Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 http://naukovedenie.ru/
Том 7, №6 (2015) http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-6
URL статьи: http://naukovedenie.ru/PDF/121TVN615.pdf
DOI: 10.15862/121TVN615 (http://dx.doi.org/10.15862/121TVN615)

УДК 338,45:69

Зильберова Инна Юрьевна
ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет»
Россия, Ростов-на-Дону[1]
Профессор
Кандидат технических наук
E-mail: zilberova2011@yandex.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=327005

Маилян Александр Левонович
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, Воронеж
Докторант
Доцент
Кандидат технических наук
E-mail: lrm@aaanet.ru

Баркалов Сергей Алексеевич
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, Воронеж
Профессор
Директор «Института экономики, менеджмента и информационных технологий»
Доктор технических наук
E-mail: sbarkalov@nm.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=110830

Пинаева Марина Александровна
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, Воронеж
Аспирант
E-mail: U00740@vgasu.vrn.ru

[1] 344002, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Верхненольная, д. 5, кв. 66

Оптимизация застройки района с учетом различных ограничений

Аннотация. Задача оптимальной застройки района была рассмотрена в случае линейной зависимости стоимости строительства от числа домов каждого типа. В статье рассматриваются задачи оптимальной (по стоимости) застройки района с учетом ограничений на требуемую площадь жилых помещений, и на площадь земельного участка, отведенного под строительство жилых зданий. Для решения задач предложен метод дихотомического программирования, а также метод ветвей и границ с получением оценок на основе метода сетевого программирования. В работе рассмотрен вариант когда затраты на строительство дома зависят не только от проекта, но и от земельного участка, на котором будет осуществляться строительство. Задача рассматривалась без учета технических рисков, связанных со строительством, рассмотрены только монетарные риски.

Ключевые слова: застройка района; оптимизация; дихотомическое программирование; удельная стоимость проекта; непрерывный вариант задачи; зависимость минимальных затрат; целочисленные решения; метод ветвей и границ; оценочная задача; целочисленное программирование.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Зильберова И.Ю., Маилян А.Л., Баркалов С.А., Пинаева М.А. Оптимизация застройки района с учетом различных ограничений // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №6 (2015) http://naukovedenie.ru/PDF/121TVN615.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/121TVN615

Статья опубликована 25.11.2015.

1. Введение

Задача оптимальной застройки района была поставлена в работе [1], где рассматривается случай линейной зависимости стоимости строительства от числа домов каждого типа. В данной работе результаты [1] обобщаются на случай вогнутых зависимостей стоимости строительства от числа домов каждого типа. Рассматриваются такие частные случаи, когда количества жилой площади для всех домов равны либо площади, требуемые для строительства дома также равны для всех домов.

2. Постановка задачи

Имеются **m** типов (проектов) домов для застройки района. Каждый проект характеризуется величиной себестоимости $\mathbf{c_i(x_i)}$, зависящей от числа домов $\mathbf{x_i}$ данного типа включенных в план и площадью помещений s_i, которую он обеспечивает. Если проект i-го типа включен в план, то число домов $\mathbf{x_i}$ должно удовлетворять условиям

$$x_i \le b_i, \quad i = \overline{1,m}, \tag{1}$$

b_i - максимальное число домов **i**-го типа.

Эти ограничения вызваны в основном эстетическими соображениями. Слишком большое число домов приводит к однообразию застройки.

Поскольку с ростом числа домов удельная стоимость проекта уменьшается за счет экономии на закупках и поставках материалов и комплектующих, совмещения работ и др., то $c_i(x_i)$ вогнутая функция $\mathbf{x_i}$, $c_i(0) = 0, \quad i = \overline{1,m}$.

Постановка задачи. Определить $x_i \ge 0, \quad i = \overline{1,m}$, минимизирующие

$$C(x) = \sum_{i=1}^{m} c_i(x_i), \tag{2}$$

при ограничениях (1) и (3)

$$\sum_i s_i \cdot x_i \ge R, \tag{3}$$

где $\mathbf{s_i}$ – величина жилой площади i-го дома.

3. Метод дихотомического программирования

Рассмотрим сначала непрерывный вариант задачи. В этом случае имеет место теорема.

Теорема 1. Существует оптимальное решение, в котором из числа проектов, включенных в план не более чем для одного число домов меньше максимально допустимого b_i.

Доказательство. Пусть x^0 оптимальное решение и существуют проекты **i**, **j**, такие что

$$0 < x_0^0 < b_i,$$

$$0 < x_j^0 < b_i.$$

Рассмотрим задачу минимизации

$$c_i(x_i) + c_j(x_j)$$

при ограничении

$$s_i x_i + s_j x_j = s_i x_i^0 + s_j x_j^0 = S_{ij}$$

Это задача минимизации вогнутой функции на отрезке. Как известно минимум достигается на одной из крайних точек отрезка. Возможны четыре варианта:

1. $x_i = 0$, $x_j = \frac{S_{ij}}{s_j}$,
2. $x_j = 0$, $x_i = \frac{S_{ij}}{s_i}$,
3. $x_i = b_i$, $x_j = \frac{S_{ij} - s_i b_i}{s_j}$,
4. $x_j = b_j$, $x_i = \frac{S_{ij} - s_j b_j}{s_i}$.

Во всех случаях число проектов, для которых число домов включенных в план меньше максимального, уменьшилось на единицу.

Теорема доказана.

Пусть проект j это проект, у которого число домов, включенных в план меньше b_j. Если исключить этот проект, то для оставшихся проектов получаем задачу с переменными $\{x_i\}$, принимающими значение либо 0, либо b_i, $i = \overline{1,m}$. Решая эту задачу методом дихотомического программирования, получим зависимость минимальных затрат $C_j(Y_j)$, $0 \le Y_j \le R$ от площади Y_j, которую обеспечивают проекты, включенные в план, за исключением проекта j.

Оптимальная величина Y_j (и следовательно x_j) определяется из уравнения

$$C_j(R) = \min_{Y_i} \left[C_j(Y_j) + c_j(R - Y_j) \right], \quad (4)$$

Решая задачу для всех $j = \overline{1,m}$ и выбирая наилучший вариант получаем оптимальное решение.

Пример 1. Имеются четыре проекта, данные о которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

i \ x_i	1	2	3	4	5	s_i
1	5	8	1	4	5	1
2	9	14	7	8		2
3	8	2	4	6		5
4	9	4	8	1	2	4

Примем R = 22.

I. Исключаем проект 4.

1 шаг. Рассматриваем проекты 1 и 2. Решение приведено в табл. 2.

Таблица 2

1	18;8	33;13
0	0;0	15;5
2 / **1**	**0**	**1**

Результаты сведены в табл. 3

Таблица 3

№ варианта	0	1	2	3
Затраты	0	15	18	33
Площадь	0	5	8	13

2 шаг. Рассматриваем объединенный проект (1, 2) и проект 3. Решение приведено в табл. 4.

Таблица 4

1	18;8	33;13	18;8	33;13
0	0;0	15;5	0;0	15;5
3 / **(1,2)**	**0**	**1**	**2**	**3**

Зависимость $C_4(Y_4)$ имеет вид табл. 5

Таблица 5

$\mathbf{Y_4}$	0	5	8	20
$\mathbf{C_4}$	0	15	18	16

Вычисляем

$$C_4(R) = \min[15 + 21.25; 18 + 19.5; 16 + 4.5] = 20.5.$$

Поясним, как получена эта величина. Заметим, во-первых, что в непрерывной задаче для оптимального решения ограничения (3) всегда выполняется как равенство. Поэтому вариант (31; 25) не рассматриваем. Для варианта (15; 5) необходимо добавить 17 ед. площади домов четвертого типа, то есть $x_4 = 4\frac{1}{4}$ дома из табл.1 получаем, что дополнительные затраты составят

$$C_4(x_4) = 21 + \frac{1}{4}(22 - 21) = 21.25.$$

Аналогично для варианта (18; 8) необходимо добавить 14 ед. площади домов четвертого типа, то есть $x_4 = 3.5$ дома. Дополнительные затраты составят

$$C_4(x_4) = 18 + \frac{1}{2}(21 - 18) = 19.5.$$

Наконец, для варианта (16; 20) необходимо добавить 2 ед. площади домов четвертого типа, то есть $\mathbf{x}_4 = 0.5$ дома. Дополнительные затраты составят

$$C_4(x_4) = 0.5 \cdot 9 = 4.5.$$

II. Исключаем проект 1.

1 шаг. Рассматриваем проекты 3 и 4. Решение приведено в табл. 6.

Таблица 6

1	22;20	-
0	0;0	16;20
4 / 3	**0**	**1**

Результаты сведены в табл. 7.

Таблица 7

№ варианта	0	1
Затраты	0	16
Площадь	0	20

2 шаг. Рассматриваем объединенный проект (3, 4) и проект 2. Решение приведено в табл. 8.

Таблица 8

1	18;8	-
0	0;0	16;20
2 / (3,4)	0	1

Зависимость $C_1(Y_1)$ имеет вид табл. 9

Таблица 9

Y_1	0	20
C_1	0	16

$$C_1(R) = 16 + 8 = 24.$$

III. Исключаем проект 3.

Рассматриваем объединенный проект (1, 2) табл. 3 и проект 4. Решение приведено в табл. 10.

Таблица 10

1	22;20	-	-	-
0	0;0	15;5	18;8	33;13
4 / (1,2)	**0**	**1**	**2**	**3**

Зависимость $C_2(Y_2)$ имеет вид табл. 11

Таблица 11

Y_2	0	5	8	20
C_2	0	15	18	22

Вычисляем

$$C_3(R) = \min\left[15 + 14 + \frac{4}{5}; 18 + 12 + \frac{8}{5}; 22 + \frac{16}{3}\right] = 25\frac{1}{5}.$$

IV. Исключаем проект 2.

Рассматриваем объединенный проект (3, 4) и проект 1. Решение приведено в табл. 12.

Таблица 12

1	15;5	-
0	0;0	16;20
1 / (3,4)	0	1

Зависимость $C_2(Y_2)$ имеет вид табл. 13

Таблица 13

Y_2	0	15	16
C_2	0	5	20

Вычисляем

$$C_2(R) = \min\left[5+17+\frac{1}{2};\ 20+17\right] = 22\frac{1}{2}.$$

Оптимальный вариант состоит в исключении проекта 4. Затраты равны 20,5. Методом обратного хода определяем оптимальное решение:

$$x_1=0; \qquad x_2=0; \qquad x_3=4; \qquad x_4=0{,}5.$$

Заметим, что нецелочисленное решение можно превратить в целочисленное. В-первых, увеличиваем x_4 до ближайшего целого числа $x_4=1$. Затраты увеличиваются до 25. Во-вторых уменьшаем x_4 до ближайшего целого числа $x_4=0$. При этом площадь уменьшится на $\Delta=2$ единицы. Решаем задачу минимизации

$$c_1(x_1)+c_2(x_2)+c_3(x_3).$$

при ограничении

$$s_1x_1+s_2x_2+s_3x_3=\Delta.$$

Поскольку **Δ** не превышает **s_4**, то задача легко решается перебором. В данном случае оптимальное решение

$$x_1=2,\ c_1(x_1)=8.$$

и совокупные затраты 24.

Как будет показано ниже, это решение является оптимальным. Вычислительные эксперименты показали, что предложенный способ получения целочисленного решения в 90 % случаев дает оптимальное решение.

Заметим, что ошибка уменьшается с ростом R и с уменьшением разницы между s_i. В частности имеет место теорема.

Теорема 2. Пусть S_i=s, $i=\overline{1,m}$. В этом случае теорема 1 справедлива и для целочисленного решения.

Доказательство. Если S_i=s, $i=\overline{1,m}$, то условие (3) переходит в условие

$$\sum_i x_i \geq \frac{R}{s}, \quad (5)$$

а в этом случае всегда существует целочисленное решение нецелочисленной задачи.

Пример 2. Примем в предыдущем примере S=3. Имеем

$$\frac{R}{s} = \frac{22}{3} = 7\frac{1}{3}.$$

В силу целочисленности ограничение (5) принимает вид

$$\sum_i x_i = 8.$$

I. Исключаем проект 4.

Сразу приведем итоговую таблицу табл. 14

Таблица 14

Y_4	5	8
C_4	15	34

Вариант (4; 16) исключаем, поскольку он доминируется вариантом (5; 15)

Имеем

$$C_4(R) = \min[15+18; 34] = 33.$$

II. Исключаем проект 1.

Итоговая таблица $C_1(Y_1)$ имеет вид табл. 15

Таблица 15

Y_1	4	5	8
C_1	16	22	34

Имеем

$$C_1(R) = \min[16+14;\ 22+11;\ 34] = 30.$$

III. Исключаем проект 3.

Итоговая таблица $C_3(Y_3)$ имеет вид табл. 16

Таблица 16

Y_3	4	5
C_3	18	15

Имеем

$$C_3(R) = \min[18+16; 15+14] = 31.$$

IV. Исключаем проект 2.

Итоговая таблица $C_2(Y_2)$ имеет вид табл. 17

Таблица 17

Y_2	4	5
C_2	16	15

Имеем

$$C_2(R) = \min[16+18; 15+18] = 33.$$

Оптимальный вариант:

x_1=4; x_3=4;

С затратами 30.

4. Метод ветвей и границ

Рассмотрим применение для решения задачи метода ветвей и границ.

Для получения нижних оценок стоимости строительства, производим овыпукление функций затрат (под овыпуклением понимается построение выпуклой функции $\tilde{C}(x)$ максимально близкой к $C(x)$ снизу (рис. 1).

Будем называть ее оценочной функцией. Ее уравнение

$$\tilde{C}(x) = \frac{c(b)}{b} \cdot x,\ 0 \le x \le b.$$

Достаточно упорядочить проекты по убыванию $q_i = \dfrac{c_i(b_i)}{b_i \cdot S_i}$ и включить в план проекты согласно этому упорядочиванию до тех пор пока не будет выполнено ограничение по жилой площади застройки.

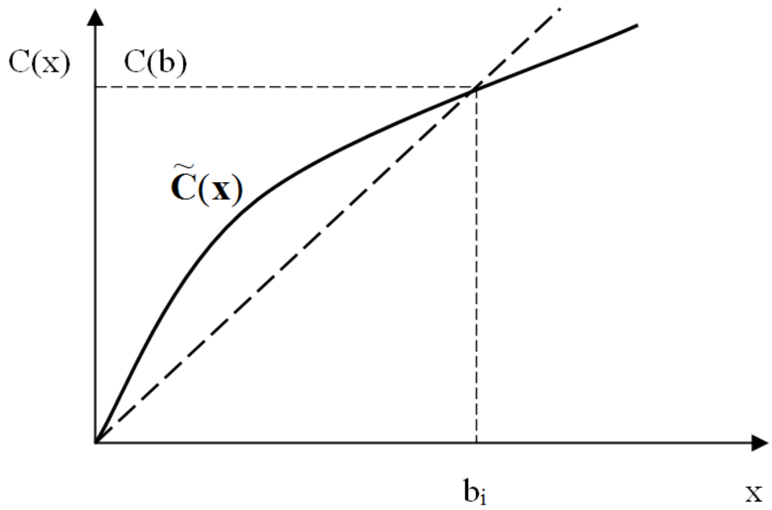

Рис. 1. *Выпуклая функция* $\tilde{C}(x)$ *максимально близкая к* $C(x)$ *снизу*

Оценочная задача в непрерывном случае легко решается.

Описание алгоритма.

Предварительный шаг. Решаем оценочную задачу. Если получено решение x^o, такое что $C_i(x_i^o) = \widetilde{C}_i(x_i^o)$ для всех i, то это решение является оптимальным. В противном случае переходим к шагу 1.

1 шаг. Выбираем проект, для которого $C_i(x_i^o) > \widetilde{C}_i(x_i^o)$. Делим множество всех решений на два подмножества. В первом подмножестве $x_i \le [x_i^o]$, а во втором $x_i \ge x_i^o$, если x_i^o - целое и $x_i \ge [x_i^o]+1$, если x_i^o - не целое.

Решаем оценочные задачи для каждого подмножества. Овыпукление функции $C_i(x_i)$ для каждого подмножества показано на рис. 2.

Выбираем подмножество с меньшей оценкой. Если для этого подмножества в решении x^1 оценочной задачи имеет место $\widetilde{C}_i(x_i^1) = c_i(x_i)$ для всех i, то решение является оптимальным. В противном случае продолжаем ветвление.

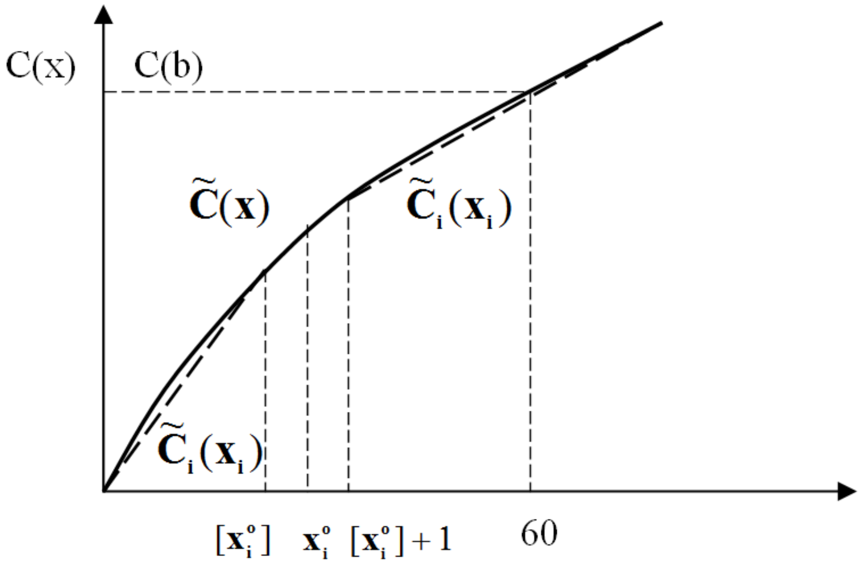

Рис. 2. *Овыпукление функции* $C_i(x_i)$ *для каждого подмножества*

Пример 2. Рассмотрим пример с данными табл. 1

Предварительный шаг. Вычисляем.

$$q_1 = \frac{15}{5\cdot 1} = 3,\ q_2 = \frac{18}{4\cdot 2} = 2\frac{1}{4},\ q_3 = \frac{16}{4\cdot 5} = \frac{4}{5},\ q_4 = \frac{22}{4\cdot 5} = 1\frac{1}{10}.$$

Имеем

$$q_3 < q_4 < q_2 < q_1.$$

$$x_3 = 4,\ x_3 s_3 = 20 < R = 22.$$

$$x_4 = \frac{22-20}{s_4} = 0.5.$$

Оценка **Q** равна

$$Q = 16 + 0.5\frac{22}{20} = 16.55\,.$$

1 шаг. Поскольку $\tilde{C}_4(x_4) \neq C\,(x_4)$, то ветвимся по проекту 4. Разделяем множество всех решений на два подмножества. В первом x_4=0, а во втором x_4≥1. Оценка первого подмножества (x_4=0):

$$x_3 = 4, \quad x_2 = \frac{22-20}{s_2} = 1.$$

Оценка

$$Q(x_4 = 0) = 16 + 2\frac{1}{4} = 18\frac{1}{4}.$$

Оценка второго подмножества (x_4≥1):

$$x_4 = 1, \quad x_3 = \frac{22-4}{5} = 3.6\,.$$

$$Q(x_4 \geq 1) = 9 + 3.6 \cdot 4 = 23.4\,.$$

Выбираем первое подмножество.

2 шаг. Поскольку $\tilde{C}_2(x_2) < C_2(x_2)$, то ветвимся по проекту 2. Делим множество $Q(x_4 = 0)$ на два подмножества. В первом x_2≤1, а во втором x_2≥1.

Оценка первого подмножества (x_2≤1):

$$x_3 = 4, \quad x_1 = Z_1\,.$$

Оценка

$$Q(x_4 = 0, x_2 \leq 1) = 16 + 6 = 22\,.$$

Оценка второго подмножества (x_2≥1):

$$x_3 = 4, \quad x_2 = 1.$$

$$Q(x_4 = 0, x_2 \geq 1) = 25\,.$$

Эта оценка достижима. Выбираем подмножество $(x_4 = 0, x_2 \leq 1)$ с минимальной оценкой 22.

3 шаг. Поскольку $\tilde{C}_1(x_1) < C_1(x_1)$, то делим это подмножество на 2. Оценка первого подмножества (x_1≤2). Вычисляем:

$$x_3 = 4, \quad x_1 = 2\,.$$

$$Q(x_4 = 0; x_2 \leq 1; x_1 \leq 2) = 16 + 8 = 24\,.$$

Эта оценка достижима.

Оценка второго подмножества (x_2≥2). Вычисляем:

$$x_3 = 4,\ x_1 = 2.$$

$$Q(x_4 = 0; x_2 \le 1; x_1 \ge 2) = 24.$$

Полученное решение является допустимым.

Выбираем подмножество ($x_4 \ge 1$) с оценкой 23,4. Заметим, однако, что в целочисленной задаче затраты так же должны быть целым числом. Поэтому оценка подмножества ($x_4 \ge 1$) равна 24 и следовательно решение $x_3 = 4,\ x_1 = 2$ является оптимальным. Для проверки существования других оптимальных решений продолжим ветвление.

4 шаг. Поскольку $\widetilde{C}_3(x_3) < C_3(x_3)$, то делим подмножество ($x_4 \ge 1$) на два.

Оценка подмножества ($x_4 \ge 1$; $x_3 \le 3$):

Имеем

$$x_3 = 3, \quad x_4 = 1\frac{3}{4}.$$

$$Q(x_4 \ge 1; x_3 \le 3) = 14 + 9 + \frac{13}{4} \cdot \frac{3}{4} = 25\frac{7}{16}.$$

Оценка подмножества ($x_4 \ge 1$; $x_3 = 4$):

Имеем

$$x_3 = 4, \quad x_4 = 1.$$

$$Q(x_4 \ge 1; x_3 \ge 3) = 16 + 9 = 25.$$

Таким образом, решение $x_3 = 4,\ x_1 = 2$ является единственным оптимальным решением. Дерево ветвлений приведено на рис. 3.

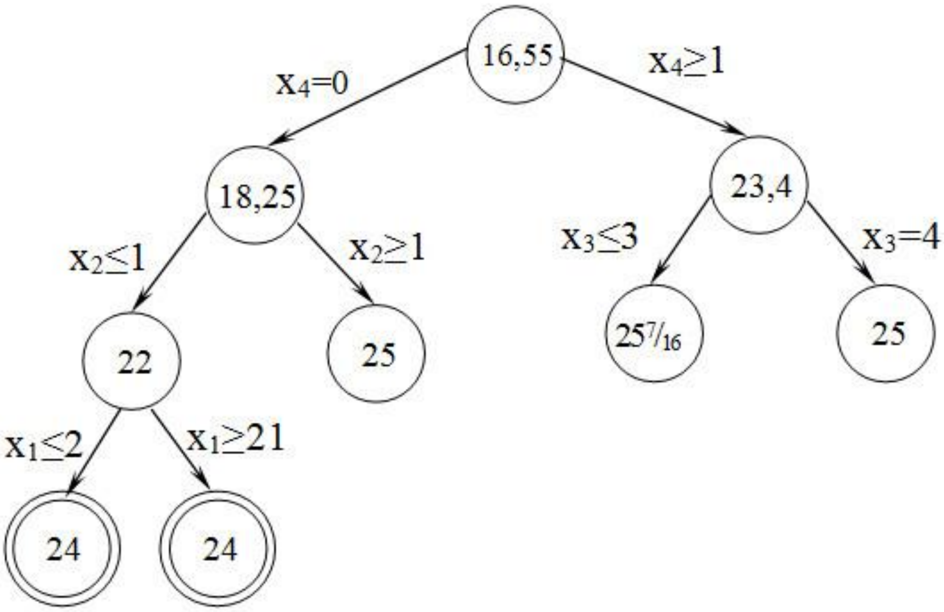

Рис. 3. *Дерево ветвлений*

Том 7, №6 (ноябрь - декабрь 2015)
publishing@naukovedenie.ru

5. Учет ограничений на площадь земельного участка

Учет ограничений на площадь земельного участка приводит к дополнительному ограничению. Обозначим t_i - площадь, требуемую для строительства дома i-го типа, **N** - общая площадь, отведенная под строительство жилых домов.

Ограничение имеет вид

$$\sum_{i=1}^{m} t_i x_i \le N \,. \qquad (6)$$

Получили задачу целочисленного программирования с двумя линейными ограничениями. Для решения задачи можно применить стандартные программные продукты по решению задач целочисленного программирования.

6. Заключение

Рассмотренные постановки задач не учитывают ряда фактов. Во-первых, затраты на строительство дома зависят не только от проекта, но и от земельного участка, на котором будет осуществляться строительство. Во-вторых, следует учитывать риски, связанные со строительством. Учет этих факторов требует дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михин, П.В. Модели и методы оптимизации планов проектных работ / И.В. Буркова, П.В. Михин, М.В. Попок, П.И. Семенов, Л.В. Шевченко / – М., 2005 (Научное издание / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН).
2. Баркалов, П.С. Задачи распределения ресурсов в управлении проектами / П.С. Баркалов, И.В. Буркова, А.В. Глаголев, В.Н. Колпачев / – М., 2002 (Научное издание / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН).
3. Баркалов, С.А. Методы агрегирования в управлении проектами / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, Н.М. Гилязов / – М., 1999 (Научное издание / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН).
4. Баркалов, С.А. Минимизация упущенной выгоды в задачах управления проектами / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, Н.М. Гилязов / – М., 2001 (Научное издание / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН).
5. Баркалов С.А. Оптимизационные модели и методы в управлении строительным производством / С.А. Баркалов, П.И. Семенов, В.Н. Бурков, П.Н. Курочка, А.И. Половинкина / Воронеж, 2007.
6. Баркалов, С.А. Модели и механизмы управления недвижимостью / Баркалов С.А., Бурков В.Н., Курочка П.Н. / Москва, 2007.
7. Баркалов, С.А. Модели и методы управления проектами при организационно-технологическом проектировании строительства / Баркалов С.А., Курочка П.Н., Маилян Л.Р., Суровцев И.С. / Воронеж, 2013.
8. Бурков В.Н., Авдеев В.П., Мышляев Л.П. и др. К развитию человеко-машинного взаимодействия в АСУ // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1980. – №4. – С. 103 – 108.
9. Бурков В.Н., Еналеев А.К., Киселева Т.В. Двухканальные активные системы типа «советчик оператора» для управления металлургическими объектами: препринт – М.: ИПУ РАН, 2014. – С. 27 – 29.
10. Зильберова И.Ю., Петрова Н.Н., Зильберов Р.Д. Проблемы инженерной подготовки строительного производства и разработки организационно-технологической документации с использованием информационно-вычислительных систем. // «Инженерный вестник Дона». №4 (часть 2), 2012 г. http:// http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1293.

Рецензент: Статья рецензирована членами редколлегии журнала.

Zilberova Inna Yurevna
Rostov State University of Civil Engineering
Russia, Rostov-on-Don
E-mail: zilberova2011@yandex.ru

Mailyan Aleksandr Levonovich
Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
Russia, Voronezh
E-mail: lrm@aaanet.ru

Barkalov Sergey Alekseevich
Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
Russia, Voronezh
E-mail: sbarkalov@nm.ru

Pinaeva Maria Alexandrovna
Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering
Russia, Voronezh
E-mail: U00740@vgasu.vrn.ru

Optimization of building of the area taking into account various restrictions

Abstract. The problem of optimal reconstruction of the area was considered in the case of linear dependence of construction costs on the number of homes of each type. In article problems of optimum (at cost) building of the area taking into account restrictions on the demanded area of premises, and on the area of the land allocated for the construction of residential buildings are considered. For the solution of problems the method of dichotomizing programming, and also a method of branches and borders with receiving estimates on the basis of a method of network programming is offered. The paper considers alternative when the costs of house construction depend not only on project but also on the land on which construction will take place. The problem was considered without taking into account technical risks associated with the construction, considered only monetary risks.

Keywords: construction area; optimization; dichotomizing programming; the unit cost of the project; a continuous version of the problem; the dependence of the minimum cost integer solution; the method of branches and borders; the evaluation problem; integer programming.

REFERENCES

1. Mikhin, P.V. Of Model and methods of optimization of plans of project works / I.V. Burkova, P.V. Mikhin, M.V. Popok, P.I. Semenov, L.V. Shevchenko / – M., 2005 (The Scientific publication / Institute of problems of management of V.A. Trapeznikov of the Russian Academy of Sciences).
2. Barkalov, P.S. Problems of distribution of resources in management of projects / P.S. Barkalov, I.V. Burkova, A.V. Glagolev, V.N. Kolpachev /– M., 2002 (The Scientific publication / Institute of problems of management of V.A. Trapeznikov of the Russian Academy of Sciences).
3. Barkalov, S.A. Aggregation methods in management of projects / S.A. Barkalov, V.N. Burkov, N.M. Gilyazov /– M., 1999 (The Scientific publication / Institute of problems of management of V.A. Trapeznikov of the Russian Academy of Sciences).
4. Barkalov, S.A. Minimization of the missed benefit in problems of management of projects / S.A. Barkalov, V.N. Burkov, N.M. Gilyazov /– M., 2001 (The Scientific publication / Institute of problems of management of V.A. Trapeznikov of the Russian Academy of Sciences).
5. Barkalov S.A. Optimizing models and methods in management of construction production / S.A. Barkalov, P.I. Semenov, V.N. Burkov, P.N. Kurochka, A.I. Polovinkina / Voronezh, 2007.
6. Barkalov S.A. Models and mechanisms of management Real estate / Barkalov S.A., Burkov V.N., P.'s Chicken of N / Moscow, 2007.
7. Barkalov S.A. Models and methods of management of projects at organizational and technological design Construction / Barkalov S.A., Chicken P.N., Mailyan L.R., Surovtsev I.S. / Voronezh, 2013.
8. Burkov V.N., Avdeev V.P., Myshlyaev L.P. and others To the development of human-machine interaction in automated control system, Izv. universities. Ferrous metallurgy. – 1980. – No.4. – P. 103 – 108.
9. Burkov V.N., Enaleev A.K., Kiselyova T.V. two-channel active system type "operator guide" to manage metallurgical objects: Preprint – M.: IPU Russian Academy of Sciences, 2014. – p. 27 – 29.
10. Zilberov I.Yu., Petrova N.N., Zilberov R.D. Problems of engineering preparation of construction of production and development of organizational-technological documentation with the use of information systems // "Engineering journal of don". No.4 (part 2), 2012, http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1293.