный план закрепления производителей кирпича за строительными объектами, обеспечивающий минимальную общую стоимость производства и перевозки кирпича.

**Таблица 1 – Исходные данные по производству, потребности и стоимости производства и транспортировки кирпича**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кирпичные заводы | Стоимость производства и перевозки кирпича, тыс.руб./т. | | | | | Объем производства кирпича на заводах в сутки, т |
| Объект №1 | Объект №2 | Объект №3 | Объект №4 | Объект №5 |
| Павловская керамика | 5,37\* | 5,80 | 6,10 | 6,07 | 7,07 | 80 |
| Белостолбовский кирпичный завод | 7,33 | 6,00 | 7,00 | 5,80 | 6,50 | 60 |
| Каширский кирпичный завод | 6,90 | 7,00 | 8,15 | 7,34 | 6,50 | 50\*\* |
| Голицынский керамический завод | 7,20 | 7,90 | 5,60\* | 6,45 | 7,00 | 65 |
| Карасевский керамический завод | 6,60 | 8,20 | 7,00 | 7,23 | 6,35 | 70 |
| Михневская керамика | 7,46 | 5,38 | 6,70 | 6,10 | 5,90 | 55 |
| Потребности строительных объектов в кирпиче, т | 70 | 100 | 60\*\* | 80 | 70 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*)+0,1N\*\*)+10N (N – номер варианта)***

**Постановка задачи:**

Cij – стоимость производства и транспортировки кирпича с i-го вида завода на j-й объект, тыс. руб/т.

Xij – количество кирпича произведенного на i-м заводе и перевезенное на j-й объект, т.

Z – общая стоимость производства и транспортировки кирпича, тыс. руб. (Z→ min).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №13 – Минимизация расходов на переработку вторичного сырья

В процессе деятельности промышленных предприятий у них накапливаются различные виды вторичного сырья, переработкой которого занимаются пять предприятий. Мощность перерабатывающих предприятий, объём поступающего вторичного сырья и затраты на его переработку приведены в таблице 1. Необходимо распределить вторичное сырьё по предприятиям так, чтобы общая стоимость его переработки была минимальной.

**Таблица 1 – Исходные данные по объёму вторичного сырья и стоимость его переработки**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды вторичного сырья | Затраты на переработку вторичного сырья,  тыс. руб./т | | | | | Объём вторичного сырья, т |
| Предприятие №1 | Предприятие №2 | Предприятие №3 | Предприятие №4 | Предприятие №5 |
| Макулатура | 1,5\* | 1,6 | 1,45\* | 1,55 | 1,62 | 50 |
| Пластмасса | 8,0 | 8,5 | 7,6 | 7,8 | 8,3 | 150 |
| Пищевые отходы | 6,4 | 6,0 | 6,3 | 6,9 | 5,8 | 400 |
| Металлолом | 8,3 | 9,0 | 8,6 | 8,0 | 9,5 | 500\*\* |
| Стекло | 7,5 | 7,3 | 8,0 | 8,1 | 7,6 | 150 |
| Резина | 8,0 | 8,1 | 7,9 | 8,45 | 8,0 | 420 |
| Нефтепродукты | 15,0 | 15,1 | 14,9 | 14,8 | 15,2 | 130 |
| Электроника | 9,0 | 9,45 | 8,6 | 9,3 | 9,5 | 65 |
| Строительный мусор | 8,5 | 8,9 | 8,7 | 8,4 | 8,7 | 235 |
| Химикаты | 10,0 | 10,5 | 10,8 | 9,5 | 9,9 | 100 |
| Мощность предприятия по переработке вторичного сырья, т | 400 | 350 | 330 | 600\*\* | 520 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*)+0,1N\*\*)-10N (N – номер варианта)***

**Дополнительные условия:**

* 1. Все нефтепродукты должны перерабатываться на первом перерабатывающем предприятии.

**Постановка задачи:**

Cij – стоимость переработки i-го вида вторичного сырья на j-м предприятии, тыс.руб/т.

Xij – объём i-го вида вторичного сырья переработанного на на j-й предприятии, т.

Z – общая стоимость переработки вторичного сырья, тыс. руб. (Z→ min).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №14 – Распределение учащихся по школам

В одном из районов города есть пять школ. У каждой школы свое определенное количество детей, которое она может принять. При этом имеются желающие с различных улиц района поступить в эти школы. Необходимо распределить учеников по школам так, чтобы минимизировать время в пути от школы до дома.

Известны:

* максимальное количество детей, которое может принять школа;
* количество детей желающих поступить в школу;
* средняя продолжительность времени в пути, которое ученик тратит от дома до школы.

**Таблица 1 – Исходные данные по количеству школьников и времени пути до места обучения**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Улицы | Средняя продолжительность времени в пути от дома до школы, мин/чел. | | | | | Количество детей желающих поступить в школу, чел. |
| Школа №5 | Школа №22 | Школа № 21 | Школа №4 | Школа №20 |
| Ул. Ялагина | 5\* | 15 | 28 | 35 | 26 | 60 |
| Ул. Победы | 30 | 21 | 10 | 28 | 15 | 50 |
| Ул. Мира | 40 | 37 | 20 | 8\* | 25 | 62 |
| Ул. Юбилейная | 35 | 27 | 15 | 22 | 10 | 40\*\* |
| Ул. Западная | 10 | 6\* | 29 | 36 | 38 | 40 |
| Ул. Журавлева | 9\* | 15 | 30 | 39 | 35 | 45 |
| Макс. кол.-во детей, которое может принять школа, чел. | 65 | 60 | 64 | 60 | 56\*\* |  |
|  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*)+1N,\*)+2N (N – номер варианта)***

**Дополнительные условия:**

1. Не менее 30% учеников с ул. Ялагина должны поступить в школу № 5;

2. Не более 20% учеников с ул. Победа должны учиться в шк.№ 20.

**Постановка задачи:**

Cij – время на дорогу учеников проживающих на i-й улице в j-ю школу, мин./чел.

Xij – количество учеников проживающих на i-й улице поступивших в j-ю школу, чел.

Z – общее время на дорогу от домов до школ, час. (Z→ min).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №15 – Определение минимальной стоимости затрат на озеленение населённых пунктов

Департамент природопользования и охраны окружающей среды планирует озеленить деревьями некоторые населённые пункты, для улучшения окружающей среды. Для проведения озеленения выбраны пять видов деревьев: ель, сосна, клен, береза и дуб. Стоимость транспортировки и посадки саженцем зависит от вида саженцев и расстояния перевозки до населённого пункта. Необходимо таким образом распределить саженцы, чтобы стоимость озеленения была минимальна.

Исходные данные представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные по площади и стоимости озеленения**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Название населенного пункта | Стоимость озеленения, млн. руб./га | | | | | Площадь озеленения, га |
| Ель | Сосна | Клен | Береза | Дуб |
| Красково | 1,10 | 1,20 | 1,50 | 1,30 | 1,60 | 8,5 |
| Лыткарино | 0,90\* | 1,10 | 1,49 | 1,19 | 1,55 | 12 |
| Оболдино | 1,10 | 1,09 | 1,52 | 1,25\* | 1,53 | 5,6 |
| Балашиха | 1,00 | 1,16 | 1,59 | 1,21 | 1,52 | 10 |
| Королев | 1,20 | 1,25 | 1,42 | 1,36 | 1,49 | 9,6 |
| Щербинка | 0,95\* | 1,30 | 1,39 | 1,40 | 1,46 | 8,7 |
| Одинцово | 1,13 | 1,40 | 1,46 | 1,35 | 1,62 | 9 |
| Марьино | 1,40 | 1,37 | 1,61 | 1,36 | 1,64 | 7,8 |
| Пушкино | 1,21 | 1,50 | 1,57 | 1,22 | 1,58 | 14,5\*\* |
| Дубцы | 1,16 | 1,22 | 1,54 | 1,31 | 1,46 | 9,4 |
| Максимально возможная площадь озеленения, га | 15,1\*\* | 25 | 20 | 10 | 25\*\* |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*)+0,1N\*\*)+0,1N(N – номер варианта)***

**Постановка задачи:**

Cij – стоимость транспортировки и посадки деревьев j-го вида в i-м населённом пункте , млн.руб./га

Xij – площадь озеленения j-м видом деревьев в i-м населённом пункте, га

Z – общая стоимость озеленённой площади, млн.руб. (Z→ min).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### **Задача №16 – Распределение денежных средств, выделенных на создание инфраструктуры и благоустройство территории**

С целью повышения инвестиционной привлекательности и рыночной стоимости земельных участков запланированы мероприятия по созданию инфраструктуры и благоустройству территории в пригородной зоне наиболее удалённых участков. Необходимо распределить выделенные денежные средства для их проведения, чтобы эффективность капитальных вложений в основные фонды инфраструктурных объектов была максимальная. Исходная информация для решения задачи приведена в таблице.

**Таблица 1 – Исходные данные по объёмам и коэффициентам привлекательности инвестиций**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Удалённость земельных участков | Коэффициент привлекательности вложения инвестиций на мероприятия | | | | | | | Инвестиции, выделенные в зависимости от удалённости земельного участка, тыс. руб. |
| Недвижимость | Благоустройст-во | Дорожная сеть | Электро-энергия | Водоснабжение | Газофикация | Телефони-зация |
| 0-15 км от МКАД | 1,15 | 1,10 | 1,61\* | 1,10 | 1,80\* | 1,0 | 1,50 | 2200\*\* |
| 16-30 км от МКАД | 0,93 | 0,97 | 0,88 | 0,89 | 0,95 | 0,90 | 0,96 | 1000 |
| 31-45 км от МКАД | 0,77 | 0,70 | 0,74 | 0,69 | 0,79 | 0,61 | 0,74 | 800 |
| 46-60 км от МКАД | 0,87 | 0,67 | 0,55 | 0,43 | 0,87 | 0,37 | 0,88 | 400 |
| Инвестиции, выделенные на проведение мероприятий, тыс. руб. | 2000 | 500 | 700 | 200 | 300\* | 300 | 400 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*) +0,1N\*\*)-100N(N – номер варианта)***

**Дополнительные условия:**

1. Инвестиции в недвижимость для участка, расположенного в зоне 0-30 км от МКАД должны составить 1200 тыс. руб.
2. Инвестиции в развитие дорожной сети для участка, расположенного в зоне 31-60 км от МКАД, должны быть не менее 300 тыс. руб.
3. Затраты на телефонизацию участка, расположенного в зоне 61-100 км от МКАД, не должны превышать 200 тыс. руб.

**Постановка задачи:**

Cij – коэффициент инвестиционной привлекательности j-го вида мероприятий на i-м земельном участке.

Xij – сумма инвестиций j-го вида мероприятий на i-м земельном участке, тыс.руб.

Z – общая эффективность инвестиций, тыс.руб. (Z→ mах).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №17 – Распределение объёмов финансирования между инвестиционными проектами на строительство зданий и сооружений

Определить наиболее выгодные источники финансирования инвестиционных объектов при известных объёмах инвестиционной деятельности, размерах предоставляемых кредитов и собственных средств.

Критерий оптимальности: максимум дохода от распределения инвестиций в основной капитал.

Исходные данные представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные по объёмам финансирования и кредитным ставкам**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Источники  финансиро-вания | Размер процентной ставки, % | | | | Объём финансирования,  млн. руб. |
| Производственные здания и сооружения | Жилые строения | Реконструкция существующих объектов | Здания и строения для соц. нужд |
| Инвестиционная компания | 15 | 17 | 16 | 12\* | 100,0 |
| Муниципальный бюджет | 20 | 13 | 15 | 13 | 55,0 |
| Собственные средства | 12\* | 14 | 13 | 11\* | 20,0 |
| Привлечённые средства | 14 | 15 | 17 | 11 | 10,0\*\* |
| Заемные  средства | 15 | 12 | 10 | 20 | 15,0 |
| Сумма требуемых капитальных вложений, млн. руб. | 40,0 | 52,0 | 77,0 | 31,0\*\* |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания:* ***\*)+0,1N\*\*)+10N(N – номер варианта)***

**Постановка задачи:**

Cij – процентная ставка для i-го источника финансирования при j-м виде строительных мероприятий, %.

Xij – сумма финансирования i-го источника финансирования при j-м виде строительных мероприятий., млн.руб.

Z – общая эффективность инвестиций, млн.руб. (Z→ mах).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №18 – Определение размеров финансирования при строительстве предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции

По проекту в агропромышленном комплексе предусмотрено создание четырёх крупных предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции, на которые потребуются капитальные вложения. Данные проекты предполагается финансировать из восьми различных источников финансирования.

Цель задачи - составить схему финансирования таким образом, чтобы доход от инвестиционной деятельности был максимальным. Исходные данные к решению задачи приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные о размерах капиталовложений и объёмах финансирования проектов**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Источники финансирования | Доходность инвестиций, % | | | | Объём капитальных вложений, млн. руб. |
| Предприятие  1 | Предприятие  2 | Предприятие  3 | Предприятие  4 |
| 1 | Группа "ПИК" | 2,9 | 3,0 | 2,5 | 6,0 | 1372\*\* |
| 2 | Банк "Сбербанк" | 4,8\* | 24 | 6,0 | 6,6 | 820 |
| 3 | Банк "ВТБ 24" | 3,0 | 2,6 | 5,5 | 6,5 | 875 |
| 4 | Инвестиционный холдинг | 3,8 | 2,0 | 5,0 | 7,0 | 775 |
| 5 | Банк "Россельхозбанк" | 2,1 | 4,0 | 7,5 | 9,0 | 490 |
| 6 | Частный инвестор | 7,0 | 8,4 | 2,2 | 4,0 | 24\* |
| 7 | Банк "Московский кредитный банк" | 2,0 | 9,0 | 2,7 | 4,5 | 500 |
| 8 | Банк "Траст" | 5,0 | 6,0 | 3,3 | 2,7\* | 230 |
| Потребность в капитальных вложениях, млн. руб. | | 2930\*\* | 850 | 1450 | 1000 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания: \*)****+1N \*\*) -10N(N – номер варианта)***

**Постановка задачи:**

Cij – доходность инвестиций i-го инвестора при строительстве j-го предприятия, %.

Xij – капитальные вложения i-го инвестора при строительстве j-го предприятия, млн.руб.

Z – общий доход от инвестиционной деятельности, млн.руб. (Z→ mах).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №19 – Определение максимальной производительности труда в филиалах компании

Крупная компания располагает штатом сотрудников, которых необходимо распределить на работу по различным филиалам. Неоднородный уровень профессиональной квалификации обуславливает дифференциальную производительность в филиалах компании.

Цель задачи распределить работников таким образом, чтобы общая производительность труда в компании была максимальной. Исходные данные приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные о трудовой нагрузке работников и потребности в них**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Категории  работников | Производительность труда работников, чел./час. | | | | Наличие вакантных должностей, чел. |
| Филиал№1 | Филиал№2 | Филиал№3 | Филиал№4 |
| 1. Администратор | 7 | 4\* | 6 | 5 | 12\*\* |
| 2. Бухгалтер | 10 | 7 | 8 | 6 | 16 |
| 3. Операционист | 9 | 8 | 10\* | 7 | 32 |
| 4. Кадровый работник | 6 | 9 | 6\* | 9 | 12\*\* |
| 5. Менеджер | 8 | 7 | 7 | 6 | 30 |
| Всего потребность в кадрах, чел | 20 | 41 | 15\*\* | 30 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания: \*)****+1N \*\*) +2N(N – номер варианта)***

**Дополнительные условия:**

1. Не менее половины 50% бухгалтеров должны работать в филиале №2
2. 20% администраторов должны работать в филиале №4.

**Постановка задачи:**

Cij – производительность труда i-го вида работников в j-м филиале, чел./час.

Xij – количество i-го вида работников задействованных в j-м филиале, чел.

Z – общая трудовая нагрузка, час. (Z→ min).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

**.**

### Задача №20 – Определение рациональной схемы доставки товаров в сетевые магазины

Торговая фирма открыла четыре сетевых магазина. С целью сокращения транспортных расходов необходимо рассчитать грузопотоки от оптовых баз и складских комплексов (поставщиков) до магазинов (потребителей).

Известны:

- виды и количество поставщиков и потребителей;

- объём товаров на складах поставщиков;

- потребности в товарах у потребителей;

При расчёте грузопотоков необходимо учесть следующее:

Хладокомбинат и овощная база могут обеспечить магазины только товарами определённых видов. В связи с этим, объём поставок не может превышать 40% от общей потребности магазина.

Цель задачи организовать доставку товаров таким образом, чтобы общая стоимость перевозки товаров было минимальной. Исходные данные приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные о стоимости перевозок товара, возможностях поставщиков и потребностях магазинов**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поставщики | Стоимость транспортировки товаров тыс.руб./т | | | | Объём товаров на складах, т |
| Сетевой магазин №1 | Сетевой магазин №2 | Сетевой магазин №3 | Сетевой магазин №4 |
| 1. Хладокомбинат | 14 | 16 | 8 | 12 | 42 |
| 2. Овощная база | 15 | 14 | 18 | 12 | 23\*\* |
| 3. Складской комплекс 1 | 11\* | 9 | 14 | 11\* | 71 |
| 4. Складской комплекс 2 | 14 | 17 | 16 | 25 | 69 |
| 5.Складской комплекс 3 | 17 | 8 | 10 | 12 | 74 |
| Потребность в товарах, т | 72 | 84 | 51 | 40 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания: \*)****+0,4N \*\*)+0,2N(N – номер варианта)***

**Постановка задачи:**

Cij – стоимость транспортировки одной тонны груза от i-го поставщика в j-й магазин, тыс. руб./т

Xij – количество грузов перевозимых от i-го поставщика в j-й магазин, т.

Z – общие затраты на транспортировку грузов, тыс.руб. (Z→ min).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №21 – Определение площади земель под застройку объектами социального и культурно-бытового назначения в административных округах

В рамках программы развития муниципального образования в разрезе административных округов принято решение о строительстве и благоустройстве семи видов объектов.

Цель задачи организовать строительство и благоустройство объектов, чтобы общая стоимость затрат была минимальной. Исходные данные приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные по резервам земель и стоимости строительства и благоустройства объектов социального и культурно-бытового назначения**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Место  расположение участков | Стоимость строительства и благоустройства, тыс.руб./га | | | | | | | Площадь муниципального образования, га |
| Бензоколонка | Гараж | Школа | Склад | Магазин | Рынок | Офис |
| Центральный округ | 5000 | 2000 | 10000 | 2000 | 2000 | 3000 | 1000 | 3,0\*\* |
| Северо-Восточный округ | 4000 | 2000 | 5000 | 2000 | 1000\* | 2000 | 500 | 2,5 |
| Северо-Западный округ | 3500 | 2000 | 5000 | 1000\* | 1000 | 2000 | 500 | 2,0 |
| Юго-Восточный округ | 2500 | 2500 | 2000 | 1500 | 3000 | 2500 | 1000 | 0,9 |
| Юго-Западный округ | 3500 | 3000 | 3000 | 2500 | 2000 | 1500 | 500 | 1,1 |
| Площадь, необходимая под строительство, га | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 0,5 | 2,0 | 1,5 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания: \*)****+100N \*\*)+0,2N(N – номер варианта)***

**Постановка задачи**

Cij – цена строительства и благоустройства в i-м округе j-го объекта, тыс.руб./га.

Xij – площадь территории, выделенная в i-м округе для j-го вида использования, га.

Z – общая стоимость строительства и благоустройства, тыс.руб. (Z→ min).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №22 – Определение объёмов и стоимости перемещения плодородного слоя почвы при рекультивации нарушенных земель

Найти минимум затрат на перевозку плодородного слоя почвы при рекультивации нарушенных земель на территории города. Известны площади участков рекультивации нарушенных земель, объёмы снятия и нанесения плодородного слоя почвы, площади участков и объёмы нанесения плодородного слоя почвы.

Исходная информация для решения задачи приведена в таблице 1. Критерий оптимальности: минимум затраты на перевозку плодородного слоя почвы.

**Таблица 1 – Исходные данные об объёмах снятия, нанесения и затрат на перевозку плодородного слоя почвы**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Участки  рекультивации | Затраты на перевозку единицы груза, тыс.руб./ м3 | | | | | | Объём снятого плодородного слоя почвы для рекультивации участка, м3 |
| №1 | №2 | №3 | №4 | №5 | №6 |
| 1-ый участок | 0,5\* | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 110000 |
| 2-ой участок | 1,0 | 0,5\* | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 40000\*\* |
| 3-й участок | 0,6 | 1,0 | 0,5 | 0,9 | 0,8 | 1,2 | 30000 |
| 4-й участок | 0,5 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 30000 |
| 5-й участок | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 20000 |
| Объём нанесения плодородной слоя почвы, м3 | 40000 | 50000 | 30000 | 20500 | 10000\*\* | 60000 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания: \*)****+0,1N \*\*)+1000N(N – номер варианта)***

**Постановка задачи:**

Cij – стоимость перевозки одного м3 почвы, перевозимой с i-го на j-й участок, тыс.руб./м3

Xij – объём почвы, перевозимой с i-го на j-й участок, м3

Z – общая стоимость перевозки почвы, тыс.руб. (Z→ min).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №23 – Определение арендуемых площадей нежилых помещений и размера арендной платы

Для организации филиалов фирмы по юридическому оформлению сделок с недвижимым имуществом необходимо арендовать нежилые помещения в одном административно-территориальном образовании. Из предлагаемых вариантов размещения филиалов фирмы необходимо выбрать такие нежилые помещения, суммарная арендная плата за использование которых будет минимальна.

Критерий оптимальности — минимум арендной платы, тыс. руб.

Исходная информация для решения задачи приведена в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные, характеризующие ресурсы и потребности в нежилых помещениях**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды нежилых  помещений | Размер арендной платы, тыс. руб./м2 | | | | Предлагаемая в аренду площадь помещений, м2 |
| Филиал№1 | Филиал№2 | Филиал№3 | Филиал№4 |
| Подвальное | 5,0 | 4,0 | 6,0 | 3,0\* | 70,0 |
| Мансарда | 8,0 | 10,0 | 7,0 | 6,0 | 100,0 |
| Полуподвальное | 3,5\* | 5,5 | 6,5 | 5,2 | 30,0\*\* |
| Потребность в арендуемой площади, м2 | 50,0 | 35,0\*\* | 75,0 | 40,0 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания: \*)****+1N \*\*)+10N(N – номер варианта)***

**Постановка задачи:**

Cij – арендная плата i-го вида нежилых помещений для размещения j-го филиала фирмы, тыс.руб./м2.

Xij – площадь i-го вида нежилых помещений для размещения j-го филиала фирмы, м2.

Z – общая размер арендной платы, тыс.руб. (Z→ min).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №24 – Распределение трудовых ресурсов по промышленным зонам

Для рационального распределения трудовых ресурсов по промышленным зонам необходимо решить задачу закрепления маршрутов движения служебного транспорта внутри населённого пункта между жилой и промышленной зонами.

Требуется закрепить маршруты так, чтобы обеспечить населению наиболее рациональное передвижение, (критерии оптимизации – минимум транспортных затрат).

Исходная информация для решения задачи приведена в таблице 1.

**Таблица 1 – Исходные данные о численности трудоспособных в микрорайонах и количестве рабочих мест в промышленных зонах**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номера  микрорайонов | Транспортные расходы, руб./чел. | | | | | Количество трудоспособных, чел |
| №1 | №2 | №3 | №4 | №5 |
| №1 | 15\* | 10 | 18 | 19 | 16 | 100 |
| №2 | 17 | 15 | 14\* | 16 | 19 | 110\*\* |
| №3 | 10 | 15\* | 17 | 18 | 11 | 120 |
| №4 | 19 | 16 | 18 | 10 | 18 | 110 |
| Количество рабочих мест на предприятиях промышленной зоны, чел. | 100 | 80 | 65\*\* | 105 | 90 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания: \*)****+1N \*\*)+10N(N – номер варианта)***

**Постановка задачи:**

Cij – затраты на проезд одного человека из i-го микрорайона в j-ю промышленную зону, руб./чел.

Xij – количество человек, переезжающих из i-го микрорайона в j-ю промышленную зону, чел.

Z – общая стоимость переезда, тыс.руб. (Z→ min).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

### Задача №25 – Распределение типов застройки в границах города

В границах города было проведено зонирование территории. В результате которого, были выявлены земли с различным качеством (лучшего, среднего и худшего) для градостроительных целей. Необходимо определить наиболее экономически эффективное распределение земель между видами застройки, исходя из размера прибыли, получаемого с 1 м2.

С целью сохранения наиболее благоприятной экологической среды предусматривается промышленную застройку произвести на худших землях, а не менее половины лучших земель отвести под рекреационную зону.

**Таблица 1 – Исходные данные о резервной территории и потребности в застройке**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Качество земель | Размер прибыли, тыс.руб./м2 | | | | Площадь земель, тыс. м2 |
| Жилая | Коммунально-бытовая | Промышленная | Рекреационная |
| Земли лучшего качества | 7\* | 16 | 4 | 8 | 75,0 |
| Земли среднего качества | 11 | 5\* | 6 | 20 | 40,0\*\* |
| Земли худшего качества | 21 | 17 | 7 | 4\* | 90,0 |
| Площадь застройки, тыс. м2 | 70,0 | 20,0\*\* | 60,0 | 65,0 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания: \*)****+1N \*\*)+10N(N – номер варианта)***

**Постановка задачи**

Cij – прибыль от размещения на i-м виде земель j-ю функциональную зону, тыс.руб./м2.

Xij – площадь размещения на i-м виде земель j-ой функциональной зоны, м2.

Z – общая прибыль, тыс.руб. (Z→ mах).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

**.**

### Задача №26 – Определение оптимального состава инвестиционного портфеля

Из группы компаний был образован холдинг «Сервис +». С целью оградить себя от форс-мажорных ситуаций, возможных в будущем на рынке, руководство холдинга решило, что каждое предприятие должно иметь в своём активе различные ценные бумаги, которые и составят в совокупности диверсифицированный портфель ценных бумаг.

Известна доля ценных бумаг, которая должна быть в активе каждого предприятия, а также количество ценных бумаг, «выброшенных» на фондовый рынок.

Цель решения - составить такую модель, при которой доход холдинга по ценным бумагам был бы максимальным.

**Таблица 1 – Исходные данные по распределению и стоимости ценных бумаг по предприятиям холдинга**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Название  предприятия | Доля ценных бумаг в активе компании, % | | | | | Стоимость ценных бумаг в активе предприятий, тыс.руб. |
| Ценная бумага №1 | Ценная бумага №2 | Ценная бумага №3 | Ценная бумага №4 | Ценная бумага №5 |
| «Сервис К» | 6,0 | 10,6 | 7,4 | 11,0 | 3,5 | 480 |
| «Сервис М» | 1,5\* | 6,5 | 5,3 | 9,7 | 2,1 | 80 |
| «Сервис С» | 3,0 | 8,2 | 8,0 | 8,2 | 1,5\* | 30\*\* |
| «Сервис Р» | 4,5 | 7,9 | 9,2 | 9,5 | 2,4 | 190 |
| «Сервис Н» | 5,0 | 9,4 | 7,6 | 9,9 | 3,2 | 220 |
| Стоимость ценных бумаг на рынке, тыс.руб. | 280 | 160\*\* | 190 | 180 | 190 |  |

*Провести индивидуальную корректировку задания: \*)****+0,2N \*\*)+10N(N – номер варианта)***

**Постановка задачи**

Cij – доля в активе i-го предприятия j-х ценных бумаг, %.

Xij – стоимость в активе i-го предприятия j-х ценных бумаг, тыс.руб.

Z – доход холдинга от реализации ценных бумаг, тыс.руб. (Z→ mах).

**Порядок решения задачи:**

1. **Формализовать исходные данные.**
2. **Записать математическую формулировку задачи в структурном виде.**
3. **Записать условие задачи и целевую функцию с перечнем неизвестных, числовыми значениями ресурсов и коэффициентами.**
4. **Решить задачу без применения ПЭВМ. Для получения опорного плана использовать метод аппроксимации.**
5. **Провести проверку допустимых решений методом потенциалов.**
6. **Записать полный ответ задачи.**

# Раздел 3. Задания в тестовой форме

*Выберите правильный ответ*

***1. Особенностью исходной информации в транспортной задаче является:***

1. все ограничения представлены в виде уравнений и неравенств;
2. коэффициенты при неизвестных в ограничениях равны единице;
3. все ограничения и переменные представлены различными единицами измерения;
4. каждая неизвестная входит только в одно уравнение.

*Выберите правильный ответ*

***2. Условие сбалансированности спроса и предложения в транспортных задачах выражается формулой:***

1.  ; 2.  ; 3.  ; 4. .

*Выберите несколько правильных ответов*

***3. Значение целевой функции при решении транспортных задач можно вычислить по формулам:***

1.  ; 2.  ; 3. ; 4. .

*Выберите правильный ответ*

***4. Если транспортная задача является «открытой», то для её решения необходимо:***

1. дополнить опорный план строкой разностей и столбцом разностей;
2. в исходной таблице дополнительно построить строку или столбец с фиктивными оценками и недостающим запасом или потребностью;
3. условно занять маршрут (клетку), чтобы с другими клетками не образовался замкнутый многоугольник;
4. начать решение заново.

*Выберите правильный ответ*

***5. Модель транспортной задачи является «открытой» при условии:***

1. ; 2.  ; 3. ; 4. .

*Выберите правильный ответ*

***6. Транспортная задача является «открытой» в случае:***

1. сбалансированности спроса и предложения;
2. если накладывается дополнительные ограничения;
3. несбалансированности спроса и предложения;
4. если число занятых клеток равно m + n - 1;
5. если не выполняется условие m + n + 1.

*Выберите правильный ответ*

***7. Число занятых клеток при решении транспортной задачи должно равняться: скорректировать формулировку***

1. m +n + 1;
2. m – n – 1;
3. m - n + 1;
4. m + n – 1.

*Выберите правильный ответ*

***8. План транспортной задачи является вырожденным в случае, когда число занятых клеток:***

1. больше m + n – 1;
2. равняется m + n – 1;
3. меньше m + n – 1;
4. меньше m + n + 1.

*Выберите правильный ответ*

***9. При улучшении плана распределения ресурсов в транспортных задачах перемещается поставка по цепи:***

1. наибольшая по модулю из отрицательных вершин цикла;
2. наименьшая из положительных вершин цикла;
3. наибольшая из положительных вершин цикла;
4. наименьшая по модулю из отрицательных вершин цикла.

*Выберите правильный ответ*

***10. Приращение (разность) значений целевой функции двух итераций (Z) равна:***

1. разности между поставками;
2. разности между оценками клеток (маршрутов);
3. произведению оценки клетки на объем перемещаемой поставки;
4. объему, перемещаемой поставки.

*Выберите правильный ответ*

***11. При решении задачи на «max» методом аппроксимации разности значений оценок Сij по столбцам вычисляются между:***

1. наименьшими значениями;
2. наибольшими и наименьшими значениями;
3. наибольшими значениями;
4. наибольшими и средними значениями.

*Выберите правильный ответ*

***12. В транспортной задаче вырожденность решения ликвидируют следующим образом:***

1. условно занять тот маршрут (клетку), чтобы с другими клетками образовался замкнутый многоугольник;
2. дополнить опорный план строкой разности и столбцом разности;
3. проставить в любую клетку цифру «0» и считать ее условно занятой;
4. условно занять тот маршрут (клетку), чтобы с другими клетками не образовывать замкнутого многоугольника;
5. в исходной таблице дополнительно построить строку и столбец с фиктивными оценками;
6. выбрать свободную клетку, не образующую с другими свободными клетками замкнутого многоугольника и проставить в ней цифру «0».

*Выберите правильный ответ*

***13. Потенциалы в вырожденных планах транспортных задачах:***

1. вычислить можно;
2. только потенциалы по строкам;
3. вычислить нельзя;
4. только потенциалы по столбцам.

*Выберите правильный ответ*

***14. При решении задачи на "мах" методом аппроксимации на первом шаге решения задачи поставку следует внести в клетку:***

Таблица

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| В  А | В1 | В2 | В3 | 1. А1 В2  2. А2 В3  3. А3 В3  4. А1 В1 |
| А1 | 9 | 8 | 7 |
| А2 | 1 | 2 | 3 |
| А3 | 2 | 4 | 5 |

*Выберите правильный ответ*

***15. При улучшении плана вершины улучшающего многоугольника должны:***

1. находиться в свободных испытуемых клетках;
2. находиться в занятых клетках, кроме одной, начальной, лежащей в испытуемой свободной клетке;
3. пересекаться под прямыми углами и находиться в свободных клетках, кроме одной занятой.

*Выберите правильный ответ*

***16. При решении задачи на «минимум» методом аппроксимации на первом шаге решения задачи поставку следует внести в клетку:***

Таблица

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| В  А | В1 | В2 | В3 | 1. А3 В3  2. А1 В1  3. А1 В3  4. А3 В2 |
| А1 | 1 | 4 | 8 |
| А2 | 2 | 5 | 9 |
| А3 | 4 | 1 | 1 |

*Выберите правильный ответ*

***17. При улучшении решения задачи по многоугольнику следует перемещать поставку:***

"+/-" —знак при вершине многоугольника (замкнутого цикла)

|  |  |
| --- | --- |
| 1. -20; | 4. +4 |
| 2. +5; | 5. -3 |
| 3. -5 | 6. +6 |

*Выберите правильный ответ*

***18. При решении задачи на «минимум» должно выполняться условие проверки на оптимальность:***

1. αi+ Cij≥βj ;
2. Cij - βj ≥αi;
3. αi+ Cij≤βj;
4. βj - αi≥Cij.

*Выберите правильный ответ*

***19. При решении задачи на «максимум» должно выполняться условие проверки на оптимальность:***

1. αi+ Cij≥βj ;

2. Cij- βj ≥αi;

3.αi-Cij≤βj;

4.βj- αi≥Cij.

*Выберите правильный ответ*

***20. В транспортных задачах решение является оптимальным при условии, если:***

1. выполняется условие неотрицательности переменных и целевая функция достигает своего экстремума;
2. выполняются условия сбалансированности плана, неотрицательности переменных и невырожденности плана;
3. выполняется условие неотрицательности переменных, условие сбалансированности плана, система ограничений удовлетворяет условиям задачи, целевая функция достигает своего экстремума;
4. целевая функция достигает своего экстремального значения.

*Выберите правильный ответ*

***21. На наличие альтернативного решения в оптимальном плане в транспортных задачах указывает:***

1. условие **βj- αi>Cij**для свободных клеток (маршрутов);
2. условие **αi +Cij = βj**.для свободных клеток (маршрутов);
3. условие **βj+αi<Cij**для занятых клеток (маршрутов);
4. условие **βj-αi = Cij** для занятых клеток (маршрутов).

*Выберите несколько правильных ответов*

***22. Альтернативными маршрутами в транспортной задаче являются:***

Таблица

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | В1 | В2 | В3 |  |  |
|  | βj  αi | 12 | 13 | 15 |  | 1. А3 В2 ; |
| А1 | 10 | 400 2 | 100  3 | 500 5 | 1000 | 2.А3 В2; |
| А2 | 12 | 2 | 900 1 | 3 | 900 | 3. А2 В1; |
| А3 | 8 | 300 4 | 8 | 9 | 300 | 4. А2 В3; |
| А4 | 9 | 7 | 4 | 800 6 | 800 | 5. А4 В1; |
|  |  | 700 | 1000 | 1300 | 3000 | 6. А4 В2. |

*Выберите правильный ответ*

**23. *Опорный план для решения транспортной задачи представляет:***

1) план, который удовлетворяет двум условиям: груз от поставщиков вывезен; потребности потребителей удовлетворены;

2) план распределения перевозок груза, удовлетворяющий поставщиков;

3) план распределения перевозок груза, удовлетворяющий потребителей;

4) план, не требующий улучшения.

*Выберите правильный ответ*

***24. Наилучшим способом нахождения опорного плана является:***

1) способ северно-западного угла;

2) способ наибольшего элемента строки;

3) способ наименьшего элемента столбца;

4) способ аппроксимации.

*Выберите правильный ответ*

**25.** ***В решении транспортной задачи распределительным методом и методом потенциалов общим является:***

1) в способе перераспределения поставок грузов от поставщиков к потребителям, полученных в базисном решении;

2) в задаче представлены поставщики грузов и их потребители;

3) можно решать задачи транспортного типа как распределительным методом, так и методом потенциалов;

4) для решения транспортной задачи распределительным методом и методом потенциалов необходимо условие Хij ≥ 0.

*Выберите правильный ответ*

***26. Опорный план и базисное решение – это одно и то же понятие?***

1) да;

2) нет;

3) все зависит от способа нахождения опорного плана;

4) все зависит от способа нахождения базисного решения.

*Выберите правильный ответ*

**27.** ***Решение задачи транспортного типа от классической транспортной задачи отличается:***

1) критерием оптимальности;

2) дополнительными ограничениями;

3) она связана с производством продукции;

4) она связана с торговлей.

*Выберите правильный ответ*

***28. Критерием оптимальности при размещении предприятий АПК является:***

1) минимум затрат до источников сырья;

2) максимум дохода потребителей готовой продукции;

3) приведенные затраты между источниками сырья для предприятий и потребителями готовой продукции;

4) минимум суммарных затрат на транспортировку сырья, выработку продукции, транспортировку готовой продукции от пунктов ее производства до потребителе.

*Выберите правильный ответ*

***29. Строгое ограничение типа*** Хij = 100. ***учитывается путём:***

1) не может быть учтено при решении транспортных задач;

2) блокирования клетки, на которую накладывается данное ограничение и уменьшением на 100 единиц запасов соответствующего поставщика и потребностей соответствующего потребителя, до начала решения;

3) увеличения на 100 единиц запасов соответствующего поставщика и потребностей соответствующего потребителя;

4) уменьшения всех значений транспортной задачи на 100.

.

*Выберите правильный ответ*

***30. Ограничение типа*** Хij ≥ 100. ***учитывается:***

1) в процессе решения задачи;

2) после решения задачи;

3) до решения задачи;

4) не имеет смысла и не применяется при решении данного типа задач.

***Правильные ответы к заданиям в тестовой форме***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вопроса | № правильного ответа | № вопроса | № правильного ответа | № вопроса | № правильного ответа |
| 1 | 2 | 11 | 3 | 21 | 2 |
| 2 | 4 | 12 | 6 | 22 | 4,6 |
| 3 | 2,4 | 13 | 3 | 23 | 1 |
| 4 | 2 | 14 | 4 | 24 | 4 |
| 5 | 4 | 15 | 2 | 25 | 4 |
| 6 | 3 | 16 | 1 | 26 | 1 |
| 7 | 4 | 17 | 5 | 27 | 2 |
| 8 | 3 | 18 | 1 | 28 | 4 |
| 9 | 4 | 19 | 4 | 29 | 2 |
| 10 | 3 | 20 | 3 | 30 | 3 |

Учебное издание

Составители:

проф. Пименов В.В.

проф. Чепурин Е.М.

доц. Сорокина О.А.

доц. Федоринов А.В.

доц. Фомкин И.В.

**Математические методы в экономике недвижимости**

**Распределительный метод линейного программирования**

для студентов обучающихся

по направлению подготовки 38.03.02 «Менеджмент»

уровень бакалавриата

профиль: производственный менеджмент

Рабочая тетрадь для выполнения расчётно-графической работы