

УДК 519.86

**ОБ ОПТИМИЗАЦИИ АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ДЕЛЕНИЯ
МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ***В. В. Мешечкин, А. Н. Павличук***ABOUT OPTIMIZATION OF ADMINISTRATIVE-TERRITORIAL DIVISION
BY METHODS OF MATHEMATICAL MODELLING***V. V. Meshechkin, A. N. Pavlichuk*

В статье рассматривается вопрос использования методов математического моделирования для оптимизации административно-территориального деления. Обсуждается необходимость применения такого подхода, строится и анализируется соответствующая математическая модель.

The question of use of methods of mathematical modeling for optimization of administrative-territorial division is considered in the article. Necessity of application of that approach is discussed, the corresponding mathematical model is constructed and analyzed.

Ключевые слова: административно-территориальное деление, математическое моделирование, оптимизация.

Keywords: administrative-territorial division, mathematical modeling, optimization.

Административно-территориальное деление (АТД) – это разделение территории унитарного государства или территории субъектов федерации на определенные части (административно-территориальные единицы): области, провинции, губернии, департаменты и т. п., в соответствии с которым строится и функционирует система местных органов [1]. Оно обусловлено природными, политическими, экономическими, национальными и иными факторами.

Из-за менее усложненной формы взаимоотношений между административно-территориальными единицами (АТЕ) и государством в целом последнее, как правило, может изменять свое административно-территориальное деление без сложных процедур одобрения подобных решений на местном уровне, что зачастую и происходит (или происходило) на практике.

О многочисленных изменениях АТД России публиковалось неоднократно (см., напр., [2, 3, 4]). Следует отметить, что один из наиболее стабильных периодов, когда районирование почти не менялось, – 1965 – 1991 гг. В середине 1980-х гг. в РСФСР насчитывалось 73 крупных АТЕ первого уровня и 16 входящих в них регионов второго. Конституцией страны 1993 г. в статусе субъектов РФ было закреплено шесть краев, 49 областей, 21 республика, одна автономная область, 10 автономных округов, два города федерального значения – всего 89 образований, существенно различающихся по многим параметрам и правовому положению.

Современное административно-территориальное деление Российской Федерации характеризуется рядом особенностей [5]:

1. Площадь наибольшего субъекта РФ более чем в 3000 раз превышает таковую наименьшего, что намного превосходит размах территориальных различий большинства других федеративных государств планеты, кроме Индии и США. Коэффициент вариации территорий субъектов России 17,7, что

намного выше, чем у других стран: у ближайшей – США – он 8,6, а, например, у близкой к нам по географическому положению, природным условиям и пространственным параметрам Канады – 3,7.

2. Еще большее значение имеют различия в населении субъектов, максимальный размах которых в РФ 433, что намного превышает этот параметр в большинстве других федераций, опять-таки кроме Индии. По коэффициенту вариации населения субъектов (8,5) Россия уступает только Аргентине (10,2). Добавим, что средняя численность населения российского субъекта 1,6 млн чел. – более чем втрое меньше, например, Бразилии, Германии или США.

3. Очень велики экономические контрасты. Величины валового регионального продукта (ВРП) на душу населения во многих субъектах различаются на порядок. Большинство российских административных регионов, особенно европейской части страны, лишены не только ресурсов для самостоятельного развития, но фактически и производственной специализации, а значит, и экономических перспектив. В результате они являются дотационными, и только полтора десятка субъектов «тянут» всю экономику страны.

4. Особо значительные проблемы как экономические, так и правовые связаны с 32 национальными субъектами (до начала «поглощения» округов). Все они, за исключением Татарстана, Башкортостана и Якутии, отличаются низкими значениями ВРП, но по Конституции имеют равные (а фактически большие) права с остальными субъектами. Также эти субъекты имеют преимущества в субвенциях, таможенных пошлинах, налогах.

5. Нельзя признать оптимальным АТД России и с позиций теории управления, недаром такого количества субъектов управления высшего уровня нет нигде в мире. Ближе всех к нам в этом смысле США (50 штатов и федеральный округ), но как раз там задача контролирования регионов из центра, в отличие от России, вообще не стоит. В других же госу-

дарствах число членов федерации еще меньше: в Индии 25 (плюс шесть территорий и федеральный округ), в Мексике 31, в Нигерии 30, в Швейцарии 26, в Бразилии 25 (и федеральный округ), в Аргентине 23, в Германии 16.

Значительное количество нерешенных проблем поднимает вопрос оптимизации АТД России, а в более общей постановке – оптимизации разделения некоторой территории на части. В последнее время появляется большое количество различных предложений об изменении территориальных делений Российской Федерации, начиная от просто предложенных неких лиц, заканчивая официальными программами партий и научными работами (напр., [5 – 8]). Причем практически все эти работы рассматриваются с эмпирических точек зрения людьми, специализирующимися в гуманитарных или общественных науках, и, соответственно, все выводы подкрепляются исторической целесообразностью, культурными связями, обосновываются экономическими или правовыми аспектами. Но в наше время любая реформа, любое изменение, имеющее экономическое влияние, должны опираться на строгие научные расчеты, и здесь большую помощь может оказать применение точных математических методов, позволяющих провести необходимый предварительный анализ средствами математического и компьютерного моделирования, выявить положительные и отрицательные стороны предлагаемых вариантов и рассчитать наиболее оптимальное решение.

Целью данной работы является применение методов математического моделирования для оптимизации АТД некоторой территории (региона, страны), построение и анализ соответствующей математической модели.

В качестве критерия оптимальности АТД возьмем минимизацию издержек на поддержание его структуры без учета стоимости перестройки системы из одной структуры в другую. Вследствие этого будем учитывать только дорогие и сложно изменяемые элементы регионов, такие как населенные пункты (НП), вынесенные за их границы экономические объекты, а также связывающие их системы передачи управленческих решений (команд, ресурсов, товаров и т. п.). Но так как все объекты, как юридические лица, имеют привязку к населенному пункту, то в дальнейшем они считаются единым целым с НП. Поэтому в результате остаются только две группы объектов: НП и управленческие сети. Каждый НП характеризуется численностью населения в нем, а сеть определяется расходами на передачу управлений между НП.

Из числа всех НП нужно выбрать административно-территориальные центры (АТЦ), а оставшиеся пункты подчинить каким-то из этих центров, образовав тем самым ряд административно-территориальных единиц. При этом оптимальность назначения центров и выделения отдельных единиц должна пониматься с точки зрения минимизации суммарных административно-управленческих расходов, состоящих из затрат на содержание административного аппарата в центрах и на деятельность центров по управлению подчиненными им НП.

Введем необходимые обозначения.

Общее число НП обозначим через n , а число выделяемых АТЦ (и, соответственно, количество АТЕ) – через m . Естественно считать, что $m \leq n$.

Тогда процесс административно-территориального деления будет эквивалентен разбиению множества всех НП $N = \{1, \dots, n\}$ на m непересекающихся подмножеств D_j , $j = 1, \dots, m$, каждое из которых соответствует отдельной АТЕ:

$$\bigcup_{j=1}^m D_j = N,$$

$$D_j \cap D_k = \emptyset, \quad j, k = 1, \dots, m, \quad j \neq k,$$

$$D_j \neq \emptyset, \quad j = 1, \dots, m.$$

Зафиксируем m произвольно выбранных АТЦ. Каждый НП должен быть подчинен какому-нибудь из этих центров, причем только одному. Для определения отношения подчинения введем переменные R_{ij} ($i = 1, \dots, n$, $j = 1, \dots, m$), которые принимают значение 1 при условии подчиненности i -го НП j -му АТЦ, и 0 – в противном случае:

$$R_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i \in D_j; \\ 0, & \text{если } i \notin D_j. \end{cases}$$

При этом считается, что всякий АТЦ также является НП в некоторой АТЕ и подчинен самому себе.

Из этих переменных составляется матрица подчиненности R , имеющая размерность $n \times m$:

$$R = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{n1} & R_{n2} & \dots & R_{nm} \end{pmatrix}.$$

Требование подчиненности каждого i -го НП ровно одному АТЦ будет выражаться соотношением:

$$\sum_{j=1}^m R_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

т. е. в каждой строке матрицы R будет только одна единица, а остальные элементы должны равняться нулю.

Число НП в разных АТЕ (и, как следствие, количество единиц в разных столбцах матрицы R) может варьироваться. Предположим, что минимально возможное число НП в составе отдельной АТЕ (считая центр) равняется q ($1 \leq q \leq n/m$), тогда должно выполняться условие:

$$q \leq \sum_{i=1}^n R_{ij} \leq n - (m - 1)q, \quad j = 1, \dots, m.$$

Как частный случай можно взять $q = 1$, тогда в отдельную АТЕ может быть выделен один АТЦ без подчиненных ему НП (например, при его значительной удаленности и обособленности).

Общее число НП остается неизменным (и равным n), поэтому

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij} = n. \quad (2)$$

Однако условие (2) напрямую может быть получено из (1) путем суммирования по i , поэтому при построении математической модели оно является избыточным и в дальнейшем использоваться не будет.

Как уже говорилось, оптимальность АД для заданных АТЦ, а следовательно, оптимальность выбора значений переменных R_{ij} , будем оценивать с позиции минимизации суммарных административно-управленческих расходов, состоящих из двух компонент: затрат на содержание самих центров и затрат на деятельность центров по управлению подчиненными им НП.

При определении первой составляющей будем считать, что расходы на поддержание каждого АТЦ постоянны и не зависят от размеров НП, выступающего в роли центра, размеров соответствующей АТЕ или каких-либо других факторов. Величину этих издержек, которые будем называть административными, для каждого АТЦ примем равной C . Тогда часть суммарных административно-управленческих расходов, отвечающая затратам на содержание административного аппарата в центрах, будет зависеть только от общего числа АТЦ и определяться формулой:

$$F_1(m) = mC. \quad (3)$$

Вторая часть расходов (на административное управление) может быть определена как издержки на передачу управленческих решений населению подчиненных НП, транспортировку ресурсов и товаров и другие подобные нужды.

Обозначим количество жителей i -го НП через S_i , удельные (на одного человека) расходы на передачу управления i -му НП от k -го НП – через P_{ik} . Значение коэффициента P_{ik} отражает возможность и целесообразность установления отношения подчиненности между данными пунктами: чем оно выше, тем более затруднено управление i -м НП со стороны k -го. Это позволяет принимать во внимание различные географические, национальные и прочие особенности в пределах рассматриваемой территории. Как один из вариантов определения величины P_{ik} можно предложить учет степени удаленности НП друг от друга (расстояние между ними) с поправкой на природные, политические, экономические, национальные и иные факторы (коэффициенты сходства или различия).

Тогда управленческие издержки всех АТЕ будут

$$\text{равны: } F_2(m, R) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} S_i R_{ij}. \quad (4)$$

Суммируя (3) и (4), найдем общие административно-управленческие расходы:

$$\begin{aligned} F(m, R) &= F_1(m) + F_2(m, R) = \\ &= mC + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} S_i R_{ij}, \end{aligned} \quad (5)$$

которые и будем минимизировать в задаче.

Объединяя приведенные выше соотношения, получаем модель следующего вида:

$$F(m, R) = mC + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} S_i R_{ij} \rightarrow \min, \quad (6)$$

$$q \leq \sum_{i=1}^n R_{ij} \leq n - (m - 1)q, \quad j = 1, \dots, m, \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^m R_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad (8)$$

$$R_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i = 1, \dots, n, \quad j = 1, \dots, m. \quad (9)$$

Условия (6) - (9) образуют для заданной совокупности АТЦ оптимизационную задачу с целочисленными переменными R_{ij} и фиксированным параметром m – задачу целочисленного (дискретного) программирования. С ее помощью можно оценить эффективность выбранного множества АТЦ и построенных на его основе АТЕ.

Чтобы сравнить между собой разные варианты и оптимизировать АД региона, требуется рассмотреть все возможные сочетания по выбору m центров из n населенных пунктов, что приводит к возникновению семейства задач вида (6)-(9). Решая их и выбирая минимум целевой функции, находим оптимальную систему из m АТЦ, оптимальные значения $R_{ij}^*(m)$ и складывающуюся из них оптимальную матрицу подчиненности $R^*(m)$, т. е. определяем наилучшее (в смысле решаемой задачи) АД для заданного количества АТЕ. При этом включение в формулу (4) коэффициентов численности жителей в подчиненных НП должно привести к тому, что при минимизации расходов на роль центров будут выбираться более крупные и развитые населенные пункты.

Поочередно присваивая m значения от 1 до n , получаем последовательность $\{R^*(m)\}_{m=1}^n$. Подставляя величины $R_{ij}^*(m)$ в (4) и (5), находим выражения для функций управленческих издержек и общих административно-управленческих расходов относительно m :

$$F_2^*(m) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} S_i R_{ij}^*(m), \quad (10)$$

$$\begin{aligned} F^*(m) &= F_1(m) + F_2^*(m) = \\ &= mC + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} S_i R_{ij}^*(m). \end{aligned} \quad (11)$$

Функция (10) для любого m неотрицательна и монотонно убывает по m . А так как функция (3) линейна по m и возрастает, то функция общих расходов (11), являющаяся их суммой, ограничена снизу. Примеры графиков функций административных из-

держек $F_1(m)$, управленческих издержек $F_2^*(m)$ и общих административно-управленческих расходов $F^*(m)$ приведены на рис. 1. При этом нужно иметь в виду, что функция (11) в общем случае может иметь несколько точек локального минимума.

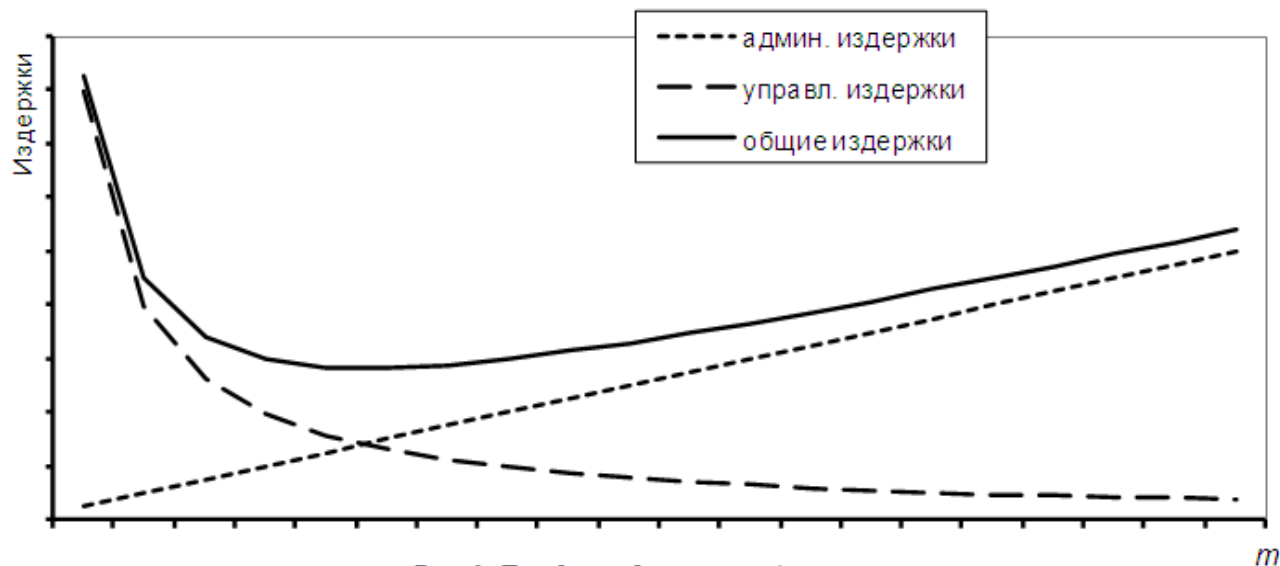


Рис. 1. Графики функций издержек

Следовательно, задача минимизации функции общих административно-управленческих расходов (11) имеет оптимальное решение, найдя которое, мы определим, насколько АТЕ нужно разбить рассматриваемую территорию, какие населенные пункты назначить центрами и как подчинить им остальные пункты.

Литература

1. Большой юридический словарь / под ред. А. Я. Сухарева. — 3-е изд., доп. и перераб. — М.: ИНФРА-М, 2007. — 858 с.
2. Тархов, С. А. Изменение административно-территориального деления России в XIII – XX вв. / С. А. Тархов // Логос. — 2005. — № 1 (46). — С. 65-101.
3. Государственно-территориальное устройство России: Экономические и правовые основы / А. Г. Гранберг, В. В. Кистанов, А. А. Адамеску и др.; под ред. А. Г. Гранберга, В. В. Кистанова. — М.: ДЕКА, 2003. — 448 с.

4. Колосов, В. А. Геополитика и политическая география / В. А. Колосов, Н. С. Мироненко. — М.: Аспект-Пресс, 2001. — 479 с.
5. Корытный, Л. М. Административно-территориальное деление России: бассейновый вариант / Л. М. Корытный // География и природные ресурсы. — 2006. — № 4. — С. 29 – 37.
6. Лапин, В. А. Реформа местного самоуправления и административно-территориальное устройство России / В. А. Лапин, В. Я. Любовный. — М.: Дело, 2005. — 240 с.
7. Бугаев, В. К. Проблемы районирования для целей совершенствования территориального устройства Российской Федерации / В. К. Бугаев // География на рубеже тысячелетий: доклады XII съезда РГО. — СПб., 2005. — Т. 1. — С. 49 – 54.
8. Васильев, В. И. Административно-территориальное устройство региона и территориальное устройство местного самоуправления / В. И. Васильев // Журнал российского права. — 2006. — № 3. — С. 3 – 11.