

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ: МНОГОМОДЕЛЬНЫЙ ПОДХОД

Спесивцев А.В.¹,
(ЗАО «ТЕХНОЛИНК», Санкт-Петербург)

Котельников В.Г.², Новожилов А.С.³
(Петербургский государственный университет путей
сообщения, Санкт-Петербург)

Проведено сравнение двух концептуально различающихся моделей принятия решений: на основе байесовских интегрирующих технологий и формализации экспертной информации в виде полиномиальной фаззи-модели. Показано, что применение различных моделей оценки приводит к большей степени уверенности в рациональности принимаемых решений.

Ключевые слова: фаззи-модель, байесовские интегрирующие технологии, мультимодельный подход.

1. Введение

Решение задач принятия решения в условиях многокритериального выбора при неполной и нечеткой информации представляет безусловный интерес во многих областях человеческой деятельности. Активно развивающееся ныне научное направление поиска эффективных алгоритмов и методов принятия рациональных решений особенно важно для лиц, принимающих

¹ Спесивцев Александр Васильевич, кандидат технических наук (Spesivtsev@technolink.spb.ru).

² Котельников Валерий Григорьевич, доктор технических наук, профессор (For_kotvaler@mail.ru).

³ Новожилов Алексей Станиславович, аспирант (Alexnov83@mail.ru).

эти управленческие решения (ЛПР). Сегодняшние требования к методам принятия решений таковы, что и сама постановка задачи, и результаты ее решения должны основываться на профессиональных навыках, опыте и, что особенно важно, на понятном всем языке. Различные методы имеют свои особенности и раскрывают особенности изучаемого объекта с различных сторон. Так, например, в системе «Инфоаналитик» [2, 3, 5], основанной на идеях регуляризирующего байесовского подхода (РБП), есть возможность использовать не только результаты измерений, но и накопленных знаний. А метод формализации экспертных знаний в виде полиномиальной модели, предложенный в работе [6], позволяет «развернуть» получаемое оценивание по факторным направлениям в количественном виде. Тогда применение обоих подходов естественным образом приводит к мультимодельному решению одной и той же задачи принятия решения.

Именно такой подход и продемонстрирован в настоящей статье на примере решения тестовой задачи выбора наилучшего претендента на замещение вакантной должности бухгалтера [1]. Рассматриваются пять кандидатов на должность бухгалтера, данные по которым отражены в табл. 1.

Таблица 1. Исходные данные по кандидатам на должность бухгалтера [1]

Лингвистическая переменная	Кандидаты				
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5
Образование	Среднее	Высшее	Среднее U вышш.	Среднее	Высшее
Опыт	Приемлемый	Большой	Большой	Приемлемый \cap Большой	Большой
Умение работать с ПО	Есть	Нет	Есть	Нет	Нет
Юридическая грамотность	Нет	Нет \cap есть	Есть	Есть	Есть

Для простоты иллюстрации учитывались только четыре критерия: образование (высшее, среднее); опыт (отсутствует, приемлемый, большой); умение работать (да, нет) с программным обеспечением (ПО); юридическая грамотность (есть, нет). Как следует из представленного факторного пространства переменных, основной проблемой при решении данной задачи является необходимость учета неполной и нечеткой информации, представленной в лингвистическом виде.

1. *Оценивание на основе регуляризирующего байесовского подхода*

Методология регуляризирующего байесовского подхода (РБП) и технологии Байесовских интеллектуальных измерений (БИИ) выбраны в силу их интегрирующих свойств, позволяющих производить сопряжение информационных потоков данных и знаний в условиях разноаспектной, распределенной, неточной, неполной и нечеткой информации [3, 5]. Уникальность методологии БИИ состоит в ее возможности реализовывать свертку как в параметрических, так и в функциональных пространствах решений. Это обуславливает возможность «глубокого погружения» РБП в методическую базу изучаемого объекта или явления, «срастания» с ней, и на этой основе достижения синергетического эффекта значительного повышения качества получаемых решений.

Байесовские интеллектуальные измерения, реализующие РБП, – это измерения, основанные на получении знаний об объекте измерения и использовании их в процессе измерения в совокупности с имеющейся априорной информацией, представленной в виде архивных или экспериментальных данных, теоретических знаний, аналитических зависимостей, табличной и графической информации, а также рекомендаций и неформализованного опыта специалистов. Результатами таких измерений могут быть значения, функциональные зависимости, решения о состоянии объекта и необходимости природоохранных мероприятий, интерпретация экологических ситуаций.

Основное уравнение байесовских интеллектуальных измерений (БИИ) записывается в виде [3, 5]:

$$(1) \quad \{h_{kt} | MX_{kt}\} = \{\arg \min C[\varphi_{jt}(x_t | y_t)]\};$$

$$y_t = \{A_t; O_t; M_t\},$$

где $\{h_{kt}\}$ – список результатов БИИ, апостериорная достоверность каждого из которых определяется значением вероятности P_{kt} (k – количество гипотез, t – момент времени из множества T);

C – оптимизирующее решающее правило выбора решения h_{kt} по алгоритму φ_{jt} из множества алгоритмов Φ_{JT} (J – количество алгоритмов) при наборе данных x_t из множества X_T ;

y_t – условия реализации измерения, состоящие из метрологических требований M_t , априорной информации A_t и ограничений O_t из соответствующих множеств M_T, A_T, O_T ;

| – при условии;

argmin – оптимизация по минимуму среднего риска.

Метрологическая обеспеченность модели объекта отражается в форме кортежа комплексов метрологических характеристик (MX) в виде:

$$(2) \quad \{MX\}_{kt} = \{\xi_{kt}; V_{kt}; P_{kt}\},$$

где ξ_{kt} – точность результата БИИ;

V_{kt} – надежность, определяемая по уровням ошибок 1 и 2 рода;

P_{kt} – байесовская апостериорная достоверность результата БИИ.

Оценки предпочтений, полученные в «Инфоаналитике», показаны на рис.1.

Как видно по расположению вероятностей на рис.1, значение выходного параметра охватывает все пространство возможных оценок с указанием наименований лингвистических переменных.

Ранжированный ряд кандидатов выглядит следующим образом: $U_3 > U_5 > U_2 > U_4 > U_1$. Наибольшую вероятность высокой оценки имеет третий кандидат, следовательно, его шансы наиболее предпочтительны.

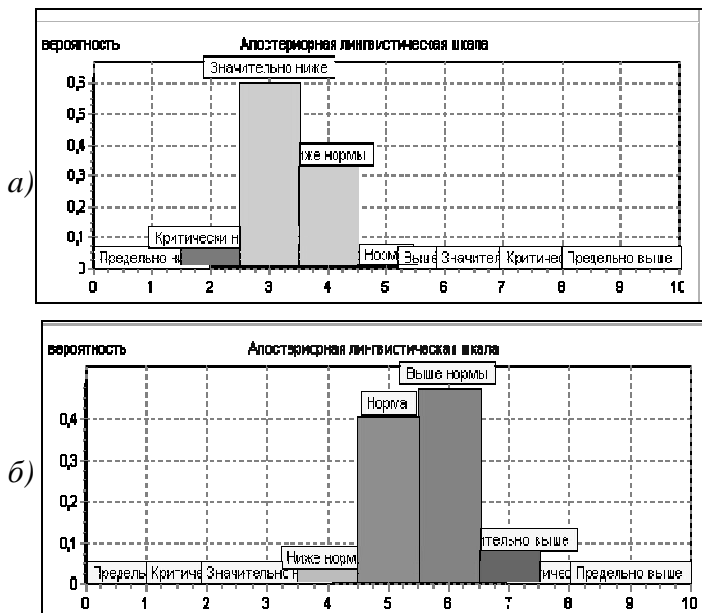


Рис.1. Шкалы вероятностей альтернативных оценок:
 а) – первого кандидата; б) – третьего кандидата.

Программа «Инфоаналитик» выводит карту рисков решений не только для выходного параметра, но и для всех влияющих на этот параметр факторов (рис.2).

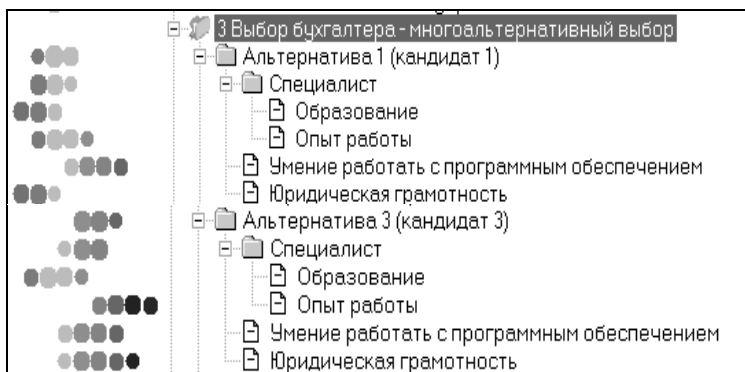



Рис.2. Карта рисков решений

Полученная карта рисков удобна для анализа и сравнения альтернатив по отдельным критериям, поскольку цветовое сопровождение указывает состояние каждого критерия на заданный момент времени.

Каждый кружок соответствует некоторой лингвистической гипотезе о состоянии фактора. Например,  в данном случае соответствуют гипотезам «Критически ниже нормы», «Значительно ниже нормы», «Ниже нормы». Размеры кружков отражают величины вероятностей соответствующих гипотез.

Все результаты, получаемые при моделировании в «Инфоаналитике», имеют соответствующее метрологическое обоснование в виде показателей: надежности, точности, достоверности и риска применения модели (рис. 3).

Метрология и оценка риска моделей:	
Метрологические характеристики и оценка качества модели верхнего уровня:	
Точность	12,5%
Достоверность	0,218
Надёжность	0,47
Риск применения модели	78,2%
Метрологические характеристики и оценка качества наиболее вероятной модели:	
Точность	12,5%
Достоверность	0,503
Надёжность	0,47
Риск применения модели	49,7%
Метрологические характеристики и оценка качества модели нижнего уровня:	
Точность	12,5%
Достоверность	0,279
Надёжность	0,47
Риск применения модели	72,1%

Рис.3. Метрологические характеристики моделей разных уровней

При этом «Инфоаналитик» просчитывает модели трех разных уровней: модель верхнего уровня (оптимистическая мо-

дель), наиболее вероятную модель и модель нижнего уровня (пессимистическая модель).

2. Оценивание по обобщенному показателю в виде полиномиальной модели

В работе [6] разработан метод извлечения и представления экспертной информации в виде аналитического выражения. Применение этого метода особенно эффективно при принятии решений в нечетком многомерном факторном пространстве, как, например, в данном конкретном случае. Для создания нечеткой модели построена опросная матрица (табл.2) и получены ответы $Y_{\text{экс}}$ экспертной группы.

Таблица 2. Матрица опроса с оценками экспертов

№ п/п	X_0	Образов., x_1	Опыт, x_2	Работа с ПО, x_3	Юр. грамотн., x_4	$Y_{\text{лингв}}$	$Y_{\text{экс}}$	$Y_{\text{расч}}$
1	1	-1	-1	-1	-1	Н	0,2	0,238
2	1	1	-1	-1	-1	НС – С	0,425	0,463
3	1	-1	1	-1	-1	С	0,5	0,481
4	1	1	1	-1	-1	С – ВС	0,575	0,575
5	1	-1	-1	1	-1	НС – С	0,425	0,397
6	1	1	-1	1	-1	ВС	0,65	0,622
7	1	-1	1	1	-1	ВС	0,65	0,641
8	1	1	1	1	-1	ВС – В	0,725	0,734
9	1	-1	-1	-1	1	НС	0,35	0,303
10	1	1	-1	-1	1	С – ВС	0,575	0,528
11	1	-1	1	-1	1	С	0,5	0,547
12	1	1	1	-1	1	ВС	0,65	0,641
13	1	-1	-1	1	1	НС – С	0,425	0,463
14	1	1	-1	1	1	ВС	0,65	0,688
15	1	-1	1	1	1	ВС – В	0,725	0,706
16	1	1	1	1	1	В	0,8	0,800
центр	0	0	0	0	0	С	0,5	

В качестве выходной переменной выбрана степень соответствия кандидата предъявляемым требованиям, лингвистическое представление которой показано на рис.4.

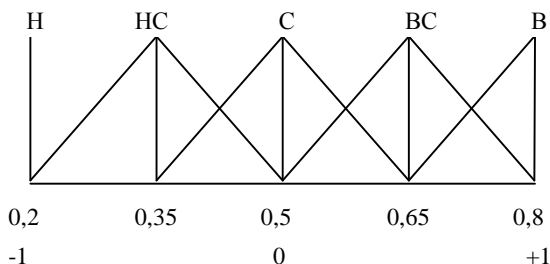


Рис.4. Степень соответствия кандидата предъявляемым требованиям: *H* – низкая; *HC* – ниже средней; *C* – средняя; *BC* – выше средней; *B* – высокая

Математической обработкой по методике [6] получено уравнение, адекватно описывающее мнение экспертов:

$$(3) Y_{расч} = 0,5516 + 0,0797 x_1 + 0,089 x_2 + 0,0797 x_3 + 0,0328 x_4 - 0,0328 x_1 x_2.$$

По кандидатам на должность бухгалтера (табл.1) в заданном факторном пространстве определены исходные кодированные (перевод в интервал [-1,+1]) значения лингвистических переменных и по ним с использованием модели (3) рассчитаны оценки потенциалов кандидатов (табл.3).

Таблица 3. Оценки потенциалов кандидатов на должность

Лингвистическая переменная	Альтернатива				
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5
Образование, x_1	-1	+0,5	+0,25	-1	+0,5
Опыт, x_2	-0,5	+1	+1	+0,5	+1
Умение работать с ПО, x_3	+1	-1	+1	-1	-1
Юридическая грамотность, x_4	-1	+0,5	+1	+1	+1
$Y_{расч}$	0,477	0,583	0,841	0,530	0,673

Как следует из расчетов, наибольшим потенциалом (0,841) обладает третий кандидат, так что выводы по обоим методам совпали.

3. Обсуждение полученных результатов

Факт совпадения рассчитанных оценок по кандидатам на должность бухгалтера служит обоснованной рекомендацией для ЛПР в производственном плане. Для нас же важными являются методологические аспекты проведенного исследования.

Во-первых, следует подчеркнуть, что концептуальные различия методов обуславливают их независимость, а значит объективность получаемых с их помощью рекомендаций. Сам факт совпадения выводов по двум независимым методам свидетельствует об их «правильности» и в метрологическом смысле.

Во-вторых, поскольку основной проблемой многокритериального выбора в пространстве нечетких переменных являются способы свертки информации и вычисления интегральных оценок, то оба метода в рассматриваемом ситуационном аспекте, несмотря на свои особенности, равноточны и естественным образом дополняют друг друга. Так, БИТ-технология (рис.1, 2), позволяет ЛПР осуществить свой выбор на основе представленных пессимистической, оптимистической или наиболее вероятной оценок в зависимости от цели решения. В свою очередь, если ЛПР интересуют причины, по которым эксперты отбирают кандидатуры и насколько они весомы по приоритетам, то обобщенный показатель в виде математической модели (4) даст возможность аргументировано проанализировать их в количественном виде.

В-третьих, руководитель каждого уровня управления использует, как правило, лишь ту информацию, которая ему представляется наиболее целесообразной. При этом тонкости особенностей применяемых методов получения оценок ему малоинтересны и не всегда понятны. Но совпадение оценок по двум независимым методам обычно производят однозначно положительный эффект. Поэтому, многомодельный подход к

принятию решений выгодно, и не только на наш взгляд [4], отличается от одномодельного.

В-четвертых, применение «тандема» из предлагаемых методов имеет много преимуществ, важнейшими из которых являются: возможность интеграции разнотипной, разноточной, нечеткой и неполной информации; перевод выбора наилучшего решения из условий неопределенности в условия риска посредством обеспечения входной и выходной информации вероятностными характеристиками; представление информации в удобном для пользователя виде – карты рисков или аналитического выражения.

Литература

1. АНДРЕЙЧИКОВ А.В., АНДРЕЙЧИКОВА О.Н. *Анализ, синтез, планирование решений в экономике*. М.: Финансы и статистика, 2001. – 368 с.
2. КОТЕЛЬНИКОВ В. Г, НОВОЖИЛОВ А.С. *Сравнительный анализ двух моделей принятия решений // Сборник докладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям «SCM-2007», т.1. СПб.: Издво СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 25-27 июня 2007. С. 137-139.*
3. ЛУКЪЯНЕЦ А.А., ПРОКОПЧИНА С.В. *Методология поддержки решений в управлении энергоснабжающими организациями на основе регуляризирующего байесовского подхода: научно-практическое пособие*. Томск: Некоммерческий фонд развития региональной энергетики, 2006.– 196 с.
4. МИРОНОВ А.Н. *Теоретические основы и методы многомодельного прогнозирования долговечности сложных военнотехнических систем космического назначения*. Министерство обороны, 2000. – 429 с.
5. ПРОКОПЧИНА С.В., ФЕДИЧКИН А.И. *Применение байесовских интеллектуальных технологий (БИТ) для оценки интегральных показателей. // Сб. докладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям "SCM-2006", т.2. Санкт-Петербург, 27-29 июня 2006. С.20-22.*

6. СПЕСИВЦЕВ А.В. *Управление рисками чрезвычайных ситуаций на основе формализации экспертной информации.* СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2004. – 238 с.

DECISION MAKING: MANY-MODEL APPROACH

Aleksandr Spesivcev, ZAO "TEHNOLINK", Saint-Petersburg, candidate of science (Spesivtsev@technolink.spb.ru).

Valeriy Kotelnikov, Saint-Petersburg State Railway Communication University, Saint-Petersburg, Doctor of Science, professor (For_kotvaler@mail.ru).

Aleksey Novozhilov, Saint-Petersburg State Railway Communication University, Saint-Petersburg, post-graduate (Alexnov83@mail.ru).

Abstract: Comparison of two conceptual differing models of taken a decision has been done on a base of Bayesian integrating technology and formalization expert information as polynomial fuzzy-model. It is shown that using of the different models of the estimation lead to confidence in rationality of taken decisions.

Keywords: fuzzy-model, Bayesian integrating technologies, many-model approach.