

УДК 519

doi: 10.26102/2310-6018/2019.24.1.039

В.Л. Бурковский, С.А. Баркалов, П.Н. Курочка, М.А. Пинаева

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНОВ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»,
Воронеж, Россия

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. Задача оптимальной застройки района была рассмотрена для случая линейной зависимости стоимости строительства от числа домов каждого типа. Результаты 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. Первоначально рассматривается алгоритм решения задачи для непрерывного случая. В этого варианта доказывается, что оптимальным решением задачи будет являться решение, в котором из числа проектов, включаемых в производственную программу, только для одного проекта число домов может быть меньше максимально допустимого, выбираемое из соображений архитектурного разнообразия. Определены условия, когда результаты этого утверждения будут справедливы и для целочисленного решения. Для решения поставленной задачи предлагается использование метода ветвей и границ. Основная трудность в реализации этой схемы заключается в необходимости получения нижних оценок для решаемой задачи. С этой целью предлагается использовать процедуру выпукления функций затрат, направляемых на выполнение намеченной производственной программы.

Ключевые слова: метод дихотомического программирования, функция стоимости строительства, модель оптимальной застройки, план развития городских территорий, модификация метода ветвей и границ, нижние оценки.

1. Введение

Строительный комплекс Российской Федерации представлен 235351 предприятием, из них относится к субъектам малого предпринимательства (включая микропредприятия) 227452 предприятия или 96,6% от их общего числа, при этом микропредприятия составляют 179947 субъектов экономической деятельности, удельный вес которых составляет 76,5%. Объем работ выполненные по виду экономической деятельности «Строительство» в 2015 году составил 6148,4 млрд. руб.

Основной объем производства сосредоточен в сфере жилищного строительства, так в 2016 году было введено жилых зданий общей площадью 103,4 млн. м², в то время как за этот же период введено зданий

нежилого назначения общей площадью в 32,4 млн. м², что примерно в 3,2 раза меньше. Следовательно, основной объем работ в строительстве сосредоточен в сфере жилого строительства, что объясняется несколькими факторами: прежде всего наличием достаточно большого количества ветхого и аварийного жилья особенно в регионах. Достаточно вспомнить, что серия дома была самой распространенной в СССР серией панельных 5-этажных домов 1-го периода индустриального домостроения («хрущевок»). В период с 1958 по 1964 г. строительство домов серии 1 – 464 осуществляли около двухсот (!) ДСК (домостроительных комбинатов) по всей стране. Нормативный срок их службы определялся в 25 лет, естественно он уже давно истек, и назрела необходимость решать вопрос о дальнейшей судьбе этих домов. В Москве уже принято решение об их сносе. Однако встречаются и серии, где количество этажей 8 и 9, а также 5-этажки с улучшенными характеристиками (в т. ч. кирпичные), перспектива которых пока неясна.

С другой стороны, современные условия диктуют повышение качества жизни населения страны, одним из индикаторов которого является обеспеченность жильем. Несмотря на то, что, согласно статистическим данным, средняя обеспеченность жильем составляет более 24 м² на человека, возникают вопросы относительно качества этого жилья, которое может сильно различаться в зависимости от региона. Таким образом, возникает достаточно часто ситуация, когда имеющееся жилье, уже не устраивает. Возникает спрос на новое жилье эконом-класса, но современной планировки. Этот спрос стимулирует предложение на строительном рынке.

Несколько неожиданным аспектом увеличения доли жилищного строительства в общем объеме по виду экономической деятельности «Строительство» является инвестиционная функция, выполняемая объектами недвижимости, к которым и относится жилье. В то время как в силу сложившейся экономической ситуации в стране, из реально действующих инвестиционных инструментов, направленных на сохранение и преумножение, имеющихся в распоряжении потенциальных инвесторов, средств, к настоящему времени осталась только недвижимость, вполне понятен и интерес мелких инвесторов к жилищному строительству. Это также способствует возрастанию объемов строительства жилья. Причем именно жилья, так как нежилая недвижимость требует одномоментного вложения средств, весьма значительных по объему.

Таким образом, перед строительными организациями возникает задача создания объектов жилой недвижимости с учетом современных

тенденций развития жилищного строительства. Комплексный подход к данной проблеме предполагает одновременно со строительством жилья строительство и объектов инфраструктуры. Это приводит к необходимости организации проектирования микрорайонов по единым стандартам и требованиям. Причем на стадии проектирования необходимо согласовать интересы всех участников строительства: муниципалитета; строительных организаций, реализующих конкретный проект застройки; будущих жильцов; собственников; инвесторов.

Это требует применения современных методов, обеспечивающих оптимальное сочетание интересов всех контрагентов и повышение эффективности деятельности строительных организаций. Тем более что анализ показал: при среднегодовой численности занятых в строительстве в 2016 году в количестве 5651,9 тыс. чел., что составляет от общей численности трудовых ресурсов в экономике страны 8,3%; удельный вес строительства в валовом внутреннем продукте страны составил 5,9%. Это может свидетельствовать о достаточно низкой эффективности использования трудовых ресурсов в области строительства, так как 8,3% трудовых ресурсов обеспечивают вклад в ВВП страны всего на уровне 5,9%. О достаточно низкой эффективности работы строительных предприятий страны свидетельствует и тот факт, что удельный вес убыточных организаций в общем числе организаций составил 21%.

Следовательно, возникает необходимостью разработки новых подходов к формированию эффективного комплекса моделей, обеспечивающих оптимальную (по стоимости) застройку района с учетом ограничений на требуемую площадь жилых помещений, на площадь земельного участка, отведенного под строительство жилых зданий и учитывающего риски реализации предлагаемых проектов.

2. Материалы и методы

Имеются m типов (проектов) домов для застройки района. Каждый проект характеризуется величиной себестоимости $c_i(x_i)$, зависящей от числа домов 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 x_i должно удовлетворять условиям

$$x_i \leq b_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

b_i – максимально возможное число домов по проекту i -го типа, выбираемое из соображений архитектурного разнообразия.

Так как существует известная зависимость удельной стоимости проекта от числа домов [1, 2], возводимых в рамках этого проекта, то предположим, что $c_i(x_i)$ будет являться вогнутой функцией от x_i , при этом должно выполняться вполне логичное условие $c_i(0) = 0, i = \overline{1, m}$. Экономия достигается за счет более рационального плана закупок материалов и комплектующих, организации совмещения работ, уменьшения времени на подготовку к строительству нового объекта, так как объекты однотипны. В этом случае возникает следующая оптимизационная задача: найти $x_i \geq 0, i = \overline{1, m}$, такие, что позволяют осуществить минимизацию общих затрат на выполнение всего комплекса работ (2) по застройке микрорайона при ограничениях (1) и (3).

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

$$\sum_i s_i \cdot x_i \geq R, \quad (3)$$

где s_i – величина площади дома, возведенного по i -му проекту, подлежащей реализации; R – минимально допустимый размер коммерческой площади при выполнении всех проектов.

3. Результаты и их обсуждения

Рассмотрим поставленную задачу в непрерывном варианте. Тогда будет справедлива следующая 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 .

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 . Решая эту задачу методом дихотомического программирования, получим зависимость минимальных затрат $C_j(s_j), 0 \leq s_j \leq R$ от площади s_j , которую обеспечивают проекты, включенные в план, за исключением проекта j .

Оптимальная величина s_j (и, следовательно, x_j) определяется из уравнения (4)

$$C_j(R) = \min_{s_j} [C_j(s_j) + c_j(R - s_j)]. \quad (4)$$

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

Для решения поставленной задачи опишем вариант реализации метода ветвей и границ [3, 4].

Как известно, для успешного применения данного метода необходимо определить способ получения нижних оценок. Для этой цели в данном случае предлагается использовать процедуру выпукления [5] функций затрат, направляемых на выполнение намеченной производственной программы. Для этой цели необходимо будет построить выпуклую функцию $\tilde{C}(x)$ максимально близкую к исходной функции $C(x)$ снизу.

Будем называть ее оценочной функцией (5)

$$\tilde{C}(x) = \frac{c(b)}{b} \cdot x, 0 \leq x \leq b. \quad (5)$$

Оценочная задача в непрерывном случае легко решается. Алгоритм решения представлен блок-схемой на Рисунке 1.

Учет ограничений на площадь земельного участка приводит к дополнительному ограничению. Обозначим t_i – площадь, требуемую для строительства дома i -го типа, N – общая площадь земельного участка, отведенного под строительство жилых домов. Ограничимся случаем линейной зависимости стоимости строительства от числа домов каждого типа [6, 7]. Задача заключается в максимизации площади жилых помещений

$$S(x) = \sum_i x_i \cdot s_i, \quad (6)$$

при ограничениях

$$T(x) = \sum_i t_i \cdot x_i \leq N. \quad (7)$$

Получили задачу целочисленного линейного программирования с двумя ограничениями. Для ее решения можно применить стандартные программы [8, 9].

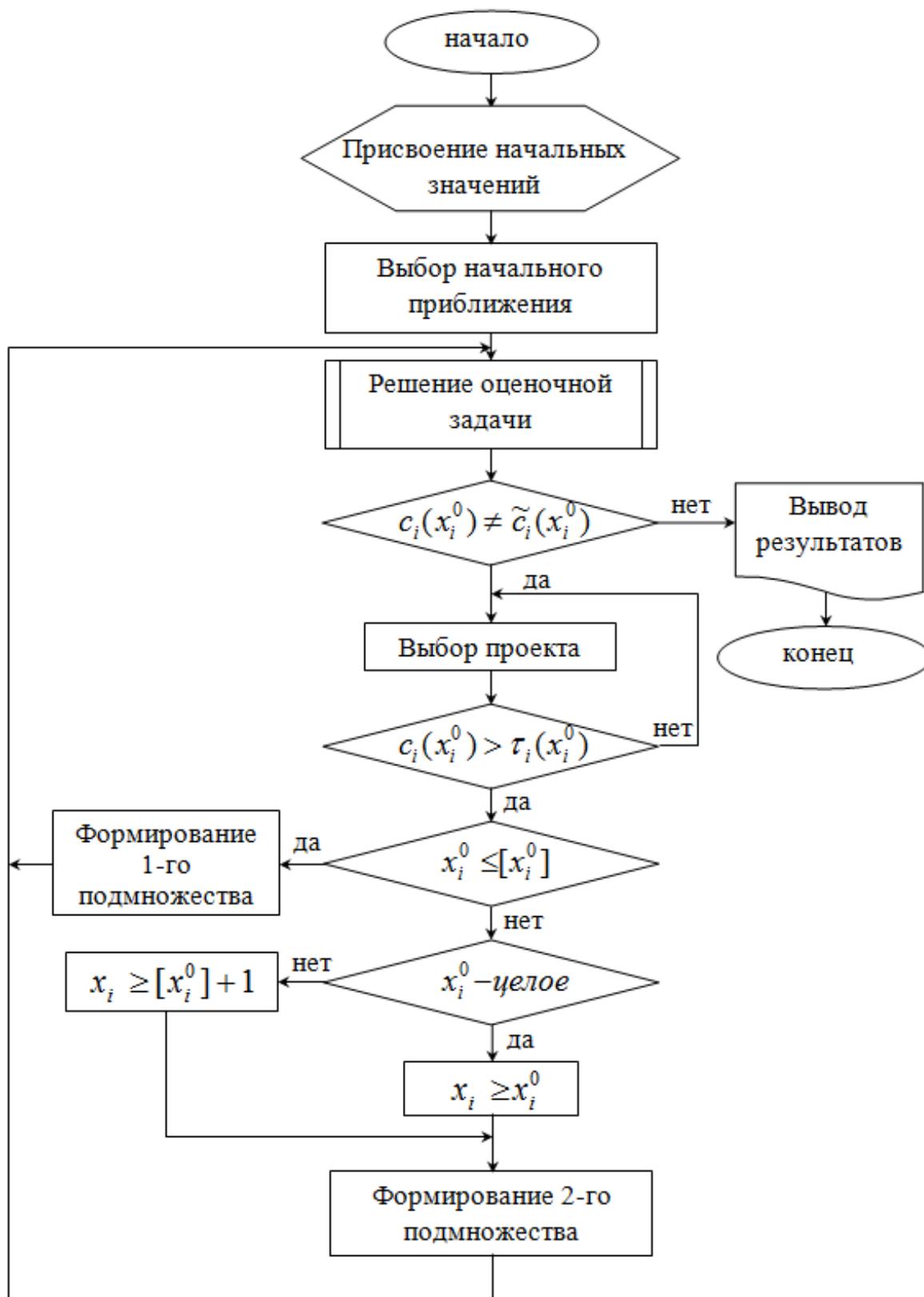


Рисунок 1 – Блок-схема решения оценочной задачи в непрерывном случае

4. Заключение

Проведенный анализ существующих моделей и методов оптимизации планов застройки района, показал, что модельное обеспечение проблемы охватывает только процессы, связанные с общими планировочными приемами застройки и функционального зонирования. То есть, существующий комплекс методов и моделей не обеспечивают учет с одной стороны экономических факторов, связанных с выбором параметров застройки микрорайонов, а с другой – не позволяет учесть интересы всех сторон анализируемого процесса, в частности собственников недвижимости.

Предложена модель оптимальной застройки по критерию минимизации затрат на основе модификации метода дихотомического программирования, отличающаяся тем, что оптимальное решение задачи включает не более чем один проект в котором число домов меньше максимально допустимого (теорема 1), что позволяет свести исходную задачу к анализу ограниченного числа вариантов, число которых определяется числом используемых проектов, а также распространить результаты теоремы 1 на целочисленный случай (теорема 2).

Разработана модификация метода ветвей и границ для решения задачи минимизации затрат, отличающаяся построением нижних оценок стоимости строительства на основе замены функции затрат ее выпуклым приближением максимально близким к исходной функции снизу, что позволяет сформулировать критерий получения оптимального решения упорядочив проекты по убыванию данного критерия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баркалов, С. А. Формирование программ развития с учетом рисков / С. А. Баркалов, Л. В. Россихина, М. А. Пинаева // Экономика и менеджмент систем управления. Научно-практический журнал. – № 2 (16). – 2015. – С. 10-16.
2. Баркалов, С. А. Оптимизация застройки района с учетом различных ограничений / С. А. Баркалов, И. Ю. Зильберова, А. Л. Маилян, М. А. Пинаева // Интернет-журнал «Науковедение». – Т. 7. – № 6. – 2015. – С. 1-13.
3. Курочка, П. Н. Методы оптимизации планов застройки района / П. Н. Курочка, А. И. Половинкина, М. А. Пинаева // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные

- технологии, управление, радиоэлектроника. – Т. 17. – № 2. – 2017. – С. 134-140.
4. Буркова, И. В. Механизмы встречного планирования для стимулирования уменьшения ожидаемого ущерба / И. В. Буркова, Е. А. Киреева // Научный вестник Воронежского ГАСУ, сер. Управление строительством. – Вып. № 1 (5). – 2014. – С. 213-220.
 5. Новиков, Д. А. Теория управления организационными системами / Д. А. Новиков. 3-е изд. – М.: Физматлит, 2012. – 604 с.
 6. Корноушенко, Е. К. Простой алгоритм номинальной классификации по качественным признакам / Е. К. Корноушенко // Проблемы управления. – № 1. – 2017. – С. 2-10.
 7. Овчинников, В. А. Систематизация точных методов дискретной оптимизации // Наука и образование / МГТУ им. Н. Э. Баумана. Электрон. журн. – 2015. – № 06. – С. 288 – 304.
 8. Муринович, А. А. Особенности управления портфелем межрегиональных проектов и программ / А. А. Муринович, М. П. Логинов // Проблемы управления. – № 3. – 2017. – С. 26-36.
 9. Горбанева, О. И. Механизмы согласования интересов при управлении проектами развития территорий / О. И. Горбанева, А. Д. Мурзин, Г. А. Угольницкий // Управление большими системами. – Вып. 71. – М.: ИПУ РАН, 2018. – С. 61-97.

V.L. Burkovsky, S.A. Barkalov, P.N. Kurochka, M.A. Pinaeva

MODEL FORMATION PLANS FOR THE DEVELOPMENT OF URBAN AREAS

FSBEI of HE «Voronezh State Technical University»

We consider the problem of optimal (at a cost) development of the area, taking into account the restrictions on the required area of residential premises, and on the area of the land plot allocated for the construction of residential buildings. The problem of optimal development of the area was considered for the case of linear dependence of the construction cost on the number of houses of each type. The results are summarized for the case of concave dependencies of construction costs on the number of houses of each type. We consider such special cases when the amount of living space for all houses is equal or the area required for building a house is also equal for all houses. Initially, an algorithm for solving the problem for the continuous case is considered. In this variant, it is proved that the optimal solution to the problem will be a solution in which from the number of projects included in the production program for only one project the number of houses may be less than the maximum allowed, chosen for reasons of architectural diversity. The conditions are determined when the results of this statement will be valid for the integer solution. To solve the problem, the use of the branch and bound method is proposed. The main difficulty in implementing this scheme is the

need to obtain lower bounds for the problem being solved. For this purpose, it is proposed to use the procedure of convexing cost functions directed to the execution of the intended production program.

Keywords: dichotomous programming method, construction cost function, optimal development model, urban development plan, modification of the branch and bound method, lower estimates.

REFERENCES

1. Barkalov, S. A. Formirovanie programm razvitiya s uchetom riskov / S. A. Barkalov, L. V. Rossikhina, M. A. Pinaeva // *Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya. Nauchno-prakticheskiy zhurnal.* – No. 2 (16). – 2015. – pp. 10-16.
2. Barkalov, S. A. Optimizatsiya zastroyki rayona s uchetom razlichnykh ogranicheniy / S. A. Barkalov, I. Yu. Zil'berova, A. L. Mailyan, M. A. Pinaeva // *Internet-zhurnal «Naukovedenie».* – Vol. 7. – No. 6. – 2015. – pp. 1-13.
3. Kurochka, P. N. Metody optimizatsii planov zastroyki rayona / P. N. Kurochka, A. I. Polovinkina, M. A. Pinaeva // *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Komp'yuternye tekhnologii, upravlenie, radioelektronika.* – Vol. 17. – No. 2. – 2017. – pp. 134-140.
4. Burkova, I. V. Mekhanizmy vstrechnogo planirovaniya dlya stimulirovaniya umen'sheniya ozhidaemogo ushcherba / I. V. Burkova, E. A. Kireeva // *Nauchnyy vestnik Voronezhskogo GASU, ser. Upravlenie stroitel'stvom.* – Vyp. No. 1 (5). – 2014. – pp. 213-220.
5. Novikov, D. A. Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami / D. A. Novikov. 3-e izd. – M.: Fizmatlit, 2012. – 604 p.
6. Kornoushenko, E. K. Prostoy algoritm nominal'noy klassifikatsii po kachestvennym priznakam / E. K. Kornoushenko // *Problemy upravleniya.* – No. 1. – 2017. – pp. 2-10.
7. Ovchinnikov, V. A. Sistematizatsiya tochnykh metodov diskretnoy optimizatsii // *Nauka i obrazovanie / MGTU im. N. E. Baumana. Elektron. zhurn.* – 2015. – No. 06. – pp. 288 – 304.
8. Murinovich, A. A. Osobennosti upravleniya portfelem mezhregional'nykh proektov i programm / A. A. Murinovich, M. P. Loginov // *Problemy upravleniya.* – No. 3. – 2017. – pp. 26-36.
9. Gorbaneva, O. I. Mekhanizmy soglasovaniya interesov pri upravlenii proektami razvitiya territoriy / O. I. Gorbaneva, A. D. Murzin, G. A. Ugol'nitskiy // *Upravlenie bol'shimi sistemami.* – Vyp. 71. – M.: IPU RAN, 2018. – pp. 61-97.