УДК 65.012.23

ПОСТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ОЦЕНОК НА ОСНОВЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ

CONSTRUCTION OF INTEGRATED ASSESSMENTS ON THE BASIS OF LOGISTIC REGRESSION

С.А. БАРКАЛОВ, П.Н. КУРОЧКА, И.Г. ЛУКМАНОВА
S.A. BARKALOV, P.N. KUROCHKA, I.G. LUKMANOVA

(Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, Московский государственный строительный университет)
(Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, Moscow State University of Civil Engineering)
E-mail: sbarkalov@nm.ru; kpn55@rambler.ru

Рассматриваются вопросы построения комплексных (интегральных) оценок в процессе принятия управленческих решений. Показано, что данная задача относится к классу многокритериальных задач оптимизации, при ре-

шении которых, как правило, используются достаточно трудоемкие и субъективные методы экспертного опроса. Предложены два подхода, позволяющие получить интегральные оценки, не прибегая к процедуре экспертного опроса.

Questions of creation of complex (integrated) estimates in the course of adoption of administrative decisions are considered. It is shown that this task belongs to the class of multicriteria problems of optimization at the solution of which rather labor-consuming and subjective methods of expert poll are, as a rule, used. Two approaches allowing to receive integrated estimates are offered without resorting to the procedure of expert poll.

Ключевые слова: интегральная оценка, комплексная оценка, рейтинговая оценка, матрица потерь, матрица логической свертки, логическая регрессия, сингулярное разложение.

Keywords: integral assessment, comprehensive assessment, a rating score, the loss matrix, the matrix of logical convolution, logical regression, singular decomposition.

Процесс принятия управленческого решения очень часто приводит к необходимости выбора единственного варианта из конечного набора возможных альтернатив. Чаще всего лицо, принимающее решение, осуществляет выбор, руководствуясь собственным опытом и знаниями на основе интуитивных представлений. Но, к сожалению, современные экономические условия таковы, что несколько неудачных управленческих решений ставят предприятие на грань банкротства. Иными словами, потребности современных экономических условий повышают ответственность лица, принимающего решения, за последствия этих решений. Особенно это характерно для предприятий, относящихся к категории малых, имеющих небольшой объем собственных средств, которые однако в современных условиях составляют существенную долю хозяйствующих субъектов.

Следует отметить, что согласно действующему законодательству к малым предприятиям относятся предприятия со средней численностью до 100 человек и объемом реализованной продукции не выше 800 млн. руб., а к микропредприятиям – предприятия, численность которых не превышает 15 человек, с объемом реализации по году не выше 120 млн. руб.

Например, легкая промышленность России в настоящее время включает около 22 тысяч предприятий и организаций, из которых около 3000 относятся к крупным и средним, из них 140 определяют положение в отрасли, выпуская до 70% продукции. Таким образом, 86,4% предприятий относятся к категории малых и микропредприятий. Общая численность занятых в отрасли – свыше 550 тыс. человек, из них 80% – женщины. Доля российского производства в общем объеме оборота товаров легкой промышленности в России составляет всего 20%. В строительстве согласно статистическим данным 96,7% фирм имеют численность работников менее 100 человек, и объем собственных средств в среднем – порядка 20 млн. руб. Если учесть, что сметная стоимость такого самого простого объекта, как жилой дом, составляет от 350 до 500 млн. руб., приходится делать вывод о том, что своими активами строительное предприятие, наиболее типичное для современных условий, покрыть свои обязательства не в состоянии. При этом даже создание саморегулируемых организаций (СРО) не является панацеей ввиду относительно незначительного объема страхового фонда.

Таким образом, для современных предприятий легкой промышленности и строительства участие даже в одном неудачном проекте может служить причиной для банкротства.

Эти обстоятельства сильно повышают ответственность лица, принимающего решения. В связи с этим возникает потребность в разработке формализованных, доведенных до практических алгоритмов, способов оценки возможных вариантов реализации управленческих решений, оцениваемых по одному набору критериев. В данном случае возникает задача получения комплексных оценок возможных вариантов управленческих решений.

Проблема построения комплексных (интегральных, рейтинговых) оценок достаточно широко освещена в современной литературе. Существует достаточно значительное количество методов построения комплексной оценки.

Но при построении комплексных (интегральных) оценок необходимо иметь в виду ряд следующих обстоятельств:

- не существует оценок, справедливых для любого времени и места; каждая получаемая оценка будет соответствовать только конкретным обстоятельствам места и времени;

- каждая комплексная оценка будет отражать предпочтения только одного, конкретного, лица, принимающего решения; для другого лица в тех же условиях оценка может быть иная.

Рассмотрим классическую задачу, связанную с построением комплексных (интегральных) оценок. Пусть рассматриваются варианты реализации технического оснащения предприятия или несколько проектов, предполагаемых к выполнению, при этом вся совокупность предлагаемых альтернатив будет описываться одним набором показателей. Таким образом, лицу, принимающему решение, необходимо осуществить выбор одной или нескольких альтернатив. При этом лицу, принимающему решение, хотелось бы иметь для этой цели некий алгоритм, позволяющий более или менее объективно оценить все предлагаемые варианты. Рассмотрим наиболее известные методы построения многокритериальных оценок.

Итак, пусть имеется n альтернатив решения стоящей перед лицом, принимающим решение, проблемы. Каждая из альтернатив характеризуется набором из m показателей, которые имеют количественное выражение.

Наиболее широко применяется группа методов, получивших название аддитивных. Согласно этим методам интегральная оценка строится при помощи выражения вида:

$$R = \sum_{i=1}^{m} q_i x_i \,, \tag{1}$$

где R – интегральная (комплексная) оценка; q_i – весовой коэффициент, определяющий значимость i-го показателя, устанавливаемого экспертным путем и удовлетворяющего следующему соотношению:

$$\sum_{i=1}^{m} q_i = 1 \,,$$

x_i – нормированное значение i-го показателя.

Учитывая, что параметры оценки качества анализируемых альтернатив, как правило, имеют размерность и различный диапазон изменения, для адекватного использования модели вида (1) необходимо предварительно привести все показатели к безразмерному виду, одному типу либо мажорируемых (то есть, чем выше значение показателя, тем лучше), либо минорируемых (то есть, чем ниже значение показателя, тем лучше), и одному диапазону изменения, как правило, к диапазону (0; 1). На практике, как правило, приводят все показатели к мажорируемому типу.

Нормализацию показателей можно осуществить различными способами, но наиболее эффективным будет использование формул полной нормализации, которая для мажорируемых показателей имеет следующий вид:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}} \,,$$

а для минорируемых критериев:

$$\bar{x}_{ij} = 1 - \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}},$$

где x_{ij} – исходное значение j-го показателя, характеризующего i-ю альтернативу; x_j^{min}, x_j^{max} – минимальное и максимальное значение j-го показателя; $\bar{x}_{ij}$ – нормализованное значение j-го показателя, характеризующего i-ю альтернативу.

Как уже говорилось выше, весовые коэффициенты выражения (1) определяются экспертным путем. Естественно, что эксперт не в состоянии однозначно назначить веса используемым для оценки альтернатив показателям. С целью повышения объективности данной процедуры используется специальная методика экспертного опроса, которая состоит в том, что эксперту предлагается заполнить матрицу парных сравнений. В процессе заполнения эксперт решает локальную задачу парного оценивания показателей. В этом случае произвольный элемент (i, j) матрицы парных сравнений, заполняемой экспертом, будет показывать, во сколько раз, по мнению эксперта, i-й показатель будет важнее j-го. Таким образом, матрица парных сравнений будет характеризоваться следующими свойствами: она будет являться обратно симметричной, то есть для всех ее элементов будет выполняться соотношение вида:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}},$$

и ее элементы, стоящие на главной диагонали, будут равны 1.

Матрица парных сравнений, заполняемая экспертом, должна быть согласованной, то есть все ее элементы должны удовлетворять свойству транзитивности [7]. Если данное требование выполняется, проблема вычисления весовых коэффициентов в данном случае будет приводиться к решению задачи на собственные значения для положительной, обратно симметричной матрицы [7], [10].

Таким образом, построение комплексных оценок тесно связано с проведением трудоемкой и в достаточной степени субъективной процедурой экспертного опроса. В настоящее время основные работы по данному направлению сосредоточены на ослаблении требований к проводимому экспертному опросу, либо же полному отказу от него.

В связи с этим отметим метод, основанный на ресурсных представлениях об изучаемых вариантах. Такая постановка задачи подробно рассмотрена в [7], [14], [18], [19]. В этом случае экспертный опрос проводится в несколько ослабленной форме: эксперту предлагается заполнить матрицу парных сравнений, но произвольный элемент такой матрицы (i, j) будет представлять значения весовых коэффициентов для критериев i и j в том случае, если рассматриваемая проблема будет характеризоваться только этими двумя параметрами. При этом эксперту запрещается ставить предельные значения оценок, то есть значения 0 и 1. Относительно диагональных элементов матрицы парных сравнений следует отметить, что, учитывая принятое правило заполнения недиагональных элементов, следует принять равенство всех диагональных элементов значению 0,5.

Таким образом, предлагаемая процедура экспертного опроса сильно упрощается по сравнению с традиционной.

Другим способом построения интегральной (комплексной) оценки является метод матричных сверток [1], [2], [10], [20], [21]. Достоинство данного метода заключается в том, что он не требует количественного выражения параметров оценки. В данном случае могут быть использованы балльные оценки типа "отлично", "хорошо", "удовлетворительно" и "плохо".

Согласно этому методу лицо, принимающее решение, должно заполнить последовательную систему матриц, в которых будут заданы его предпочтения. Например, при свертке двух показателей, характеризующих в баллах изучаемую проблему, "цвет" и "долговечность", необходимо указать, какую оценку в баллах примет интегральный показатель, построенный на базе рассматриваемых двух, если "цвет" имеет оценку "удовлетворительно", а "долговечность" – "хорошо" и т.д. Понятно, что оценка должна быть либо "удовлетворительно", либо "хорошо". Какая же именно, решает лицо, принимающее решение, при заполнении матрицы логической свертки. Проводя подобную процедуру в несколько этапов, в итоге получаем балльную комплексную оценку изучаемой проблемы.

К основным недостаткам данного метода можно отнести достаточно-таки грубую шкалу: всего четырехбалльную. Если же использовать более широкую шкалу оценок, например, десяти- или двенадцатибалльную, то возникает трудность в идентификации свойств описываемой проблемы. То есть для эксперта необходимо определить, чем будет отличаться альтернатива, имеющая по одному из критериев десять баллов, от другой альтернативы, имеющей, по этому же критерию, девять баллов.

Таким образом, метод логических сверток так же предполагает проведение процедуры экспертного опроса, поэтому рассмотрим ряд методов, которые полностью отказываются от экспертного опроса, либо же заменяют его достаточно формальной процедурой ранжирования. К таким методам относится прежде всего метод построения комплексных оценок на основе матрицы потерь [4...6], [9].

В этом случае система весовых коэффициентов получается из предположения о том, что, выбирая альтернативу, лучшую по одному из показателей, мы, тем самым ухудшаем другие показатели, то есть несем потери, поэтому весовые коэффициенты должны являться функцией от этих потерь. Для применения данного метода необходимо осуществить нормализацию исходных данных по форме полной нормализации, что дает одинаковый диапазон изменения всех показателей, от 0 до 1, и позволяет сформировать вектор идеального решения Y^*, все компоненты которого будут равны единице. Далее на основе нормализованных исходных данных строится вспомогательная матрица $A = \|\alpha_{ij}\|$ по следующему правилу: произвольный элемент вспомогательной матрицы α_{ij} равен значению i-го показателя, если выбран вариант, лучший по j-му показателю. Используя полученную вспомогательную матрицу $\|\alpha_{ij}\|$ и построенный вектор идеального решения Y^*, получаем матрицу потерь, характеризующую потери, возникающие при выборе конкретного варианта решения поставленной задачи, путем вычитания из вектора идеального решения элементов вспомогательной матрицы. Вычисление осуществляется с помощью следующего выражения:

$$P = \|p_{ij}\| = Y^* - A = \|y_j^* - \alpha_{ij}\| = \|1 - \alpha_{ij}\|.$$

Используя идею о том, что система весовых коэффициентов должна быть связана с матрицей потерь, приходим к системе m линейных алгебраических уравнений вида $q_i P_{ij} = q_j P_{ji}$ относительно неизвестных весовых коэффициентов q_i. Одно из этих уравнений обращается в тождество и, таким образом, остается только m – 1 уравнение. Недостающее уравнение дополняем нормировочным соотношением для весовых коэффициентов вида $\sum_{j=1}^{n} q_j = 1$. Полученная система уравнений решается относительно неизвестных q_i, а затем, используя выражение (1), получаем комплексные оценки рассматриваемых альтернатив.

Таким образом, рассмотренный метод построения интегральных оценок не использует процедуру экспертного опроса, а сводится к обычной хорошо формализованной алгоритмической процедуре, но основной недостаток данного метода заключается в том, что он требует количественного выражения всех параметров, описывающих предлагаемые для реализации альтернативы. От данного недостатка свободен другой метод, основанный на использовании понятия медианы Кемени.

Основная идея метода заключается в том, что выбор одной из альтернатив представляет собой ранжирование предлагаемых альтернатив, то есть расположение их в порядке предпочтительности, а медиана Кемени позволяет найти такое результирующее ранжирование, суммарное расстояние от которого до всех заданных ранжирований будет минимальным.

Алгоритм предполагает также построение матрицы потерь, которая в данном случае строится немного по-другому: произвольный элемент матрицы потерь $P = \|p_{ij}\|$ будет равняться величине потерь в том случае, если i-я альтернатива будет поставлена на j-е место. В итоге, для того чтобы найти ранжирование, обеспечивающее минимальную ошибку, то есть минимизировать расстояние от данного ранжирования до всех остальных, необходимо решить классическую задачу о назначениях [4], [5], используя в качестве исходных данных полученную, на предыдущей стадии решения, матрицу потерь. Полученное решение задачи о назначениях позволит проранжировать все альтернативы в порядке предпочтительности выбора. Но это будет качественное ранжирование, то есть никаких количественных оценок альтернатив на данном шаге алгоритма не получается.

Для получения количественных, то есть интегральных (комплексных) оценок анализируемых альтернатив, необходимо осуществить еще один шаг, который заключается в построении матрицы парных сравнений. В данном случае построение такой матрицы, в отличие от рассмотренных ранее случаев, осуществляется по однозначной формализованной алгоритмической процедуре и не требует проведения экспертного опроса.

Построение такой матрицы осуществляется по следующему правилу: произвольный элемент матрицы парных сравнений $L = \|\alpha_{ij}\|$ равен 2 в том случае, если i-я альтернатива предпочтительнее j-й; равен 1 в том случае, если i-я альтернатива эквивалентна j-й, и равен 0 в том случае, если i-я альтернатива уступает j-й.

После построения матрицы осуществляем суммирование элементов каждой строки полученной матрицы парных сравнений $L = \|\alpha_{ij}\|$ и сумму всех элементов этой же матрицы. В результате получаем следующее выражение:

$$\alpha'_i = \sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij} \quad \text{и} \quad \alpha' = \sum_{i=1}^{n} \alpha'_i .$$

Интегральные (комплексные) оценки в этом случае находятся из соотношения следующего вида:

$$R_i = \alpha'_i / \alpha' \quad i = \overline{1, n}.$$

Как легко установить, в данном случае количественные оценки будут получаться на основании места, занимаемого альтернативой в полученном ранжировании, и будут зависеть только от числа анализируемых альтернатив, то есть от величины n. В данном случае можно получить общее выражение для оценок, получаемых с помощью медианы Кемени. При этом оценки будут находиться с помощью следующего выражения:

$$R_k = \frac{2n - (2k-1)}{2n^2 - \sum_{j=1}^{n}(2j-1)} \quad k = \overline{1, n} .$$

Таким образом, оценка в общем случае будет зависеть от общего количества альтернатив и места, которое занимает в полученном ранжировании рассматриваемая альтернатива.

Другим способом построения комплексных (интегральных) оценок, не ориентированных на проведение экспертного опроса, является метод, построенный на использовании свойств сингулярных разложений [7].

Анализ исходных данных решаемой задачи позволил сделать вывод о том, что исходные данные, представленные в виде матрицы типа "объект-признак", образуют произвольную линейную форму, которая задает преобразование имеющейся системы координат n-мерного пространства.

Это означает, что такую матрицу можно интерпретировать как совокупность n точек в m-мерном пространстве. Таким образом, каждая альтернатива будет оцениваться по m критериям, и таких альтернатив будет n. При таком преобразовании, как правило, используют поворот осей, то есть вращение и растяжение осей. Логично было бы предположить, что характеристики, соответствующие растяжению осей, могут служить основой для получения весовых показателей, описывающих важность каждого из используемых критериев. Применим к исходной матрице процедуру сингулярного разложения, так как согласно теореме о сингулярном разложении [8] любая вещественная прямоугольная матрица может быть разложена на произведение трех матриц:

$$A=U\Sigma V^T, \qquad (2)$$

где матрицы U и V – ортогональные; Σ – диагональная матрица, значения на диагонали которой называются сингулярными значениями матрицы A; V^T– транспонирование матрицы V.

Сингулярное разложение матрицы – это последовательное разложение матрицы, раскрывающее ее внутреннюю структуру, что позволяет наглядно представить имеющиеся данные. Поэтому составляющие сингулярного разложения будут демонстрировать серию геометрических преобразований, осуществляемую линейным оператором A при отображении множества векторов из одного векторного пространства в другое.

Геометрическая интерпретация сингулярного разложения заключается в следующем: образом произвольного линейного преобразования, задаваемого прямоугольной матрицей m x n, является трансформация заданной единичной сферы в гиперэллипсоид, который в пространстве R^m представляется в виде поверхности, полученной в результате растяжения единичной сферы в R^m вдоль заданных ортогональных направлений. Величина растяжения и направления задаются компонентами сингулярного разложения исходной матрицы. Поэтому вполне логично важность каждого из m показателей, характеризующих каждую из рассматриваемых альтернатив, связать с величинами такого растяжения. Следовательно, задача построения системы весовых коэффициентов сводится к нахождению сингулярного разложения (2) матрицы исходных данных.

Основным недостатком такого подхода является его высокая вычислительная трудоемкость, которая предполагает применение вычислительной техники и соответствующей математической подготовки. Используя представление о наборе изучаемых альтернатив как о совокупности точек в m-мерном пространстве, можно построить более простой и удобный алгоритм решения рассматриваемой задачи.

Алгоритм основан на предположении о том, что для успешного анализа альтернатив необходимо как можно сильнее сократить количество анализируемых вариантов. С этой целью можно рекомендовать на первых этапах решения задачи найти Парето-оптимальное множество решений по алгоритму, предложенному в [7]. Но, как правило, к анализу обычно предъявляется множество альтернатив или совпадающих, или близких к Парето-оптимальному. Возникает проблема дальнейшего уменьшения количества анализируемых альтернатив.

Для этой цели следует задаться пороговыми значениями показателей x_j^*. Смысл введения этих показателей заключается в том, что они устанавливают нижнюю границу каждого показателя, за пределами которой любая альтернатива уже не должна рассматриваться. С помощью данной критической точки m-мерного пространства легко получить конус возможных вариантов, то есть все допустимые, с точки зрения лица, принимающего решения, варианты будут находиться внутри m-мерного параллелепипеда, у которого известны координаты всех вершин. Например, одна из вершин будет находиться как раз в точке, задаваемой координатами пороговых значений, то есть $\{x_1^*, x_2^*, \ldots, x_m^*\}$. Противоположной точкой будет являться точка с идеальными значениями $\{x_1 = 1, x_2 = 1, \ldots, x_m = 1\}$, так как согласно условиям полной нормализации самым наилучшим значением для каждого из показателей будет являться 1. Все варианты, не попавшие в этот параллелепипед, должны отбрасываться.

С целью выявления подобных вариантов необходимо осуществить перенос системы координат в точку $\{x_1^*, x_2^*, \ldots, x_m^*\}$. Для этого используется следующая форма преобразования исходных данных:

$$y_{i1} = x_{i1} - x_1^*, y_{i2} = x_{i2} - x_2^*, \ldots, y_{im} = x_{im} - x_m^*, \ \ i = \overline{1,n} .$$

Критерием отбора конкурентоспособных вариантов является условие положительности всех значений в новой системе координат, то есть должны выполняться все неравенства вида:

$$y_{i1} > 0, y_{i2} > 0, \ldots, y_{im} > 0, \ \ i = \overline{1,n} .$$

Для дальнейшего решения в преобразованной системе координат найдем средние значения по всем показателям. Для этой цели воспользуемся формулами:

$$\overline{y_1} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_{i1}}{n}, \overline{y_2} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_{i2}}{n}, \ \ldots, \overline{y}_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_{im}}{n} .$$

Таким образом, в результате преобразования системы координат мы имеем локализацию всех конкурентоспособных вариантов в первом "квадранте" новой системы координат, оси которой будут соответствовать граничным значениям показателей. В этой системе координат найдена точка, соответствующая средним значениям исходных показателей. Очевидно, чем дальше точка, характеризующая вариант, от начала преобразованной системы координат, тем лучше. Возникает предположение – взять в качестве весовых коэффициентов значения, характеризующие координаты этой средней точки, то есть весовые коэффициенты должны быть пропорциональны ее значениям координат.

Учитывая условия нормировки весовых коэффициентов, требуемые соотношения можно представить в виде:

$$q_1 = \frac{\overline{y_1}^2}{\sum_{j=1}^{m} \overline{y_j}^2}, \ q_2 = \frac{\overline{y_2}^2}{\sum_{j=1}^{m} \overline{y_j}^2}, \ \ldots \ , q_m = \frac{\overline{y_m}^2}{\sum_{j=1}^{m} \overline{y_j}^2} \ . \quad (3)$$

Геометрический смысл полученных величин заключается в том, что они представляют собой квадраты направляющих косинусов, вектора, соединяющего начало преобразованной системы координат с точкой, характеризующей средние значения анализируемых показателей.

Анализируя проведенные преобразования, можно прийти к заключению, что точки, имеющие координаты меньше средних значений, хотя бы по одной из координат, могут быть исключены из дальнейшего анализа, как неперспективные, так как в имеющемся множестве вариантов имеются альтернативы, которые будут являться более предпочтительными.

Можно продолжить операцию отсечения неперспективных вариантов, осуществив новое преобразование системы координат, перенеся начало в точку, характеризующую средние значения, и повторив алгоритм. А можно остановиться, и, используя найденные значения весовых коэффициентов (3), воспользоваться аддитивной моделью (1).

Таким образом, если предпочтения лица, принимающего решения, можно свести в одну точку m-мерного пространства за счет задания пороговых значений по каждому из показателей, то предлагаемый способ построения может быть достаточно эффективным и простым в вычислительном отношении. Но достаточно часто встречается ситуация, когда предпочтения лица, принимающего решения, не могут быть сформулированы в виде единственной точки. Такая ситуация возникает тогда, когда возможно снижение значений по некоторым показателям ниже критических значений, за счет увеличения других показателей. То есть в данном случае предпочтения лица, принимающего решения, задаются не точкой, а гиперплоскостью в m-мерном пространстве.

В этом случае возможно построение комплексных (интегральных) оценок на основе логистической регрессии. Логистическая регрессия используется с целью определения возможной вероятности наступления некоторого события по заданным значениям набора критериев. С этой целью вводится зависимая двоичная переменная, принимающая значение, равное 0, в том случае, если событие не произошло, и 1 – в том случае, когда событие наступило. Набор переменных, по которым осуществляется определение вероятности возникновения изучаемого явления, как правило, называется множеством независимых переменных.

Предположим, что вероятность наступления события y=1 равна:

$$P\{y=1|x\}=f(z),$$

где $z = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \ldots + \beta_m x_m$; x_i и β_i – независимые переменные, характеризующие рассматриваемые альтернативы, и коэффициенты регрессии, которые необходимо найти; $f(z)=\dfrac{1}{1+e^{-z}}$ – логистическая функция, обеспечивающая диапазон изменения зависимой переменной от 0 до 1.

С целью нахождения параметров β_i необходимо сформировать обучающую выборку, которая будет состоять из множества значений независимых переменных и соответствующих им значений зависимой переменной y. То есть статистические данные будут представлять множество пар $\left(\overline{x}^{(i)};y_i\right)$, где $\overline{x}^{(i)}$– вектор значений независимых переменных, а y_i – соответствующее им значение зависимой переменной. Каждая пара $\left(\overline{x}^{(i)};y_i\right)$, как правило, будет соответствовать одному обучающему примеру.

Теперь необходимо сформулировать критерий оценки подбора искомых параметров β_i. Как правило, в качестве такого критерия используют функцию правдоподобия, то есть применяют известный метод максимального правдоподобия. Данный метод осуществляет определение искомых параметров на основе максимизации значений функции правдоподобия по данным обучающей выборки. То есть с использованием выражения вида:

$$\begin{aligned}\overline{\beta} &= \arg\max L\left(\overline{\beta}\right) = \\ &= \arg\max \prod_{i=1}^{m} P\left\{y=y^{(i)}\middle|x=\overline{x}^{(i)}\right\}.\end{aligned} \tag{4}$$

Данная задача будет соответствовать задаче нахождения максимума для логарифма функции (4):

$$\sum_{i=1}^{m}\left\{\begin{aligned}&y^{(i)}\ln f\left(\overline{\beta}^{T},\overline{x}^{(i)}\right)= \\ &=\left(1-y^{(i)}\right)\ln\left[1-f\left(\overline{\beta}^{T},\overline{x}^{(i)}\right)\right]\end{aligned}\right\}\to\max. \tag{5}$$

Задача на нахождение экстремума функции (5) решается, как правило, численным методом, например, одним из градиентных методов. Получив решение, то есть набор параметров β_i, к определению весовых коэффициентов можно прийти с помощью выражений вида:

$$q_1=\frac{\beta_1}{\sum_{j=1}^{m}\beta_j},\; q_2=\frac{\beta_2}{\sum_{j=1}^{m}\beta_j},\;\ldots\;,q_m=\frac{\beta_m}{\sum_{j=1}^{m}\beta_j}\;.$$

ВЫВОДЫ

Были получены два алгоритма построения системы весовых коэффициентов, не использующих процедуру экспертного опроса. При этом предпочтения лица, принимающего решения, учитывались при помощи задания пороговых значений параметров оценки (первый алгоритм), или же когда возможно снижение значений по некоторым показателям ниже критических значений, за счет увеличения других показателей (второй алгоритм).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алферов В.И., Баркалов С.А., Курочка П.Н., Мещерякова Т.В., Порядина В.Л.* Основы научных исследований по управлению строительным производством. – Воронеж: "Научная книга", 2011.

2. *Ановриенко Е.Г., Баркалов С.А., Курочка П.Н.* Модель построения комплексной оценки поставщика при лингвистических критериях // Вестник Воронежского гос. технич. ун-та. – 2008. Т.4, № 8. С. 115...118.

3. *Барабанщиков А.В., Курочка П.Н., Ханов А.М.* Анализ конкурентоспособности подрядной организации // Вестник Воронежского гос. технич. ун-та. – 2010. Т. 6. № 4. С. 175...177.

4. *Баркалов С.А., Курочка П.Н., Михин М.П., Михин П.В.* Управление проектно-строительными работами. – Воронеж: "Научная книга", 2012.

5. *Баркалов С.А., Бурков В.Н., Курочка П.Н.* Модели и механизмы управления недвижимостью. – М.: "Уланов-пресс", 2007.

6. *Баркалов С.А., Воротилина М.А., Курочка П.Н., Потапенко А.М.* Распределение ресурсов по минимальной продолжительности работ // Системы управления и информационные технологии. Научно-техн. журнал. – 2005. Т.19, № 2. С. 64...67.

7. *Баркалов С.А., Курочка П.Н.* Построение интегральной оценки организационно-технологических решений на основе сингулярных разложений // Системы управления и информационные технологии. Научно-техн. журнал. – 2016. Т.64, № 2. С.39...46.

8. *Вержбицкий В.М.* Вычислительная линейная алгебра. – М.: Высшая школа, 2009.

9. *Курочка П.Н., Маилян А.Л.* Модель определения надежности при нечетких сведениях о степени надежности // Системы управления и информационные технологии. Научно-техн. журнал. – 2012. Т.49, № 3.1. С. 192...197.

10. *Курочка П.Н., Пинигин А.Ю., Шипилов В.Н.* Разработка механизмов комплексной оценки надежности обеспечения ресурсами в строительстве // Вестник Воронежского гос. технич. ун-та. – 2009. Т. 5, № 4. С. 168...171.

11. *Курочка П.Н., Порядина В.Л.* Алгоритм решения задачи оптимизации программы при условии ее надежности // Научный вестник Воронежского гос. технич. ун-та. Серия: Управление строительством. – 2013, №1(4). С. 22...30.

12. *Курочка П.Н., Тельных В.Г.* Оценка надежности организационных структур произвольного вида, задающихся планарным графом // Научный вестник Воронежского гос. архитект.-стр. ун-та. Серия: Строительство и архитектура. – 2011, №3. С. 134...141.

13. *Курочка П.Н., Молозин С.В., Тельных В.Г.* Оценка надежности элементов организационной системы // Вестник Воронежского гос. технич. ун-та. – 2010. Т. 6, № 7. С. 27...30.

14. *Курочка П.Н., Федорова И.В., Хицков Д.Э.* Критичность в сетях с нечеткими продолжительностями операций // Сб. мат. VIII Всерос. школы-конф. молодых ученых: Управление большими системами. – М., 2011. С. 256...260.

15. *Курочка П.Н., Сеферов Г.Г.* Выбор вариантов выполнения работ по содержанию объектов надежности // Вестник Воронежского гос. технич. ун-та. – 2011. Т.7, № 4. С. 203...208.

16. *Курочка П.Н., Урманов И.А., Скворцов В.О.* Модель определения оптимальной очередности реализации проектов с учетом возможности манипулирования информацией // Системы управления и информационные технологии. Научно-техн. журнал. – 2008. Т.32, №2.1. С. 201...203.

17. *Курочка П.Н., Симоненко А.Н., Чередниченко Н.Д.* Модели распределения ресурсов в строительном проекте // Технология и организация строительного производства. – 2013, № 4(5). С.46...48.

18. *Курочка П.Н., Чередниченко Н.Д.* Задачи ресурсного планирования в строительном проекте // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова. – 2014, РАН. С. 4745...4753.

19. *Курочка П.Н., Симоненко А.Н.* Многокритериальная задача распределения ресурсов // Системы управления и информационные технологии. Научно-техн. журнал. – 2013, Т.53, № 3. С. 85...91.

20. *Курочка П.Н., Сеферов Г.Г.* Интегральные показатели технического состояния // Вестник Воронежского гос. технич. ун-та. – 2011. Т.7, № 4. С. 203...208.

21. *Курочка П.Н., Михин П.В., Семенов П.И.* Оценка вариантов технологии возведения каркаса жилого здания на базе матриц логической свертки // Системы управления и информационные технологии. Научно-техн. журнал. – 2004. Т.17, № 5. С. 69...70.

22. *Курочка П.Н., Нгуен Х.Т.* Таксономическая модель оценки качества сложных систем // Системы управления и информационные технологии. Научно-техн. журнал. – 2015. Т.61, № 3. С. 151...153.

23. *Курочка П.Н., Нгуен В.Ж.* Прогнозирование состояний технических систем на основе формирования образа входного ряда нейросети // Научный вестник Воронежского гос. архитект.-строит. ун-та. Серия: Управление строительством. – 2015, №2(7). С. 225...228.

24. *Matreninskiy S.I., Mishchenko V.Y., Spivak I.E.* Methodological approach to the classification of areas of compact built-up development areas for selecting variants of actions and sequence of technical and technological solutions for the renovation of these areas WSEAS Transactions on Environment and Development. –V.12, 2016. P. 108…117.

25. *Matreninsky S.I., Mischenko V.Y., Chernyshov E.M.* The systemic approach to modeling of compact built-up development areas and planning of their renovation // International Journal of Energy and Environmental Engineering. – V.6, № 9, 2015. P.32…43.

26. *Грабовый П.Г., Болотин С.А., Власов Д.Н. и др.* Реконструкция и обновление сложившейся застройки города. – М., 2013.

R E F E R E N C E S

1. Alferov V.I., Barkalov S.A., Kurochka P.N., Meshherjakova T.V., Porjadina V.L. Osnovy nauchnyh

issledovanij po upravleniju stroitel'nym proizvodstvom. – Voronezh: "Nauchnaja kniga", 2011.
2. Anoprienko E.G., Barkalov S.A., Kurochka P.N. Model' postroenija kompleksnoj ocenki postavshhika pri lingvisticheskih kriterijah // Vestnik Voronezhskogo gos. tehnich. un-ta. – 2008. T.4, № 8. S.115...118.
3. Barabanshhikov A.V., Kurochka P.N., Hanov A.M. Analiz konkurentosposobnosti podrjadnoj organizacii // Vestnik Voronezhskogo gos. tehnich. un-ta. – 2010. T. 6. № 4. S. 175...177.
4. Barkalov S.A., Kurochka P.N., Mihin M.P., Mihin P.V. Upravlenie proektno-stroitel'nymi rabotami. – Voronezh: "Nauchnaja kniga", 2012.
5. Barkalov S.A., Burkov V.N., Kurochka P.N. Modeli i mehanizmy upravlenija nedvizhimost'ju. – M.: "Ulanov-press", 2007.
6. Barkalov S.A., Vorotilina M.A., Kurochka P.N., Potapenko A.M. Raspredelenie resursov po minimal'noj prodolzhitel'nosti rabot // Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii. Nauchno-tehn. zhurnal. – 2005. T.19, № 2. S. 64...67.
7. Barkalov S.A., Kurochka P.N. Postroenie integral'noj ocenki organizacionno-tehnologicheskih reshenij na osnove singuljarnyh razlozhenij // Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii. Nauchno-tehn. zhurnal. – 2016. T.64, № 2. S.39...46.
8. Verzhbickij V.M. Vychislitel'naja linejnaja algebra. – M.: Vysshaja shkola, 2009.
9. Kurochka P.N., Mailjan A.L. Model' opredelenija nadezhnosti pri nechetkih svedenijah o stepeni nadezhnosti // Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii. Nauchno-tehn. zhurnal. – 2012. T.49, № 3.1. S. 192...197.
10. Kurochka P.N., Pinigin A.Ju., Shipilov V.N. Razrabotka mehanizmov kompleksnoj ocenki nadezhnosti obespechenija resursami v stroitel'stve // Vestnik Voronezhskogo gos. tehnich. un-ta. – 2009. T. 5, № 4. S. 168...171.
11. Kurochka P.N., Porjadina V.L. Algoritm reshenija zadachi optimizacii programmy pri uslovii ee nadezhnosti // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gos. tehnich. un-ta. Serija: Upravlenie stroitel'stvom. – 2013, №1(4). S. 22...30.
12. Kurochka P.N., Tel'nyh V.G. Ocenka nadezhnosti organizacionnyh struktur proizvol'nogo vida, zadajushhihsja planarnym grafom // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gos. arhitekt.-str. un-ta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura. – 2011, №3. S. 134...141.
13. Kurochka P.N., Molozin S.V., Tel'nyh V.G. Ocenka nadezhnosti jelementov organizacionnoj sistemy // Vestnik Voronezhskogo gos. tehnich. un-ta. – 2010. T. 6, № 7. S. 27...30.
14. Kurochka P.N., Fedorova I.V., Hickov D.Je. Kritichnost' v setjah s nechetkimi prodolzhitel'nostjami operacij // Sb. mat. VIII Vseros. shkoly-konf. molodyh uchenyh: Upravlenie bol'shimi sistemami. – M., 2011. S. 256...260.
15. Kurochka P.N., Seferov G.G. Vybor variantov vypolnenija rabot po soderzhaniju ob"ektov nadezhnosti // Vestnik Voronezhskogo gos. tehnich. un-ta. – 2011. T.7, № 4. S. 203...208.
16. Kurochka P.N., Urmanov I.A., Skvorcov V.O. Model' opredelenija optimal'noj ocherednosti realizacii proektov s uchetom vozmozhnosti manipulirovanija informaciej // Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii. Nauchno-tehn. zhurnal. – 2008. T.32, №2.1. S. 201...203.
17. Kurochka P.N., Simonenko A.N., Cherednichenko N.D. Modeli raspredelenija resursov v stroitel'nom proekte // Tehnologija i organizacija stroitel'nogo proizvodstva. – 2013, № 4(5). S.46...48.
18. Kurochka P.N., Cherednichenko N.D. Zadachi resursnogo planirovanija v stroitel'nom proekte // XII Vserossijskoe soveshhanie po problemam upravlenija VSPU-2014. Institut problem upravlenija im. V.A. Trapeznikova. – 2014, RAN. S. 4745...4753.
19. Kurochka P.N., Simonenko A.N. Mnogokriterial'naja zadacha raspredelenija resursov // Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii. Nauchno-tehn. zhurnal. – 2013, T.53, № 3. S. 85...91.
20. Kurochka P.N., Seferov G.G. Integral'nye pokazateli tehnicheskogo sostojanija // Vestnik Voronezhskogo gos. tehnich. un-ta. – 2011. T.7, № 4. S. 203...208.
21. Kurochka P.N., Mihin P.V., Semenov P.I. Ocenka variantov tehnologii vozvedenija karkasa zhilogo zdanija na baze matric logicheskoj svertki // Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii. Nauchno-tehn. zhurnal. – 2004. T.17, № 5. S. 69...70.
22. Kurochka P.N., Nguen H.T. Taksonomicheskaja model' ocenki kachestva slozhnyh sistem // Sistemy upravlenija i informacionnye tehnologii. Nauchno-tehn. zhurnal. – 2015. T.61, № 3. S. 151...153.
23. Kurochka P.N., Nguen V.Zh. Prognozirovanie sostojanij tehnicheskih sistem na osnove formirovanija obraza vhodnogo rjada nejroseti // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekt.-stroit. un-ta. Serija: Upravlenie stroitel'stvom. – 2015, №2(7). S. 225...228.
24. Matreninskiy S.I., Mishchenko V.Y., Spivak I.E. Methodological approach to the classification of areas of compact built-up development areas for selecting variants of actions and sequence of technical and technological solutions for the renovation of these areas WSEAS Transactions on Environment and Development. –V.12, 2016. P. 108…117.
25. Matreninsky S.I., Mischenko V.Y., Chernyshov E.M. The systemic approach to modeling of compact built-up development areas and planning of their renovation // International Journal of Energy and Environmental Engineering. – V.6, № 9, 2015. P.32…43.
26. Grabovyj P.G., Bolotin S.A., Vlasov D.N. i dr. Rekonstrukcija i obnovlenie slozhivshejsja zastrojki goroda. – M., 2013.

Рекомендована кафедрой управления строительством. Поступила 01.06.16.