УДК 338.4(470.55)+51

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДСКИХ ОКРУГОВ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ СУБЪЕКТА РФ НА ПРИМЕРЕ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

С.Л. Егоров

MATHEMATICAL MODEL FOR EVALUATING THE SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF URBAN DISTRICTS AND MUNICIPAL AREAS OF SUBJECT OF THE RUSSIAN FEDERATION ON THE EXAMPLE OF CHELYABINSK REGION

S.L. Egorov

Описаны наиболее существенные и актуальные проблемы анализа социально-экономического состояния городских округов и муниципальных образований субъектов РФ; предложена математическая модель, которая позволяет решить эти проблемы; приведены примеры применения предложенной модели.

Ключевые слова: анализ, принятие решений, субъект РФ.

The article describes the most significant and pressing problems of socio-economic status of urban districts and municipal entities of the Russian Federation; proposes a mathematical model that allows us to solve these problems; examples of application of the proposed model are provided.

Keywords: analysis, decision making, the subject of the Russian Federation.

Введение

В соответствии с указом Президента Российской Федерации от 28 апреля 2008 г. № 607 «Об оценке эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов и распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 сентября 2008 г. № 1313-р, высшие органы исполнительной власти субъектов РФ осуществляют оценку социально-экономического состояния региона по утвержденной Правительством РФ методике. Кроме того, эти документы содержат рекомендацию органам исполнительной власти субъектов РФ выделять за счет бюджетных ассигнований из бюджета субъекта Российской Федерации гранты городским округам и муниципальным районам в целях содействия достижению и (или) поощрения достижения наилучших значений показателей деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов [1]. Несмотря на то, что данная методика используется на практике в отдельных субъектах РФ для оценки социально-экономического состояния муниципальных образований региона, тем не менее, она имеет весьма существенный, на наш взгляд, недостаток, связанный с процедурой оценки перспективности вложений в развитие муниципальных районов, т. е. она не дает возможности осуществить оценку того, насколько эффективным будет вложение средств в реализацию инвестиционных проектов в каком-либо муниципальном районе, какие результаты даст такое вложение и как это отразится на значениях показателей, рассчитанных по вышеупомянутой методике. В связи с этим разработка математической модели для решения данной задачи представляется важной и актуальной задачей.

1. Автоматизация оценки социально-экономического состояния городских округов и муниципальных районов Челябинской области

В целях автоматизации процессов сбора, накопления, анализа и систематизации информации о социально-экономическом состоянии городских округов и муниципальных районов в Челябинской области разработана и введена в эксплуатацию

Егоров Сергей Леонидович – аспирант кафедры «Информационно-аналитическое обеспечение управления в социальных и экономических системах», Южно-Уральский государственный университет; graymagent@mail.ru

Egorov Sergey Leonidovich – Postgraduate student of “Information and analytical support for management in social and economic systems” Department of South Ural State University; graymagent@mail.ru

автоматизированная информационная система «Мониторинг эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов Челябинской области». В данной системе собираются предоставляемые муниципальными районами данные, в полной мере отражающие социально-экономическое состояние территории. Хранимая в базе данных информация отражает более широкий спектр вопросов, необходимых для управления муниципальными образованиями на региональном уровне, нежели объем данных, предоставляемый федеральным органам государственной власти.

Основной функцией системы является формирование различных видов отчетов по направлениям: экономическое развитие, жилищно-коммунальное хозяйство и развитие жилищного фонда, благосостояние населения, здравоохранение, дошкольное, общее, профессиональное и дополнительное образование, развитие физической культуры и спорта, организация муниципального управления. В результате формируется серия отчетов: «Показатели эффективности деятельности органов местного самоуправления по направлениям», «Оценка эффективности деятельности органов местного самоуправления» по территориям за соответствующие периоды наблюдения.

По вышеперечисленным направлениям формируются следующие графические формы: обычная гистограмма с выбором периода, данные берутся в целом по области; обычная гистограмма по муниципальным образованиям с выбором показателя и сортировкой по убыванию показателя; смешанная гистограмма по муниципальным образованиям (показатель, темп роста к предыдущему году) с выбором показателя и сортировкой по убыванию показателя, нормированная гистограмма с выбором показателя и периода, вводом интервалов для расчетов, объемная круговая, данные берутся в целом по области.

Важной и полезной особенностью данной системы является возможность подключения дополнительных аналитических программных модулей, расширяющих ее функциональность.

2. Математические основы построения модуля оценки эффективности вложений

Наиболее подходящим математическим аппаратом, на наш взгляд, является теория матричных игр с природой, которая позволяет автоматизировать процесс оптимизации управления и хорошо отражает табличную структуру данных, используемых в информационной системе.

Принятие решений – неотъемлемая и наиболее важная часть процесса управления любой социально-экономической системой [2]. И чем крупнее эта система, тем сложнее информационные процессы, протекающие в ней, а это, в свою очередь, ведет к усложнению задач, которые руководитель должен оперативно решать в процессе управления. Для повышения эффективности деятельности руководителей в части принятия решений можно использовать математические методы теории игр против природы, хорошо освещенные в [3–6].

Прежде всего, определим понятие матричной игры. Матричная игра – это конечная игра двух игроков, в которой задаются выигрыши первого игрока в виде матрицы (строка матрицы соответствует номеру применяемой стратегии первого игрока, столбец – номеру применяемой стратегии второго игрока; на пересечении строки и столбца матрицы находится выигрыш первого игрока, соответствующий применяемым стратегиям) [7].

Всякое решение в условиях неполной информации принимается в соответствии с какой-либо оценочной функцией, выбор которой должен осуществляться с учетом количественных характеристик ситуации, в которой принимаются решения. В настоящее время наиболее распространены следующие критерии принятия решений: критерий Вальда, критерий Лапласа и критерий Гурвица, подробно рассмотренные в [8].

Эти критерии можно использовать поочередно. В результате может получиться несколько альтернативных вариантов решения. Данное множество альтернатив значительно уже и качественнее первоначального, что облегчает процесс принятия решений, но не позволяет сделать его автоматическим. Окончательное решение принимает руководитель на основе полученных результатов.

При использовании критерия Вальда применяют оценочную функцию, соответствующую позиции крайней осторожности: $Z_V = \max_i \min_j a_{ij}$.

Выбранные таким образом варианты исключают риск. Это означает, что лицо, принимающее решение, не может столкнуться с менее качественным результатом. Какие бы условия задачи ни были поставлены, соответствующий результат не может оказаться ниже Z_V, благодаря чему этот критерий называют критерием крайнего пессимизма. Это свойство заставляет считать данный критерий одним из фундаментальных.

Критерием недостаточного основания Байеса–Лапласа учитывается каждое из возможных следствий. Если q_j – вероятность появления внешнего состояния F_j, то для данного критерия имеем следующую оценочную функцию:

$$Z_{BL} = \max_i \sum_{j=1}^{n} a_{ij} q_j .$$

Исходная позиция ЛПР в этом случае оптимистичнее, чем в случае минимаксного критерия, однако она предполагает более высокий уровень информированности.

Наиболее уравновешенную позицию занимает критерий пессимизма–оптимизма Гурвица, оценочная функция которого находится где-то между точками зрения предельного оптимизма и крайнего пессимизма:

$Z_{HW} = \max_i(c\,\min_j a_{ij} + (1-c)\max_j a_{ij})$,

где c – весовой множитель, значение которого изменяется в интервале [0; 1].

Правило выбора по критерию Гурвица формулируется следующим образом. Матрица решений дополняется столбцом, содержащим средние взвешенные наименьшего и наибольшего результатов для каждой строки. Выбираются те варианты, в строках которых стоят наибольшие элементы этого столбца. Для $c = 1$ критерий Гурвица превращается в критерий крайнего пессимизма, при $c = 0$ он превращается в критерий крайнего оптимизма. Чаще всего c принимается равным 0,5 в качестве некоторой средней точки зрения.

При использовании критерия Ходжа–Лемана происходит одновременный учет свойств максиминного критерия Вальда и критерия Байеса–Лапласа. С помощью параметра ν, значение которого изменяется в интервале [0; 1], выражается степень доверия к используемому распределению вероятностей. Если это доверие велико, то предпочтение отдается критерию Байеса–Лапласа, в противном случае – минимаксному критерию. Оценочная функция этого критерия определяется:

$$Z_{HL} = \max_i\left(\nu\sum_{j=1}^{n} a_{ij}q_j + (1-\nu)\min_j a_{ij}\right), 0 \le \nu \le 1.$$

Правило выбора, соответствующее данному критерию, формулируется следующим образом. Матрица решений дополняется столбцом, составленным из средних взвешенных (с постоянными весами) математического ожидания и наименьшего результата каждой строки. Отбираются те варианты решений, в строках которых стоит наибольшее значение этого столбца. При $\nu = 1$ критерий Ходжа–Лемана переходит в критерий Байеса–Лапласа, а для $\nu = 0$ – в минимаксный критерий.

Критерий минимаксного риска Сэвиджа предполагает рассмотрение матрицы рисков. Если бы игрок A знал, в каком состоянии будет природа, например S_j, то он выбрал бы ту свою стратегию, которая соответствует максимальному элементу j-го столбца (максимальному выигрышу при состоянии природы S_j). В этом случае риск игрока A – потеря этого максимального выигрыша – равен нулю ($r = 0$). Риски для других стратегий положительны, они равны разнице между максимальным элементом столбца и данным элементом:

$r_{ij} = \max_i a_{ij} - a_{ij}$,

где $\max_i a_{ij}$ – максимальный элемент j-го столбца.

При анализе матрицы рисков цель игрока A – минимизировать свой риск. Так, аналогом максиминного критерия Вальда является критерий минимаксного риска Сэвиджа, который также относится к позиции крайнего пессимизма. Для матрицы рисков критерий рассчитывается следующим образом:

$Z_S = \min_i \max_j r_{ij}$.

3. Примеры применения модели

Для иллюстрации применения вышеописанных критериев приведем небольшой пример задачи принятия решения о субсидировании одного из двух муниципальных образований некоторого региона.

В регионе есть два муниципальных образования (далее – МО) M_1 и M_2. Расходы на оплату труда в сфере образования в M_1 составляют 240 млн руб., в M_2 – 672 млн руб. Правительство региона планирует субсидировать развитие сферы образования одного из МО на сумму 120 млн руб. Деньги будут выделены тому МО, у которого выше планируемая отдача по показателю «удовлетворенность населения качеством образовательных услуг». Известно также, что эффективность использования средств муниципальными образованиями, как правило, составляет 50 % либо 90 %, а рост удовлетворенности населения качеством образовательных услуг пропорционален росту заработной платы работников сферы образования. Какое МО следует субсидировать?

Для решения данной задачи следует рассчитать прирост показателя «удовлетворенность населения качеством образовательных услуг» в каждом муниципальном образовании для двух возможных состояний природы: 1) эффективность использования субсидии муниципальным образованием составит 50 %; 2) эффективность использования субсидии муниципальным образованием составит 90 %. Учитывая, что рост этого показателя пропорционален росту расходов на оплату труда в сфере образования, можно составить следующую матрицу:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \dfrac{120\times 0,5}{240} & \dfrac{120\times 0,9}{240} \\ \dfrac{120\times 0,5}{672} & \dfrac{120\times 0,9}{672} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,25 & 0,45 \\ 0,09 & 0,16 \end{pmatrix}.$$

Первая строка данной матрицы соответствует выдаче субсидии муниципальному образованию M_1, вторая – муниципальному образованию M_2. Столбцы матрицы соответствуют двум возможным состояниям природы: 1-й столбец – эффективность использования субсидии составит 50 %; 2-й – эффективность использования субсидии составит 90 %.

Очевидно, что данная матрица имеет седловую точку a_{11}, следовательно, согласно максиминному критерию Вальда оптимальной стратегией является выплата субсидии муниципальному образованию M_1.

В соответствии с критерием Лапласа, если вероятности состояний природы правдоподобны, для их оценки используют принцип недостаточного основания Лапласа, согласно которому все состояния природы полагаются равновероятными, т. е. $q_1 = q_2 = \ldots = q_n = 1/n$, $q_i = 1/2$.

Умножив каждый элемент матрицы на q_i и дополнив ее столбцом с суммами $\sum(a_{ij})$, получим:

$$\mathbf{A}_L=\begin{pmatrix}0,125 & 0,225 & 0,35\\ 0,045 & 0,08 & 0,125\end{pmatrix}.$$

Таким образом, согласно критерию Лапласа субсидию следует выделить муниципальному образованию M_1.

Критерий Гурвица является критерием пессимизма–оптимизма. Для использования этого критерия необходимо определить значение весового коэффициента c, которое может изменяться в интервале [0; 1]. При выборе значения этого коэффициента следует помнить, что чем хуже последствия ошибочных решений, тем больше желание лица, принимающего решение, застраховаться от ошибок (тем ближе к 1 значение c). Для нашего примера примем $c = 0,5$.

Дополним исходную матрицу тремя столбцами: $\min a_{ij}$, $\max a_{ij}$ и $c \min a_{ij} + (1–c)\max a_{ij}$:

$$\mathbf{A}_{HW}=\begin{pmatrix}0,25 & 0,45 & 0,25 & 0,45 & 0,5\times0,25+0,5\times0,45\\ 0,09 & 0,16 & 0,09 & 0,16 & 0,5\times0,09+0,5\times0,16\end{pmatrix}=$$

$$=\begin{pmatrix}0,25 & 0,45 & 0,25 & 0,45 & 0,35\\ 0,09 & 0,16 & 0,09 & 0,16 & 0,125\end{pmatrix}.$$

Следовательно, по критерию Гурвица оптимальной стратегией является выдача субсидии муниципальному образованию M_1.

Таким образом, в результате решения данной задачи с помощью различных критериев чаще других рекомендовалась стратегия, соответствующая выдаче субсидии муниципальному образованию M_1.

Следует заметить, что в реальных условиях крайне редко встречается ситуация, когда одна альтернатива явно превосходит другие. Задача принятия решения в этом случае становится тривиальной и сводится к простому выбору альтернативы, которой соответствует седловая точка матрицы. В связи с этим приведем другой, на наш взгляд, более близкий к реальности.

Правительство некоторого региона выбирает одно из двух муниципальных образований (M_1 и M_2), которому будут выделены средства на строительство крупного медицинского центра. Решение о строительстве данного центра вызвано необходимостью улучшения медицинского обслуживания, в связи с нарастающим недовольством населения этих районов: люди вынуждены обращаться за медицинским обслуживанием в областной центр, находящийся на большом расстоянии от них. Медицинский центр сможет эффективно обслуживать до 2000 больных ежемесячно по трем основным направлениям: кардиология, хирургия и онкология. По результатам анализа информации о состоянии промышленных комплексов M_1 и M_2 установлено, что в связи с изношенностью производственных мощностей промышленных предприятий в M_1 и M_2 очень высока вероятность возникновения техногенных аварий, в связи с чем прогнозируется ухудшение экологической ситуации, возникает необходимость предоставления квалифицированной медицинской помощи на местах. Если построить медицинский центр в M_1, то по развитию ситуации со здоровьем населения, в случае ухудшения экологической обстановки из-за техногенных аварий, он будет принимать по 1800 больных в месяц, в противном случае – по 800; если построить медицинский центр в M_2, то в случае техногенной аварии он будет принимать по 2000 больных в месяц, в противном случае – по 900. Какому муниципальному образованию следует выделить средства на строительство медицинского центра?

Для решения данной задачи прежде всего следует составить матрицу A, строки которой соответствуют возможным стратегиям поведения (строить медицинский центр в M_1 или M_2), а столбцы – вероятным состояниям природы (для простоты положим, что возможны только два случая: техногенная авария произойдет в M_1 с вероятностью 60 %, в M_2 – техногенная авария произойдет с вероятностью 40 %). Таким образом, полученная матрица имеет вид

$$\mathbf{A}=\begin{pmatrix}1800 & 800\\ 900 & 2000\end{pmatrix}.$$

Очевидно, что данная матрица не имеет седловой точки, для решения задачи рассчитаем значения по основным критериям принятия решений.

1. Максиминный критерий Вальда

Для M_1: $Z_{V1} = \min\{1800; 800\} = 800$.

Для M_2: $Z_{V2} = \min\{900; 2000\} = 900$.

$Z_V = \max\{800; 900\} = 900$, что соответствует M_2.

2. Критерий Байеса–Лапласа.

По условию задачи с вероятностью 60 % авария произойдет в M_1, т. е. $q_1 = 0,6$, с вероятностью 40 % – в M_2, т. е. $q_2 = 0,4$.

Умножив каждый элемент первого столбца матрицы на q_1, каждый элемент второго столбца на q_2 и дополнив матрицу столбцом с суммами $\sum(a_{ij})$, получим:

$$\mathbf{A}_L=\begin{pmatrix}1800\times0,6 & 800\times0,4 & 1800\times0,6+800\times0,4\\ 900\times0,6 & 2000\times0,4 & 900\times0,6+2000\times0,4\end{pmatrix}=$$

$$=\begin{pmatrix}1080 & 320 & 1400\\ 540 & 800 & 1340\end{pmatrix}.$$

Таким образом, согласно критерию Лапласа субсидию следует выделить муниципальному образованию M_1.

3. Критерий Гурвица

Для нашего примера примем $c = 0,5$. Дополним исходную матрицу тремя столбцами: $\min(a_{ij})$, $\max(a_{ij})$ и $c \min(a_{ij}) + (1–c)\max(a_{ij})$:

$$\mathbf{A}_{HW}=\begin{pmatrix}1800 & 800 & 800 & 1800 & 0,5\times800+0,5\times1800\\ 900 & 2000 & 900 & 2000 & 0,5\times900+0,5\times2000\end{pmatrix}=$$

$$=\begin{pmatrix}1800 & 800 & 800 & 1800 & 1300\\ 900 & 2000 & 900 & 2000 & 1450\end{pmatrix}.$$

Следовательно, по критерию Гурвица оптимальной стратегией является выдача субсидии муниципальному образованию M_2.

Таким образом, в результате решения данной задачи с применением различных критериев оценки альтернатив рекомендуется строить медицинский центр в муниципальном образовании M_2.

Заключение

Разработанная автором математическая модель анализа социально-экономического состояния городских округов и муниципальных районов субъекта РФ является удобным и эффективным средством принятия решений, позволяющим оптимизировать развитие территорий региона, и легко интегрируется в существующую и утвержденную методику, логически дополняет ее. Кроме того, данная модель реализована в виде дополнительного модуля, подключаемого к автоматизированной информационной системе «Мониторинг эффективности деятельности городских округов и муниципальных районов Челябинской области», что позволяет расширить ее функциональность и повысить эффективность работы лиц, принимающих решения.

Литература

1. Об оценке эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов: указ Президента РФ от 28 апреля 2008г. № 607.

2. Логиновский, О.В. Управление и стратегии: учебное пособие / О.В. Логиновский. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – 704 с.

3. Васин, А.А. Теория игр и модели математической экономики / А.А. Васин, В.В. Морозов. – М.: МАКС Пресс, 2005. – 272 с.

4. Оуэн, Г. Теория игр / Г. Оуэн. – М.: ЛКИ, 2008. – 216 с.

5. Петросян, Л.А. Теория игр: учебное пособие / Л.А. Петросян, Н.А. Зенкевич, Е.А. Семина. – М: Высшая школа, 1998. – 304 с.

6. Протасов, И.Д. Теория игр и исследование операций / И.Д. Протасов. – М.: Гелиос АРВ, 2006. – 368 с.

7. Крушевский, А.В. Теория игр / А.В. Крушевский. – Киев: Вища школа, 1977. – 216 с.

8. Шелобаев, С.И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе / С.И. Шелобаев. – М.: ЮНИТИ, 2001. – 367 с.

Поступила в редакцию 12 мая 2011 г.