Оптимизация планирования инвестиций в регионе

на основе показателей качества населения

Катаргин Н.В.

К.ф.-м.н., доцент

Финансовый университет при Правительстве РФ

Аннотация

Президент России В.В.Путин на встрече с губернаторами 20.09.17 и в речи на инаугурации 7 мая 2018 г. напомнил: благосостояние жителей будет главным критерием оценки работы руководителей. Но в настоящее время эффективность управления регионом оценивают по привлечённым инвестициям, произведённым затратам и по количеству введённых в строй объектов (ВВП). Такой подход не позволяет оптимизировать финансовую политику в регионе, так как не учитывает социально значимые показатели, отражающие качество жизни в регионе. **В данной работе предлагается модель, позволяющая распределять бюджет на основе качества населения, которое можно оценить на основе готовых данных, имеющихся в органах здравоохранения (заболеваемость, рождаемость), образования (ЕГЭ), МВД (преступность), военкоматах (количество здоровых призывников), а также соцопросов. Значение имеют не только сами показатели, но и их изменение во времени.** Предполагаем логистическую зависимость параметров от затрат, которая оценивается методом наименьших квадратов. Целевую функцию строим как комбинацию этих параметров: линейную или по моделям Стоуна и Нэша, решаем задачу математического программирования: целевую функцию надо максимизировать при наличии бюджетного ограничения. В модели учитываются риски, присущие проектам, и максимизируется показатель польза/риск. Демонстрационные расчёты проведены в среде Excel и использованием сервиса “Поиск решения” (Solver).

Президент России В.В.Путин подписал 7 мая 2024 г. указ о национальных целях развития на следующую шестилетку и на перспективу до 2036 года.

1. сохранение населения, укрепление здоровья и повышение благополучия людей, поддержка семьи;
2. **реализация потенциала каждого человека, развитие его талантов, воспитание патриотичной и социально ответственной личности;**
3. комфортная и безопасная среда для жизни;
4. экологическое благополучие;
5. устойчивая и динамичная экономика;
6. технологическое лидерство;
7. цифровая трансформация государственного и муниципального управления, экономики и социальной сферы.

Ключевые слова: проекты, инвестиции, качество населения, модель Стоуна, логистическая функция, МНК, оптимизация, риски, Solver Excel.

Optimization of investment planning in a region

based on population quality indicators

Nikolai Katargin

Phd in Physics&Mathematics, Associated Professor

Financial University under the Government of Russian Federation
nnnkkk@yandex.ru
Keywords: projects, investments, population quality, Stone model, logistic function, Least Squares Method, optimization, risks, Solver Excel.

The President of Russia Vladimir Putin at a meeting with governors 20.09.17 and in a speech at the inauguration on 7 may 2018 reminded that the welfare of the inhabitants is the main criterion for evaluation of managers. But now efficiency of management of the region is estimated on the attracted investments, the made expenses and by number of the objects put into operation (GDP). This approach does not allow to optimize the financial policy in a region, as it does not take into account socially significant indicators that reflect the quality of life in the region. This paper proposes a model that allows you to distribute the budget on the basis of the quality of the population, which can be estimated on the ready-made data available in the health authorities (morbidity, fertility), education (exams), police (crime), military enlistment offices (number of healthy recruits), as well as opinion polls. Not only the indicators themselves are important, but also their change over time. We assume the logistic dependence of the parameters on the costs, which is estimated by the Least Squares Method. We construct the target function as a combination of these parameters: linear or Stone or Nash models, and solve the problem of mathematical programming: the target function should be maximized in the presence of a budget constraint. The model takes into account the risks inherent in the projects and maximizes the benefit/risk indicator. Demonstration calculations were carried out in Excel and using the service Solver.

Президент России В.В.Путин неоднократно указывал, что главная задача органов власти – повышение качества жизни людей, выполнение социальных обязательств государства. На встрече с губернаторами 20.09.17 и, речи на инаугурации в 2018 г. и в выступлении на Давосском экономическом форуме 27 января 2021 г. он напомнил: благосостояние жителей будет главным критерием оценки работы новых руководителей. Но в настоящее время эффективность управления регионом и городом оценивают по привлечённым инвестициям, произведённым затратам и по количеству введённых в строй объектов (ВВП). Такой подход не позволяет оптимизировать финансовую политику в регионе, так как не учитывает социально значимые показатели, отражающие качество жизни в регионе. В данной работе предлагается модель, позволяющая распределять бюджет на основе не качества жизни, которое объективно оценить довольно сложно, а качества населения, которое можно оценить на основе готовых данных, имеющихся в органах здравоохранения (заболеваемость, рождаемость), образования (ЕГЭ), МВД (преступность), военкоматах (количество здоровых призывников), а также соцопросов. Значение имеют не только сами показатели, но и их изменение во времени.

Развитие региона предполагает эффективное распределение средств между различными проектами при наличии бюджетных ограничений. При оценке вклада проекта в качество населения региона мы будем учитывать его полезность (в относительных единицах, через функцию полезности), определяемую экспертным путём. Полезность мы будем считать основным показателем в рейтинговой оценке проекта. Проект важен не сам по себе, а важно его воздействие на социально значимые параметры региона: уровни образования, заболеваемости, смертности, рождаемости, преступности, социальной напряжённости и т.д.

Предположим, что в портфеле может находиться от 2 до N проектов и имеются группы экспертов, которые могут оценить относительную полезность каждого проекта в зависимости от затрачиваемых на него средств и его воздействие на социально значимые параметры региона. В тех случаях, когда можно

измерить эффект от инвестиций, полезность будет измеряться в соответствующих единицах, взятых из таблиц статистической отчётности. В тех случаях, когда непосредственное измерение полезности затруднительно, мы будем оценивать порядковую полезность, вводя соответствующую шкалу сравнения полезностей.

Общая схема оптимального распределения средств при наличии бюджетного ограничения приведена на Рисунке 1.

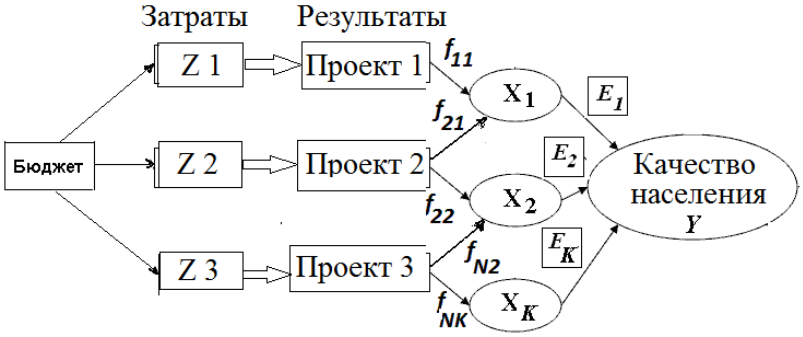

Рис. 1. Общая схема оптимального распределения средств.

Здесь:

Проект$_i$ – ***i***-й проект (внедрение новых технологий, модернизация транспортной системы, ремонт больниц, премии учителям, улучшение экологии и др.),

Z(i) – затраты на ***i***-й проект, ***i*** = *1*, …, *N*;

X_k – статистический показатель или экспертная оценка социально значимого параметра региона (уровни образования, заболеваемости, смертности, рождаемости, преступности, социальной напряжённости и т.д., преобразованные, чтобы с ростом показателя увеличивался ***Y)***;

E_k – эксперты ***k***-й группы; *k = 1*, …, *K*.

Построение функции полезности отдельного проекта и его влияние на показатели региона реализуется экспертными методами. Общую полезность ***Y***, полученную в результате бюджетных затрат, можно оценить как сумму показателей:

$$Y = \Sigma a_k X_k \qquad k = 1, 2, \ldots, K. \qquad (1)$$

Можно предложить социально-экономико-математическую модель, аналогичную модели Стоуна для формирования потребительской корзины:

$$Y = \Pi (X_k - X_{min\,k})^{ak} \qquad k = 1, 2, \ldots, K. \qquad (2)$$

$$X_k = \Pi f_{ik}(Z_1, Z_2, \ldots, Z_N) \qquad k = 1, 2, \ldots, K.$$

$$Z_1 + Z_2 + \ldots + Z_N = бюджет \qquad (3)$$

где

Y – результирующий показатель, характеризующий качество населения в регионе;

X_k – статистические показатели: уровни образования, заболеваемости, смертности, рождаемости, преступности, социальной напряжённости и т.д., преобразованные, чтобы с ростом показателя увеличивался ***Y***; целесообразно включить в модели (1) и (2) приращения ΔX_k, чтобы оценивать динамику развития региона;

$X_{min\,k}$ – критические значения показателей;

a_k – значимости показателей (эластичности), устанавливаемые экспертами; можно обойтись без них, тогда это будет модель не Стоуна, а Нэша;

$Z_1, Z_2, \ldots, Z_N$ – затраты, влияющие на статистические показатели;

$f_{ik}(Z_1, Z_2, \ldots, Z_N)$ – функции, описывающие влияние затрат на статистические показатели, построенные на основе экспертных оценок и экономико-математического моделирования. Можно использовать логистическую функцию

$$X_k = \prod_{i=1}^{N} f_{ik} = \prod_{i=1}^{N} \frac{A_{ik}}{1+\exp(-d_{ik} - b_{ik} Z_i)}$$

но мы используем интеграл функции нормального распределения Гаусса.

Выражения (1) и (2) представляют собой целевые функции, которые надо максимизировать; возможно строить модель как их комбинацию. Выражение (3) представляет собой бюджетное ограничение.

Таким образом, нахождение оптимального распределения ресурсов на реализацию отдельных проектов мы свели к решению задачи математического программирования. Модель позволит оптимизировать затраты по разным статьям с точки зрения достижения максимального результата ***Y*** при ограниченности бюджета.

Рассмотрим условный пример оптимального распределения бюджета региона между проектами трёх видов. Объём финансирования по соответствующим инновациям может меняться от 1 до 7 млрд. руб., т.е. бюджет составляет 7 млрд. руб. В приведённом примере мы предполагаем, что каждый проект влияет только на один показатель, то есть *i=k:*

$$X_k = \frac{A_i}{1+\exp(-d_i - b_i Z_i)}$$

Бюджетное ограничение записывается в виде:

$$Z_1 + Z_2 + Z_3 = 7$$

Логистические функции полезности (линии), построенные по экспертным данным (чёрные фигуры), представлены на Рисунке 2. По оси абсцисс отложены ресурсы (деньги *Z*), необходимые для проекта, по оси ординат – его полезность *X*.

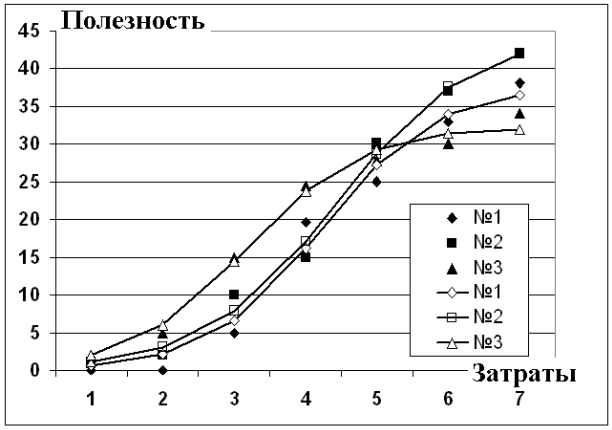

Рис.2. Исходные данные и функции полезности проектов.

Аналитические выражения получены методом наименьших квадратов с помощью функции *Поиск решения* MS Excel. Вместо логистической функции мы используем интеграл функции нормального распределения Гаусса, которая имеется в наборе функций Excel в разделе “Статистические” . Параметры функции – математическое ожидание (средние значение) M, стандартное отклонение S и амплитуда A. В приведённом примере формула

=НОРМ.РАСП($C7;G$2;G$3;1)*G$4

помещается в ячейку G7. Обратите внимание на фиксацию столбца Z и строк коэффициентов *M, S, A.* Применяется технология МНК с *Поиском решения*: задаются приблизительные значения *M, S, A,* по ним вычисляются оценённые полезности *X1^, X2^, X3^* , квадраты остатков *e1^2, e2^2, e3^2* и их сумма, которая является минимизируемой целевой функцией. Изменяемые ячейки – коэффициенты, ограничений нет.

Таблица 1. Настройка параметров интегралов функций Гаусса.

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
2				M	4,15	4,43	3,20		Target	
3				S	1,27	1,57	1,38		Sum e^2	47,02
4				A	36,33	44,31	32,23			
5										
6	Z	**X1**	X2	X3	X1^	X2^	X3^	e1^2	e2^2	e3^2
7	1	0	1	2	0,25	0,64	1,79	0,06	0,13	0,04
8	2	0	2	5	1,67	2,70	6,21	2,80	0,49	1,47
9	3	5	10	15	6,70	8,04	14,28	2,88	3,82	0,52
10	4	20	15	24	16,52	17,41	23,19	12,13	5,81	0,66
11	5	25	30	28	27,21	28,48	29,14	4,88	2,30	1,30
12	6	33	37	30	33,69	37,32	31,55	0,48	0,10	2,39
13	7	37	42	34	35,88	42,08	32,13	1,26	0,01	3,48

Процедура оптимизации затрат на проекты представлена в Таблице 2. Были выбраны следующие константы для проектов. Минимумы: Проект1 – 1, Проект2 – 1, Проект3 – 2. Показатели эффективности (эластичности) : 0,25; 0,4; 0,35. Приблизительные Z вводятся в строку 17 (опорный план), значения X вычислены в строке 19. В ячейку G18 введена формула

=НОРМ.РАСП(G$17;G$2;G$3;1)*G$4

В строке 20 реализуются формулы *(X – Xmin)^a,* эффективность администрации Y равно их произведению. Максимизируя ***Y*** в ячейке К20 при бюджетном ограничении (3), мы использовали *Поиск решения* для получения искомых значений Z_i. В результате были получены следующие значения для мультипликативной модели (2): $Z_1 = 2,41;\ Z_2 = 2,58;\ Z_3 = 2,01.$

Таблица 2. Оптимизация затрат на проекты.

	F	G	H	I	J	K
15	min	1	1	2		Sum
16	alpha	0,25	0,4	0,35		1
17	Z	2,72	2,11	2,17		7,00
18	X	1,20	1,24	2,56		5,00
19						
20	(X-min)^*a*	1,39	1,35	1,80	Y	3,38
21					Y/Risk	0,34
22	Risk	1	4	2	Risk	9,88
23	Risk*Z	2,72	8,46	4,33		Sum
24	^2	7,40	71,53	18,75		97,68

Методика усовершенствована на основе оценки рисков принимаемых решений по реализации проектов. Риск потерь по отдельному проекту вычисляется как произведение баллов (строка 22) на затраты (строка 17, результат в 23), а суммарный риск как корень из дисперсии суммы этих (независимых) величин

$$Риск = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} (R_i Z(I_i))^2}$$

в ячейке К22. Максимизируется величина ***Y/Риск*** в ячейке К21. (*Сейчас мы считаем н по Z, а по X).*

Например, эксперты оценили в баллах риски проектов: R_1 = 1; R_2 = 4; R_3= 2 (строка 22). Результаты расчётов для мультипликативной модели (2):

$Z_1 = 2{,}72$; $Z_2 = 2{,}11$; $Z_3 = 2{,}16$.

Развитие данной методики может привести к весьма интересным и полезным результатам, как в научном плане, так и в практическом – для повышения качества планирования развития региона.