

ВЛИЯНИЕ СОГЛАСОВАННОСТИ ЭКСПЕРТНЫХ СУЖДЕНИЙ НА ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ О ВЫБОРЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПО МЕТОДУ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

¹Титов В.А., ¹Хайрулин И.Г.

¹ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», Москва, Россия (117997, Российская Федерация, г. Москва, Стремянный пер., 36), e-mail: vtitov213@yandex.ru

Эффективность управленческих решений в сфере инвестиций предполагает применение адекватных и точных методов оценки последствий принятия решений. В условиях неточности и неполноты исходной информации и наличия большого числа разнокачественных критериев для оценки альтернативных проектов наиболее эффективно применение методов экспертных оценок. В силу их субъективной природы, возможной непоследовательности суждений и разных мнений отдельных экспертов встает вопрос обоснованности принятого решения. В статье доказано, что устойчивость полученного ранжирования по методу анализа иерархий, как одному из экспертных методов, к выбору формы свертки локальных приоритетов зависит от согласованности экспертных суждений. Путем проведения имитационного эксперимента показано, что имеется линейная связь между согласованностью экспертных суждений и различием глобальных векторов приоритетов альтернатив, рассчитанных по двум видам свертки – аддитивной и мультипликативной.

Ключевые слова: метод анализа иерархий, локальные векторы приоритетов, глобальный вектор, аддитивная свертка, мультипликативная свертка, согласованность суждений.

THE CONSISTENCY OF JUDGMENTS IMPACT ON DECISIONS TAKEN ABOUT CHOICE OF INVESTMENT PROJECT IN ANALITICAL HIERARCHY PROCESS

¹Titov V.A., ¹Khayrulin I.G.

¹Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia (117977 Russian Federation, Moscow, Stremjannyj pereulok, 36) e-mail: vtitov213@yandex.ru

An achievement of efficiency of management solutions in an investment area involves use of adequate and accurate methods of evaluation of decision making aftermath. In conditions of inexactness and imperfection of initial information and existence of wide range of versatile criteria to assess alternative projects, expert methods are the most efficient. Due to their subjective kind, possibility of incoherent judgments and different judgments of separate experts, the problem of defining the trustability of taken decision appears. It is proven that resistance of found ranking in analytical hierarchy process, as in one of expert methods, to choice of convolution form of local priorities depends on the consistency of judgments. By carrying an imitation experiment it is shown that there is a linear connection between the consistency of judgments and difference between two global vectors of alternatives, calculated via two forms of convolution – additive and multiplicative.

Keywords: analytical hierarchy process, local priority vectors, the global vector, additive convolution, multiplicative convolution, the consistency of judgments.

С ростом конкуренции во многих областях экономики, требующих вложения больших объемов инвестиций и реализации крупных проектов, будь то строительство недвижимости, инфраструктурное развитие, автомобилестроение или другие, ужесточаются требования к точности принимаемых решений и обоснованности выбора конкретного проекта из множества альтернативных вариантов.

Совершенно очевидно, что разработка новых направлений в определении эффективности инвестиционных проектов и доработка уже существующих методов, базирующихся как на оценках денежной природы, так и предполагающих комплексный подход к оценке послед-

ствий реализации проектов, дает конкурентное преимущество компании, работающей над модернизацией методической базы.

Характерной особенностью развития российской экономики на современном этапе является принятие решений при высокой степени неопределенности исходной информации об условиях реализации проектов. Распространенным способом поиска решения является проведение дискуссии. Проблема такого способа принятия решения состоит в больших затратах времени, а также он может оказаться субъективным, поскольку проводится в условиях неточности и сильной информационной неопределенности [6].

Альтернативой такому подходу является применение метода анализа иерархий (МАИ, в англо-американской литературе АНР – *analytical hierarchy process* [4]), являющегося совокупностью логических и математико-статистических процедур и методов, направленных на обработку полученных от группы экспертов знаний. Метод анализа иерархий был предложен около 30 лет тому назад Т. Саати [4] и получил достаточно широкое применение в сфере принятия решений в условиях неопределенности. Его основные преимущества состоят в возможности интеграции в процессе принятия решения целого набора различных количественных и качественных факторов и определенного упрощения поиска решений путем декомпозиции сложной проблемы во взаимосвязанную последовательность более простых задач.

Математическая сторона МАИ базируется на теории обратносимметрических матриц и девятибалльной шкале сравнений альтернатив.

Для упрощения построения моделей, обеспечения скорости расчетов, получения возможности графического отображения результатов метод анализа иерархий был реализован сразу в нескольких экспертно-аналитических системах для персональных компьютеров, среди которых хотелось бы выделить лишь две.

Первой является экспертно-аналитическая система *Expert Decide*, разработанная в 2000-2001 гг. специалистами Орловского государственного технического университета (ОГТУ) и Орловской региональной академии государственной службы (ОРАГС) [1]. Она обладает доступным и интуитивно понятным пользовательским интерфейсом и широкими возможностями графического вывода.

Алгоритмы МАИ/АНР были также положены в основу более поздней разработки – экспертно-аналитической системы *Expert Solution 1.0* [3], специально предназначенной для сравнительного анализа альтернативных проектов в условиях риска и информационной неопределенности. Эта разработка Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова выгодно отличается от аналогов модульным построением, в основе которого лежит реализация алгоритмов моделей прямой и обратной иерархии, что позволяет проводить коррек-

тировку системы без существенных изменений внутри модулей. Кроме того, система Expert Solution 1.0 поддерживает алгоритмы расширения метода анализа иерархий – метода аналитических сетей [5]. Все это, вместе взятое, повышает эффективность принятия решения в условиях информационной неопределенности.

Разработка прикладных приложений позволила существенно упростить задачу обоснования рационального выбора инвестиционного проекта в условиях неопределенности среды, в которой реализуются проекты, с учетом влияния большого числа разнокачественных и трудноизмеримых факторов их эффективности.

В то же время это не решает ряд проблем, связанных с обоснованностью некоторых положений, лежащих в основе МАИ. Это относится, в частности, к процедуре свертки локальных приоритетов альтернатив в глобальный вектор (что является основой при решении многокритериальных задач) на основе использования матрицы парных сравнений. В случае многих критериев – а это является одной из важнейших особенностей данного подхода – глобальный вектор приоритетов рассчитывается по МАИ как аддитивная свертка локальных векторов приоритетов альтернатив. Именно это положение явилось элементом критики метода анализа иерархий. Так, В.Д. Ногин считает, что аддитивная свертка в МАИ не является корректной постольку, поскольку измерения приоритетов элементов иерархической модели осуществляются в шкале отношений, следовательно, необходимо использовать другой вид свертки локальных векторов приоритетов альтернатив – мультипликативный. В работе [2] он приводит такой «контрпример»: решается задача приобретения прямоугольного участка земли для последующего строительства дома. Имеются следующие три варианта: 100×100 , 50×200 и 70×150 , где измерение производится, например, в метрах. Однако ни при каких положительных весах критериев w_1 и w_2 (длины и ширины), вариант 70×150 не может оказаться выбранным (то есть иметь наибольший вес), если выбор осуществляется на основе МАИ.

На наш взгляд, этот пример характеризуется определенной некорректностью и не отвечает принципам метода анализа иерархии: длина и ширина участка не могут рассматриваться как критерии экспертного выбора. Однако с теоретической точки зрения вопрос о выборе рациональной формы свертки приоритетов правомерен.

В связи с этим нами выполнен имитационный эксперимент, цель которого – сравнить два альтернативных вида свертки – аддитивную и мультипликативную. В основу этого эксперимента положена иерархическая модель риск-анализа трех альтернативных проектов в сфере автомобилестроения с условными названиями Ford Focus II, KIA Rio 2 и «Тойота Камри» по уровню каждого из пяти факторов риска – финансового, риска сбыта, политического, производственного и рыночного риска [7].

В экспертно-аналитической системе Expert Solution 1.0 задача риск-анализа альтернативных проектов по пяти факторам риска сводится к генерации концептуальной иерархической модели, на верхнем уровне которой цель – фокус «оценка риска проектов», на среднем – факторы риска (финансовый риск, риск сбыта, политический, производственный и рыночный риски), на нижнем – сравниваемые проекты. Затем эксперту предъявляется матрица парных сравнений – критериев (факторов риска), затем пять матриц парных сравнений альтернатив (по каждому из факторов риска). Матрицы заполнены единицами, что отвечает их равной значимости, и эксперт на выплывающей шкале сравнений выбирает суждение о фактическом соотношении значимости критериев и альтернатив.

Результатом опроса является информационная модель риск-анализа по каждому из экспертов, одна из которых представлена на рис. 1.



Рис. 1. Информационная модель риск-анализа альтернативных проектов (получена в системе Expert Solution 1.0)

На рис. 1 представлены глобальные приоритеты альтернатив, рассчитанные по аддитивной свертке локальных приоритетов. В программном пакете SPSS Base [8] рассчитаем векторы глобальных приоритетов альтернатив по двум видам свертки – мультипликативной и аддитивной – на основе данных по векторам локальных приоритетов.

Таблица 1

Расчет глобальных векторов уровня риска проектов

Фактор инвестиционного риска	Вес	Уровень риска проекта		
		Ford Focus II	KIA Rio 2	Toyota Camry
Финансовый	0,301	0,140	0,333	0,528
Сбыта	0,280	0,163	0,297	0,540
Политический	0,105	0,249	0,594	0,157
Производственный	0,069	0,200	0,600	0,200
Рыночный	0,245	0,210	0,550	0,240
Аддитивная свертка		0,179	0,422	0,399
Мультипликативная свертка		0,187	0,429	0,384

Полученные результаты, приведенные в двух последних строках таблицы, показывают, что эти векторы различаются, но ненамного, и ранжирование альтернативных проектов по

уровню риска остается тем же. Оценим разницу между глобальными векторами риска проектов, вычисленными по формулам аддитивной и мультипликативной свертки, количественно. Автор метода анализа иерархий Т. Саати в работе [4] приводит две меры отклонения между векторами: среднеквадратичное отклонение (СКО) и медианное абсолютное отклонение (МКО), при этом отмечает, что для того, чтобы показать, насколько они малы в абсолютных значениях, их надо разделить на среднее значение приоритета, т.е. на $1/n$, где n – число компонент вектора. Размерность глобальных векторов риска проектов $n=3$, отсюда значение меры отклонения (МО) по формуле среднеквадратического отклонения составит:

$$\text{МО} = \{1/n \sum (w_{1i} - w_{2i})^2\}^{1/2} / (1/n) = \{1/3 [(0,179 - 0,187)^2 + (0,422 - 0,429)^2 + (0,399 - 0,384)^2]\}^{1/2} / (1/3) = 0,022.$$

Это значение меры отклонения меньше 0,1, и, по Т. Саати, можно считать, что оба вектора почти одинаковы.

Для оценки степени согласованности иерархий применим процедуру, предложенную в работе [4]. Степень согласованности информационной иерархической модели определяется величиной отношения согласованности ОС

$$\text{ОС} = I_{\text{coord}} / I_{\text{err}}, \quad (1)$$

где индекс согласованности I_{coord} рассчитывается по формуле

$$I_{\text{coord}} = (\lambda_{\text{max}} - n) / (n - 1). \quad (2)$$

Здесь λ_{max} – максимальное собственное число матрицы парного сравнения, n – порядок матрицы, а I_{err} – случайный индекс, т.е. индекс согласованности, сгенерированной случайным образом по шкале от 1 до 9 обратносимметрической матрицы с соответствующими обратными величинами элементов (значения I_{err} приведены в [4]). Согласованность матрицы тем выше, чем меньше λ_{max} отличается от ее размерности n .

Понятие согласованности в работе [4] обобщено на всю иерархию следующим образом: индексы согласованности, полученные из матриц парных сравнений альтернатив, умножаются на приоритеты критериев, относительно которых проведены сравнения, и к этому числу добавляется индекс согласованности матрицы парных сравнений важности рисков по отношению к цели. Затем эта величина сравнивается с соответствующим индексом, полученным как сумма случайно сформированных индексов, взвешенных соответствующими приоритетами.

Таким образом, описаны формулы оценки меры отличия глобальных векторов альтернатив, рассчитанных по разным формам свертки, и согласованности экспертных суждений. Это позволяет перейти к выявлению непосредственно связи меры отличия глобальных векторов рисков альтернативных проектов МО, вычисленной по формуле аддитивной и мультиплика-

тивной свертки, со степенью согласованности основной матрицы – матрицы парных сравнений факторов риска. Для решения этой задачи нами выполнен имитационный эксперимент, суть которого – в изменении элементов матрицы парных сравнений факторов риска в небольших пределах, на $\pm(1-2)$ делений девятибалльной шкалы отношений Т. Саати. Остальные пять матриц – матриц парных сравнений альтернативных проектов по каждому фактору риска при этом сохраняем неизменными.

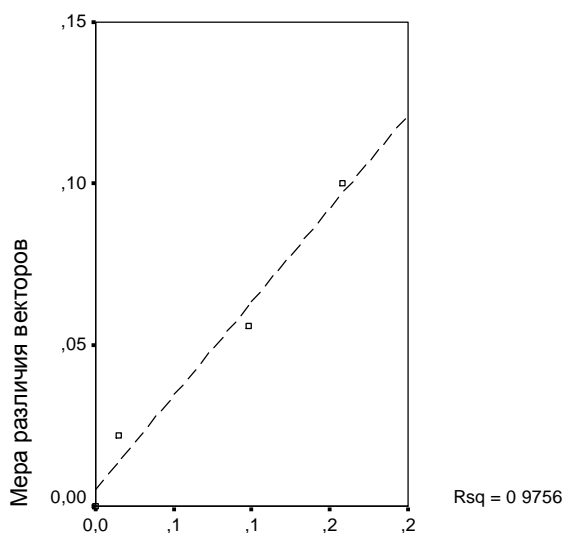
Результаты имитационного эксперименты сведены в табл. 2, а на диаграммах рис. 2 зависимость различия векторов весов рисков проектов, рассчитанных по формулам аддитивной и мультипликативной свертки, от степени согласованности суждений в модели риск-анализа представлена в наглядном графическом виде.

Таблица 2

Результаты имитационного эксперимента по зависимости различия векторов весов рисков проектов, рассчитанных по формулам аддитивной и мультипликативной свертки, от степени согласованности суждений в модели риск-анализа

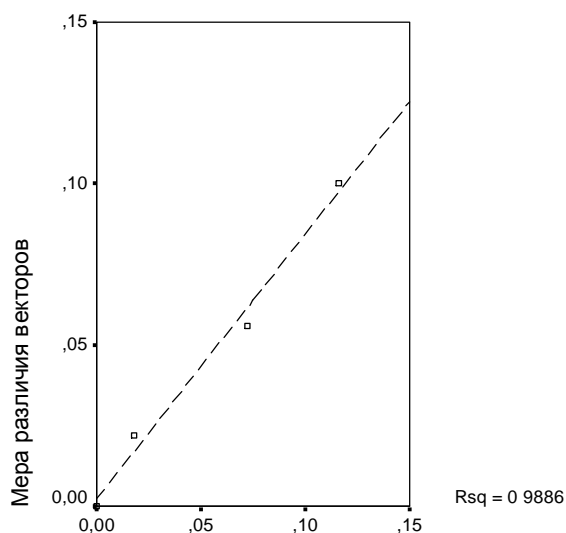
Вариант имитации	Отношение согласованности матрицы сравнения факторов риска (ОС)	Отношение согласованности иерархии в целом (ОСИ)	Глобальный вектор весов риска		Мера отличия векторов (МО)
			аддитивная свертка локальных векторов	мультипликативная свертка локальных векторов	
0 – базовый	0,015	0,018	(0,179;0,422;0,399)	(0,187;0,429;0,384)	0,022
1	0,158	0,116	(0,192;0,451;0,357)	(0,202;0,462;0,337)	0,100
2	0,098	0,072	(0,185;0,443;0,371)	(0,193;0,451;0,356)	0,056

а



ОС матрицы сравнения факторов риска

б



Отношение согласованности иерархии

Рис. 2. Зависимость меры отличия векторов весов риска проектов, рассчитанных по формулам аддитивной и мультипликативной свертки: а – от отношения согласованности матрицы парных сравнений факторов риска; б – от отношения согласованности иерархии модели риск-анализа в целом

Из графиков на рис. 2 видно, что между мерой отличия векторов весов риска проектов, рассчитанных по формулам аддитивной и мультипликативной свертки, и показателями согласованности – отношением согласованности матрицы парных сравнений факторов риска, с одной стороны, и отношением согласованности иерархии модели риск-анализа в целом, с другой, наблюдаются тесные линейные зависимости.

Эти зависимости формально можно выразить следующими уравнениями:

$$MO = 0,00509 + 0,582 \times OC; \quad (3)$$

$$MO = 0,00221 + 0,821 \times ОСИ, \quad (4)$$

где MO – мера отличия векторов весов риска проектов, рассчитанных по формулам аддитивной и мультипликативной свертки; OC – отношение согласованности матрицы парных сравнений факторов риска; ОСИ – отношение согласованности иерархии модели риск-анализа в целом. При этом коэффициенты 0,582 и 0,821 в выражениях (3) и (4) отражают прирост меры различия векторов весов риска проектов, рассчитанных по формулам аддитивной и мультипликативной свертки, при увеличении предикторов на единицу.

По результатам имитационного эксперимента можно сделать выводы:

- 1) с ростом согласованности матриц парных сравнений различие глобальных векторов приоритетов альтернатив, рассчитанных по формулам аддитивной и мультипликативной свертки, уменьшается, и при достаточно высокой согласованности суждений по матрицам парных сравнений – не хуже $OC=0,10$ – находится в допустимых пределах – не хуже 0,10;
- 2) выбор формы свертки локальных векторов приоритетов альтернатив в глобальный вектор практически не влияет на результаты ранжирования сравниваемых проектов.

Из выше написанного следует, что обеспечение условия согласованности экспертных суждений позволяет обеспечить устойчивость результата ранжирования альтернатив к выбору формы свертки локальных приоритетов, тем самым повысив качество управленческих решений.

Список литературы

1. Кузнецов А.И., Шуметов В.Г. Expert Decide для Windows 95, 98, NT, 2000, Me. Версия 2.2. Руководство пользователя. – Орел : Изд-во ОРАГС, 2001.
2. Ногин В.Д. Принятие решений при многих критериях : учебно-методическое пособие. - СПб. : ЮТАС, 2007.

3. Покровский А.М. Алгоритмы, функции и пользовательский интерфейс экспертно-аналитической системы Expert Solution // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. - 2012. - № 6 (42).
4. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. - М. : Радио и связь, 1993.
5. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети / пер. с англ.; науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. - М. : Изд-во ЛКИ, 2008.
6. Титов В.А. Российская инновационная система: от индустриальной экономики к экономике информационного общества // Интеграл. - 2010. - № 3.
7. Хайрулин И.Г. Особенности риск-анализа инновационных проектов в экспертно-аналитических системах Expert Decide и Expert Solution // Инновации и инвестиции. - 2012. - № 5.
8. SPSS Base 8.0 для Windows. Руководство по применению. - М. : СПСС Русь, 1998.

Рецензенты:

Тихомиров Н.П., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой математических методов в экономике ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова» Министерства образования и науки РФ, г. Москва.

Колоколов В.А., д.э.н., профессор, профессор кафедры управления проектами и программами ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова» Министерства образования и науки РФ, г. Москва.