

УДК 336.69

Р.Р. РЗАЕВ, Э.Т. АЛИЕВ

ОЦЕНКА СБАЛАНСИРОВАННОСТИ РАСХОДОВ В РАМКАХ ПРОЕКТОВ FAO UN НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ НЕЧЁТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

Разработана нечёткая модель для оценки сбалансированности бюджетов FAO-проектов на предмет их соответствия новой финансовой политике FAO в области расходов. На примере трех произвольно выбранных проектов проведена апробация данной модели и осуществлено ранжирование соответствующих бюджетов на основе точечных оценок нечётких интерпретаций их степеней сбалансированности.

Ключевые слова: FAO-проект, нечёткое множество, импликативное правило, точечная оценка нечеткого множества

1. Введение. В работе [1] описан финансовый механизм эффективного возмещения расходов в отношении поддержки проектов FAO UN¹, который основан на новой классификации расходов и на пропорциональном возмещении затрат с относительными издержками на поддержку проектов. Суть данного подхода состоит в том, что он отходит от принципов классификации расходов и возмещения дополнительных затрат, которые применялись в соответствии с действующей до 2014-го года политикой FAO в отношении затрат. Согласно этому подходу все затраты разделены на три категории:

- **ПОР:** *Прямые операционные расходы* – издержки, связанные с конкретными вводимыми ресурсами (помимо прямых расходов на поддержку), которые необходимы для осуществления какого-либо вида деятельности. К примеру, это расходы, включающие в себя проектные сметы (затраты на проектный персонал, техническую помощь FAO, консультантов, служебные поездки, контракты, оборудование и пр.).
- **ПРП:** *Прямые расходы на поддержку* – стоимость услуг, которые могут быть отнесены к поддержке предоставления конкретных вводимых ресурсов, предоставленных в рамках прямых оперативных расходов. Среди прочего, к таким расходам относятся услуги, связанные с управлением людскими ресурсами, финансами, информационными технологиями, мониторингом и оценкой. Эти расходы относятся к той помощи, которую FAO должна предоставить для того, чтобы обеспечить реализацию конкретных мероприятий.
- **КРП:** *Косвенные расходы на поддержку* – расходы, которые поддерживают выполнение осуществляемых мероприятий, но не могут быть непосредственно связаны с их реализацией (например, политическое и исполнительное руководство и менеджмент, управление и надзор).

Кроме того, отличительные особенности нового финансового механизма заключаются в том, что все затраты рассматриваются по всем источникам финансирования (Регулярная Программа + Внебюджетные Ресурсы), осуществляется отход от разделения расходов на переменные и фиксированные (тем самым, внебюджетные ресурсы больше не рассматриваются как дополнительные) и осуществляется отход от принципа партнерства в плане полного возмещения расходов.

Тем не менее, на стадии утверждения закладываемые проектные ассигнования носят зачастую весьма условный характер и могут трансформироваться в процессе реализации проектов. Эти данные о планируемых расходах являются скорее слабо структурированными и

¹ Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO UN – Food and Agriculture Organization of the United Nations)

их описание в абсолютных величинах (в частности, в долл. США) имеет относительное содержание. Одним из наиболее адекватных способов их описания являются нечёткие множества, которые в силу своей природы и способов формализации могут позволить сохранить устойчивость принятой классификации расходов на всем протяжении их исполнения.

2. Постановка задачи. В новой стратегической рамочной программе FAO UN [2] представлены новые предложения по расходам в рамках Программы Работы и Бюджета (ПРБ) на 2014-2015. В частности, в Табл. 1 (см. [2]) приведены сводные данные о потребностях в ресурсах в 2014-2015 годах в разбивке по стратегическим/функциональным целям (разделам бюджета), источникам финансирования: *чистым ассигнованиям* и *внебюджетным взносам*.

Чистые ассигнования (ЧА) отражают потребности в затратах, которые финансируются из начисленных взносов постоянных членов FAO в рамках Регулярной Программы (РП). Внебюджетные ресурсы (ВР) отражают смету добровольных взносов, составляющих 58,6% (1 437,4 млн. долл. США) от общего объема потребностей в ресурсах. Основные добровольные взносы (ОДВ) представляют собой сметные внебюджетные ресурсы, заложенные в Программу работы в целях достижения ориентировочных результатов. Распределение этих ресурсов осуществляется на той же основе, что и распределение чистых ассигнований. К ним относятся:

- взносы в целевые фонды для финансирования проектов по поддержке основной деятельности на глобальном и региональном уровне;
- взносы партнеров, не связанных с проектами (например, со стороны Совместной Программы FAO/Всемирного банка, взнос ВОЗ в «Кодекс Алиментариус»).

Таблица 1

Предложения по бюджету FAO на 2014-2015 годы в разбивке по стратегическим/функциональным целям и источникам финансирования

Раздел бюджета	Стратегические/функциональные цели	(тыс. долл. США по курсу 2012-2013 гг.)						Итого
		ЧА	(%)	ОДВ	(%)	Прочие ВР	(%)	
01	Содействие искоренению голода и решению проблемы отсутствия продовольственной безопасности и недоедания	92675	9.12	19944	12.10	132815	10.44	245435
02	Расширение и улучшение предоставления товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства устойчивым образом	193030	19.01	75262	45.65	195898	15.39	464190
03	Сокращение масштабов нищеты в сельских районах	64870	6.39	5498	3.34	48952	3.85	119320
04	Содействие созданию на местном, государственном, региональном и международном уровнях более широких по охвату и более эффективных сельскохозяйственных и продовольственных систем	112017	11.03	47943	29.08	82902	6.51	242863
05	Повышение устойчивости средств к существованию перед угрозами и кризисами	36617	3.61	7426	4.50	787861	61.91	831904
06	Техническое качество, знания и услуги	51587	5.08	58	0.04	34	0.00	51679
07	Программа технического сотрудничества	131853	12.98	0	0.00	0	0.00	131853
08	Информационно-просветительская работа	66396	6.54	159	0.10	1286	0.10	67841
09	Информационные технологии	44108	4.34	4	0.00	0	0.00	44112
10	Управление, надзор и руководство со стороны FAO	86249	8.49	1170	0.71	22691	1.78	110110
11	Эффективное и действенное выполнение административных функций	88596	8.72	7210	4.37	68	0.01	95873
12	Непредвиденные расходы	600	0.06	0	0.00	0	0.00	600
13	Капитальные расходы	22232	2.19	0	0.00	0	0.00	22232
14	Расходы на обеспечение безопасности	24809	2.44	181	0.11	0	0.00	24990
Итого ассигнований		1015639	100	164856	100	1272507	100	2453002

Как видно из Табл.1, распределение ассигнований по всем источникам финансирования предусматривает новую классификацию расходов и пропорциональное возмещение затрат с относительными издержками на поддержку проектов. При этом предполагается, что расчётная пропорциональная ставка КРП для всех случаев финансирования будет составлять 7% от совокупных ПОР и ПРП.

Благодаря принятому в FAO принципу полного возмещения затрат при условии пропорционального распределения ПРП и КРП удалось значительно устранить существенный «перекос» в распределении средств в сторону Регулярной Программы, который имел место в предшествующие годы. Однако, принятая в [3] новая классификация расходов на ПОР, ПРП и КРП хоть и стала основой для более эффективного механизма возмещения расходов в отношении поддержки проектов FAO, но, все же, не может обеспечить сбалансированность бюджетов на всем протяжении реализации проектов из-за размытости формулировок статей расходов. Поэтому необходима более детальная классификация расходов или даже их кластеризация, которая наилучшим образом могла бы обеспечивать гибкость в плане учёта особенностей проектов в рамках FAO.

3. Нечёткая модель для оценки сбалансированности бюджетов FAO-проектов. Для оценки проекта по линии FAO с точки зрения сбалансированности его бюджета нами предлагается использовать механизм нечеткого вывода, который позволит установить причинно-следственные связи между характеристиками бюджета, с одной стороны, и, собственно, структурой распределения расходов на её соответствие новой политике FAO [3], с другой.

За основу выберем следующие достаточно простые непротиворечивые высказывания²:

- e_1 : «Если ассигнования на содействие искоренению голода и решению проблемы отсутствия продовольственной безопасности и недоедания в пределах нормы и ассигнования направленные на расширение и улучшение предоставления товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства устойчивым образом в пределах нормы и ассигнования для предоставления технического качества, знаний и услуг в пределах нормы и ассигнования направленные на информационно-просветительскую работу в пределах нормы и ассигнования для управления, надзора и руководства со стороны FAO в пределах нормы и ассигнования для обеспечения эффективного и действенного выполнения административных функций в пределах нормы, тогда бюджет проекта сбалансированный»;
- e_2 : «Если вдобавок к вышеперечисленным требованиям предусмотрены ассигнования на сокращение масштабов нищеты в сельских районах в пределах нормы и ассигнования на применение информационных технологий в пределах нормы и ассигнования на капитальные расходы в пределах нормы, тогда бюджет проекта более чем сбалансированный»;
- e_3 : «Если дополнительно к условиям, оговоренным в e_2 , предусмотрены ассигнования направленные на содействие созданию на местном, государственном, региональном и международном уровнях более широких по охвату и более эффективных сельскохозяйственных и продовольственных систем в пределах нормы и ассигнования на повышение устойчивости средств к существованию перед угрозами и кризисами в пределах нормы и ассигнования для проведения программы технического сотрудничества в пределах нормы и ассигнования запланированные на непредвиденные расходы в

² Предлагаемые высказывания могут быть легко переформатированы или уточнены экспертами FAO, не являющимися математическими аналитиками или же специалистами в области нечёткой логики.

пределах нормы и ассигнования на расходы по обеспечению безопасности в пределах нормы, тогда сбалансированность бюджета проекта бузупречна»;

- e_4 : «Если дополнительно к условиям, оговоренным в e_2 , предусмотрены ассигнования направленные на содействие созданию на местном, государственном, региональном и международном уровнях более широких по охвату и более эффективных сельскохозяйственных и продовольственных систем в пределах нормы и ассигнования на расходы по обеспечению безопасности в пределах нормы, тогда бюджет проекта очень сбалансированный»;
- e_5 : «Если предусмотрены ассигнования на содействие искоренению голода и решению проблемы отсутствия продовольственной безопасности и недоедания в пределах нормы и ассигнования направленные на содействие созданию на местном, государственном, региональном и международном уровнях более широких по охвату и более эффективных сельскохозяйственных и продовольственных систем в пределах нормы и ассигнования на повышение устойчивости средств к существованию перед угрозами и кризисами в пределах нормы и ассигнования для предоставления технического качества, знаний и услуг в пределах нормы и ассигнования направленные на информационно-просветительскую работу в пределах нормы и ассигнования для управления, надзора и руководства со стороны FAO в пределах нормы и ассигнования для обеспечения эффективного и действенного выполнения административных функций в пределах нормы, а ассигнования на расширение и улучшение предоставления товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства устойчивым образом не предусмотрены, тогда бюджет проекта все же также сбалансированный»;
- e_6 : «Если ассигнования для предоставления технического качества, знаний и услуг не предусмотрены и ассигнования направленные на информационно-просветительскую работу не предусмотрены и ассигнования для управления, надзора и руководства со стороны FAO не предусмотрены и ассигнования для обеспечения эффективного и действенного выполнения административных функций не предусмотрены, тогда бюджет проекта несбалансированный».

В контексте приведенных информационных фрагментов можно выделить базовый набор входных и выходных характеристик (лингвистических переменных) для построения системы логического вывода из класса MISO³ в виде нечётких импликативных правил. В частности, входными лингвистическими переменными являются разделы бюджета X_k ($k=1\div 14$), приведенные во втором столбце Табл. 1. В качестве выходной характеристики выберем лингвистическую переменную Y с термами: СБАЛАНСИРОВАННЫЙ, БОЛЕЕ ЧЕМ СБАЛАНСИРОВАННЫЙ, ОЧЕНЬ СБАЛАНСИРОВАННЫЙ, БЕЗУПРЕЧНЫЙ и НЕСБАЛАНСИРОВАННЫЙ.

Тогда импликативные правила, отражающие причинно-следственные связи в приведенных рассуждениях, представим в следующем виде:

- e_1 : «Если $X_1=$ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и $X_2=$ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и $X_6=$ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и $X_8=$ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и $X_{10}=$ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и $X_{11}=$ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ, то $Y=$ СБАЛАНСИРОВАННЫЙ»;
- e_2 : «Если $X_1=$ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и $X_2=$ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и $X_3=$ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и $X_6=$ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и $X_8=$ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и $X_9=$ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и $X_{10}=$ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и $X_{11}=$ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и $X_{13}=$ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ, то $Y=$ БОЛЕЕ ЧЕМ СБАЛАНСИРОВАННЫЙ»;

³ MISO – multiplied input and single output (класс многовыходных и одновыходных систем)

- e_3 : «Если X_1 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_2 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_3 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_4 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_5 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_6 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_7 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_8 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_9 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_{10} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_{11} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_{12} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_{13} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_{14} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ, то Y =БЕЗУПРЕЧНЫЙ»;
- e_4 : «Если X_1 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_2 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_3 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_4 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_6 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_8 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_9 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_{10} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_{11} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_{13} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_{14} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ, то Y =ОЧЕНЬ СБАЛАНСИРОВАННЫЙ»;
- e_5 : «Если X_1 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_2 =НЕ ПРЕДУСМОТРЕНО и X_4 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_5 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_6 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_8 =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_{10} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_{11} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ и X_{13} =В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ, то Y =СБАЛАНСИРОВАННЫЙ»;
- e_6 : «Если X_6 =НЕ ПРЕДУСМОТРЕНО и X_8 =НЕ ПРЕДУСМОТРЕНО и X_{10} =НЕ ПРЕДУСМОТРЕНО и X_{11} =НЕ ПРЕДУСМОТРЕНО, то Y =НЕСБАЛАНСИРОВАННЫЙ».

Выходную лингвистическую переменную Y зададим на дискретном множестве $J=\{0; 0.1; 0.2; \dots; 1\}$. Тогда используемые в импликативных правилах её термы опишем нечёткими множествами с соответствующими функциями принадлежности [4, 5]:

- B =СБАЛАНСИРОВАННЫЙ, $\mu_B(x) = x, x \in J$;
- MB =БОЛЕЕ ЧЕМ СБАЛАНСИРОВАННЫЙ, $\mu_{MB}(x) = \sqrt{x}, x \in J$;
- P =БЕЗУПРЕЧНЫЙ, $\mu_P(x) = \begin{cases} 1, x = 1; \\ 0, x < 1, \end{cases} x \in J$;
- VB =ОЧЕНЬ СБАЛАНСИРОВАННЫЙ, $\mu_{VB}(x) = x^2, x \in J$;
- UB =НЕСБАЛАНСИРОВАННЫЙ, $\mu_{UB}(x) = 1 - x, x \in J$.

Для фаззификации термов из левых частей приведённых правил за основу выберем распределение чистых ассигнований по статьям бюджета⁴. Как видно из Табл. 1, в процентном содержании чистые ассигнования изменяются, например, в диапазоне [0; 19.08] ($x_{\min}=x_{12}=0.06\%$; $x_{\max}=x_2=19.01\%$). Тогда термы в левых частях принятых правил опишем нечёткими множествами по опорному вектору $C=(u_1, u_2, \dots, u_n)$, восстанавливаемых гауссовскими функциями принадлежности:

$$\mu(u) = e^{-\frac{(u-x_k)^2}{\sigma^2}}, \quad (3.1)$$

где x_k – объём ассигнований в процентном отношении по k -му разделу бюджета ($k=1 \div 14$); σ^2 – плотность распределения элементов, принятой единой для всех нечётких множеств. В данном случае опорный вектор C мы интерпретируем как набор FAO-проектов u_j ($j=1 \div n$), анализируемых на соответствие новой политике FAO в области расходов.

⁴ В данном случае распределение чистых ассигнований по разделам бюджета мы принимаем в качестве FAO-модели сбалансированного бюджета.

4. Оценка сбалансированности бюджетов FAO-проектов. Апробацию предложенной в предыдущем разделе нечёткой модели осуществим на основе оценки произвольно выбранных следующих трёх FAO-проектов: u_1 , u_2 и u_3 , которые представлены в Табл. 2 своими бюджетными расходами.

Таблица 2
Бюджетные расходы в рамках РП и FAO-проектов

Раздел бюджета	Стратегические/функциональные цели	РП		u_1		u_2		u_3	
		\$ ($\times 10^3$)	%	\$	%	\$	%	\$	%
01	Содействие искоренению голода и решению проблемы отсутствия продовольственной безопасности и недоедания	92675	9.12	20350	8.14	9828	7.56	54538	8.14
02	Расширение и улучшение предоставления товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства устойчивым образом	193030	19.01	54250	21.70	22659	17.43	119729	17.87
03	Сокращение масштабов нищеты в сельских районах	64870	6.39	17225	6.89	12519	9.63	52260	7.8
04	Содействие созданию на местном, государственном, региональном и международном уровнях более широких по охвату и более эффективных сельскохозяйственных и продовольственных систем	112017	11.03	27573	11.03	13585	10.45	60836	9.08
05	Повышение устойчивости средств к существованию перед угрозами и кризисами	36617	3.61	19625	7.85	2002	1.54	38726	5.78
06	Техническое качество, знания и услуги	51587	5.08	6125	2.45	8788	6.76	33165	4.95
07	Программа технического сотрудничества	131853	12.98	28500	11.40	8814	6.78	78859	11.77
08	Информационно-просветительская работа	66396	6.54	9175	3.67	11245	8.65	39262	5.86
09	Информационные технологии	44108	4.34	19625	7.85	10231	7.87	39128	5.84
10	Управление, надзор и руководство со стороны FAO	86249	8.49	11675	4.67	8294	6.38	56950	8.5
11	Эффективное и действенное выполнение административных функций	88596	8.72	17225	6.89	11128	8.56	65124	9.72
12	Непредвиденные расходы	600	0.06	2652	1.06	5980	4.6	0	0
13	Капитальные расходы	22232	2.19	11950	4.78	1170	0.9	21105	3.15
14	Расходы на обеспечение безопасности	24809	2.44	4050	1.62	3757	2.89	10318	1.54
Итого:		1015639	100	250000	100	130000	100	670000	100

Опираясь на данные о бюджетных расходах в рамках рассматриваемых FAO-проектов (см. Табл. 2) и гауссовскую функцию принадлежности (1), осуществим фазификацию термов из левых частей приведенных в предыдущем разделе импликативных правил. Например, терм «В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ», как значение лингвистической переменной X_1 (уровень ассигнований на содействие искоренению голода и решению проблемы отсутствия продовольственной безопасности и недоедания), опишем по средством нечёткого подмножества универсума $U_1=[0; 19.08]^5$ с представленной на Рис. 1 гауссовской функцией принадлежности $\mu(u) = e^{-\frac{(u-9.12)^2}{5^2}}$.

⁵ Универсум U_1 – это условный диапазон значений, покрывающий возможные объёмы чистых ассигнований в процентном отношении по 1-му разделу.

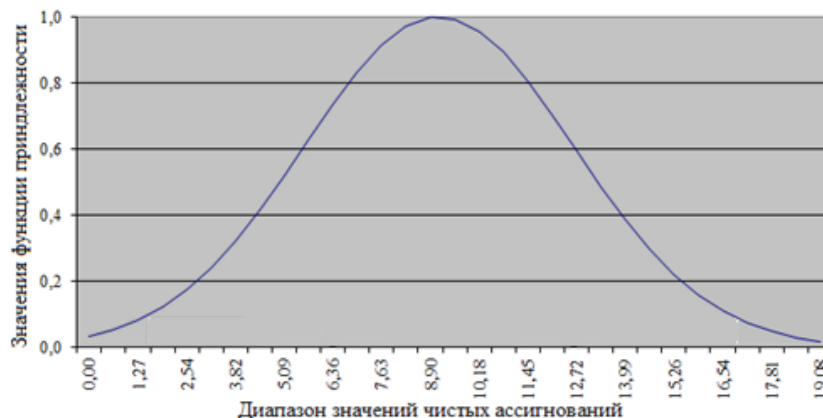


Рис. 1 Гауссовская функция принадлежности нечёткого множества «В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ»

Итак, взяв за основу сформулированное выше правило фаззификации, представим нечёткие множества, описывающих термы в левых частях приведенных импликативных правил по опорному вектору u_1 , u_2 и u_3 , в следующем виде:

- «В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ» (уровень ассигнований на содействие искоренению голода и решению проблемы отсутствия продовольственной безопасности и недоедания):

$$A_1 = \frac{0.9619}{u_1} + \frac{0.9067}{u_2} + \frac{0.9619}{u_3};$$

- «В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ» (уровень ассигнований, направленные на расширение и улучшение предоставления товаров и услуг со стороны сельского, лесного и рыбного хозяйства устойчивым образом):

$$A_2 = \frac{0.7480}{u_1} + \frac{0.9055}{u_2} + \frac{0.9497}{u_3};$$

- «В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ» (уровень ассигнований направленные сокращение масштабов нищеты в сельских районах):

$$A_3 = \frac{0.9899}{u_1} + \frac{0.6566}{u_2} + \frac{0.9233}{u_3};$$

- «В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ» (уровень ассигнований на содействие созданию на местном, государственном, региональном и международном уровнях более широких по охвату и более эффективных сельскохозяйственных и продовольственных систем):

$$A_4 = \frac{1.0000}{u_1} + \frac{0.9867}{u_2} + \frac{0.8590}{u_3};$$

- «В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ» (уровень ассигнований, направленные на повышение устойчивости средств к существованию перед угрозами и кризисами):

$$A_5 = \frac{0.4864}{u_1} + \frac{0.8431}{u_2} + \frac{0.8276}{u_3};$$

- «В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ» (уровень ассигнований для предоставления технического качества, знаний и услуг):

$$A_6 = \frac{0.7584}{u_1} + \frac{0.8932}{u_2} + \frac{0.9993}{u_3};$$

- «В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ» (уровень ассигнований на программу технического сотрудничества):

$$A_7 = \frac{0.9047}{u_1} + \frac{0.2147}{u_2} + \frac{0.9429}{u_3};$$

- «В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ» (уровень ассигнований, направленные на информационно-просветительскую работу):

$$A_8 = \frac{0.7197}{u_1} + \frac{0.8365}{u_2} + \frac{0.9818}{u_3};$$

- «В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ» (уровень ассигнований для применения информационных технологий):

$$A_9 = \frac{0.6114}{u_1} + \frac{0.6080}{u_2} + \frac{0.9142}{u_3};$$

- «В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ» (уровень ассигнований для управления, надзора и руководств со стороны FAO):

$$A_{10} = \frac{0.5575}{u_1} + \frac{0.8366}{u_2} + \frac{1.0000}{u_3};$$

- «В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ» (уровень ассигнований, направленные на эффективное и действенное выполнение административных функций):

$$A_{11} = \frac{0.8742}{u_1} + \frac{0.9989}{u_2} + \frac{0.9610}{u_3};$$

- «В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ» (уровень ассигнований на непредвиденные расходы):

$$A_{12} = \frac{0.9607}{u_1} + \frac{0.4383}{u_2} + \frac{0.9999}{u_3};$$

- «В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ» (уровень ассигнований на капитальные расходы):

$$A_{13} = \frac{0.7645}{u_1} + \frac{0.9357}{u_2} + \frac{0.9637}{u_3};$$

- «В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ» (расходы на обеспечение безопасности):

$$A_{14} = \frac{0.9733}{u_1} + \frac{0.9920}{u_2} + \frac{0.9679}{u_3}.$$

Полученные таким образом формализмы для входных характеристик, а также описанные выше нечёткие выходы сформулированной модели используем в приведенных нечётких импликативных правилах. Тогда эти правила можно записать в следующем виде:

e_1 : «Если $X_1=A_1$ и $X_2=A_2$ и $X_6=A_6$ и $X_8=A_8$ и $X_{10}=A_{10}$ и $X_{11}=A_{11}$, то $Y=B$ »;

e_2 : «Если $X_1=A_1$ и $X_2=A_2$ и $X_3=A_3$ и $X_6=A_6$ и $X_8=A_8$ и $X_9=A_9$ и $X_{10}=A_{10}$ и $X_{11}=A_{11}$ и $X_{13}=A_{13}$, то $Y=MB$ »;

e_3 : «Если $X_1=A_1$ и $X_2=A_2$ и $X_3=A_3$ и $X_4=A_4$ и $X_5=A_5$ и $X_6=A_6$ и $X_7=A_7$ и $X_8=A_8$ и $X_9=A_9$ и $X_{10}=A_{10}$ и $X_{11}=A_{11}$ и $X_{12}=A_{12}$ и $X_{13}=A_{13}$ и $X_{14}=A_{14}$, то $Y=P$ »;

e_4 : «Если $X_1=A_1$ и $X_2=A_2$ и $X_3=A_3$ и $X_4=A_4$ и $X_6=A_6$ и $X_8=A_8$ и $X_9=A_9$ и $X_{10}=A_{10}$ и $X_{11}=A_{11}$ и $X_{13}=A_{13}$ и $X_{14}=A_{14}$, то $Y=VB$ »;

e_5 : ««Если $X_1=A_1$ и $X_2=\neg A_2$ и $X_4=A_4$ и $X_5=A_5$ и $X_6=A_6$ и $X_8=A_8$ и $X_9=A_9$ и $X_{10}=A_{10}$ и $X_{11}=A_{11}$ и $X_{13}=A_{13}$, то $Y=B$ »»;

e_6 : «Если $X_6=\neg A_6$ и $X_8=\neg A_8$ и $X_{10}=\neg A_{10}$ и $X_{11}=\neg A_{11}$, то $Y=UB$ ».

Далее, для левых частей правил вычислим соответствующие функции принадлежности ($i=1\div 6$). В частности, имеем:

$$e_1: \mu_{M_1}(u) = \min_u \{ \mu_{A_1}(u), \mu_{A_2}(u), \mu_{A_6}(u), \mu_{A_8}(u), \mu_{A_{10}}(u), \mu_{A_{11}}(u) \}, M_1 = \frac{0.5575}{u_1} + \frac{0.8365}{u_2} + \frac{0.9497}{u_3};$$

$$e_2: \mu_{M_2}(u) = \min_u \{ \mu_{A_1}(u), \mu_{A_2}(u), \mu_{A_3}(u), \mu_{A_6}(u), \mu_{A_8}(u), \mu_{A_9}(u), \mu_{A_{10}}(u), \mu_{A_{11}}(u), \mu_{A_{13}}(u) \},$$

$$M_2 = \frac{0.5575}{u_1} + \frac{0.6080}{u_2} + \frac{0.9142}{u_3};$$

$$e_3: \mu_{M_3}(u) = \min_u \{ \mu_{A_1}(u), \mu_{A_2}(u), \dots, \mu_{A_{14}}(u) \}, M_3 = \frac{0.4864}{u_1} + \frac{0.2147}{u_2} + \frac{0.8276}{u_3};$$

$$e_4: \mu_{M_4}(u) =$$

$$\min_u \{ \mu_{A_1}(u), \mu_{A_2}(u), \mu_{A_3}(u), \mu_{A_4}(u), \mu_{A_6}(u), \mu_{A_8}(u), \mu_{A_9}(u), \mu_{A_{10}}(u), \mu_{A_{11}}(u), \mu_{A_{13}}(u) \}, M_4 =$$

$$= \frac{0.5575}{u_1} + \frac{0.6080}{u_2} + \frac{0.8590}{u_3};$$

$$e_5: \mu_{M_5}(u) = \min_u \{ \mu_{A_1}(u), 1 - \mu_{A_2}(u), \mu_{A_4}(u), \mu_{A_5}(u), \mu_{A_6}(u), \mu_{A_8}(u), \mu_{A_{10}}(u), \mu_{A_{11}}(u), \mu_{A_{13}}(u) \},$$

$$M_5 = \frac{0.2520}{u_1} + \frac{0.0945}{u_2} + \frac{0.0503}{u_3};$$

$$e_6: \mu_{M_6}(u) = \min_u \{1 - \mu_{A_6}(u), 1 - \mu_{A_8}(u), 1 - \mu_{A_{10}}(u), 1 - \mu_{A_{11}}(u)\}, M_6 = \frac{0.1258}{u_1} + \frac{0.0011}{u_2} + \frac{0.000}{u_3}.$$

В результате правила запишем в ещё более компактном виде:

- e_1 : «Если $X=M_1$, то $Y=B$ »;
- e_2 : «Если $X=M_2$, то $Y=MB$ »;
- e_3 : «Если $X=M_3$, то $Y=P$ »;
- e_4 : «Если $X=M_4$, то $Y=VB$ »;
- e_5 : «Если $X=M_5$, то $Y=B$ »;
- e_6 : «Если $X=M_6$, то $Y=UB$ ».

Для преобразования этих правил воспользуемся импликацией Лукасевича [5]:

$$\mu_H(u, j) = \min_{(u, j)} \{1, 1 - \mu_M(u) + \mu_Y(j)\}. \quad (4.1)$$

В результате, для каждой пары $(u, j) \in U \times Y$ на $U \times Y$ получим следующие нечёткие отношения:

		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$R_1 =$	u_1	0,4425	0,5425	0,6425	0,7425	0,8425	0,9425	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	u_2	0,1635	0,2635	0,3635	0,4635	0,5635	0,6635	0,7635	0,8635	0,9635	1,0000	1,0000
	u_3	0,0503	0,1503	0,2503	0,3503	0,4503	0,5503	0,6503	0,7503	0,8503	0,9503	1,0000
$R_2 =$	u_1	0	0,3162	0,4472	0,5477	0,6325	0,7071	0,7746	0,8367	0,8944	0,9487	1
	u_2	0,4425	0,7588	0,8897	0,9902	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	u_3	0,3920	0,7083	0,8392	0,9397	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
$R_3 =$	u_1	0,0858	0,4020	0,5330	0,6335	0,7182	0,7929	0,8603	0,9224	0,9802	1,0000	1,0000
	u_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	u_3	0,5136	0,5136	0,5136	0,5136	0,5136	0,5136	0,5136	0,5136	0,5136	0,5136	1,0000
$R_4 =$	u_1	0,7853	0,7853	0,7853	0,7853	0,7853	0,7853	0,7853	0,7853	0,7853	0,7853	1,0000
	u_2	0,1724	0,1724	0,1724	0,1724	0,1724	0,1724	0,1724	0,1724	0,1724	0,1724	1,0000
	u_3	0	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49	0,64	0,81	1
$R_5 =$	u_1	0,4425	0,4525	0,4825	0,5325	0,6025	0,6925	0,8025	0,9325	1,0000	1,0000	1,0000
	u_2	0,3920	0,4020	0,4320	0,4820	0,5520	0,6420	0,7520	0,8820	1,0000	1,0000	1,0000
	u_3	0,1410	0,1510	0,1810	0,2310	0,3010	0,3910	0,5010	0,6310	0,7810	0,9510	1,0000
$R_6 =$	u_1	0,7480	0,8480	0,9480	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	u_2	0,9055	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	u_3	0,9497	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
$R =$	u_1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
	u_2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9742	0,8742
	u_3	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9989

Далее, путём пересечения полученных нечётких отношений в итоге находим общее функциональное решение $R=R_1 \cap R_2 \cap \dots \cap R_6$, отражающее причинно-следственную связь между уровнями расходов и степенью сбалансированности бюджета:

		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$R =$	u_1	0,4425	0,4525	0,4825	0,5136	0,5136	0,5136	0,5136	0,5136	0,5136	0,5136	0,8742
	u_2	0,1635	0,2635	0,3635	0,4635	0,5520	0,6420	0,7520	0,7853	0,7853	0,7853	0,9989
	u_3	0,0503	0,1503	0,1724	0,1724	0,1724	0,1724	0,1724	0,1724	0,1724	0,1724	1,0000

Далее, для определения уровня сбалансированности бюджета применим правило композиционного вывода в нечёткой среде:

$$E_i = G_i \circ R \quad (i=1 \div 3), \quad (4.2)$$

где E_i – степень сбалансированности бюджета i -го проекта, G_i – отображение ассигнований в процентном содержании по i -му проекту в виде нечёткого подмножества. Тогда, выбирая композиционное правило в виде

$$\mu_{E_i}(j) = \max_u \left\{ \min \{ \mu_{G_i}(u), \mu_R(u) \} \right\}, \quad (4.3)$$

и, полагая, что $\mu_{G_i}(u) = \begin{cases} 0, & u \neq u_i, \\ 1, & u = u_i, \end{cases}$ в итоге имеем: $\mu_{E_i}(j) = \mu_R(u_i, j)$, т.е. E_i есть i -я строка матрицы R , которая представляет собой нечёткое множество по опорному вектору $(0; 0.1; 0.2; \dots; 1)$.

Для определения степени сбалансированности бюджетов рассматриваемых проектов применим процедуру дефаззификации нечётких выходов применённой модели, основанной на методе точечной оценки нечёткого множества [5].

Согласно равенствам (4.2) и (4.3), степень сбалансированности бюджета проекта u_1 интерпретируется в виде нечёткого множества:

$$E_1 = \frac{0.4425}{0} + \frac{0.4525}{0.1} + \frac{0.4825}{0.2} + \frac{0.5136}{0.3} + \frac{0.5136}{0.4} + \frac{0.5136}{0.5} + \frac{0.5136}{0.6} + \frac{0.5136}{0.7} + \frac{0.5136}{0.8} + \frac{0.5136}{0.9} + \frac{0.8742}{1}.$$

Для точечной оценки этого множества установим его уровневые множества $E_{1\alpha}$ и вычислим соответствующие им мощности $M(E_{1\alpha})$ по формуле:

$$M(E_{1\alpha}) = \sum_{j=1}^n \frac{x_j}{n}.$$

Тогда, в частности, имеем:

- для $0 < \alpha < 0.4425$: $\Delta\alpha = 0.4425$, $E_{1\alpha} = \{0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.5$;
- для $0.4425 < \alpha < 0.4525$: $\Delta\alpha = 0.01$, $E_{1\alpha} = \{0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.55$;
- для $0.4525 < \alpha < 0.4825$: $\Delta\alpha = 0.03$, $E_{1\alpha} = \{0.2; 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.60$;
- для $0.4825 < \alpha < 0.5136$: $\Delta\alpha = 0.0311$, $E_{1\alpha} = \{0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 0.65$;
- для $0.5136 < \alpha < 0.8742$: $\Delta\alpha = 0.3606$, $E_{1\alpha} = \{1\}$, $M(E_{1\alpha}) = 1$.

Применяя равенство [5]:

$$F(E_i) = \frac{1}{\alpha_{\max}} \int_0^{\alpha_{\max}} M(E_{i\alpha}) d\alpha, \quad (i = \overline{1,3}), \quad (4.4)$$

где α_{\max} – максимальное значение на $E_{i\alpha}$, в итоге получим искомую точечную оценку нечёткого множества E_i :

$$F(E_i) = \frac{1}{0.8742} \int_0^{0.8742} M(E_{i\alpha}) d\alpha = (0.50 \cdot 0.4425 + 0.55 \cdot 0.01 + 0.60 \cdot 0.03 + 0.65 \cdot 0.0311 + 1 \cdot 0.3606) = 0.7156.$$

Аналогичными действиями устанавливаем точечные оценки и для бюджетов остальных проектов: 0.7219 – для проекта u_2 и 0.9210 – для проекта u_3 .

Таким образом, среди рассматриваемых альтернатив наиболее сбалансированным является бюджет проекта u_3 , которому соответствует наибольшая точечная оценка (0.9210). Далее по убыванию: u_2 (0.7219) и u_1 (0.7156).

5. Выводы. Предложенная в 3-ем разделе нечёткая модель построена на основе бюджета расходов чистых ассигнований, представленных в Табл. 1, и апробирована на примере трех произвольно выбранных альтернатив. Тем не менее, её реализация возможна для любого числа проектов. Разница будет только в числе компонент опорного вектора нечётких множеств.

Полученные на основе предлагаемой модели точечные оценки лежат в интервале единичного отрезка, откуда понятно, что близость к единице указывает на лучшую степень сбалансированности бюджета, а близость к нулю – наоборот.

Вместе с тем, следует отметить, что апробируемая нечёткая модель не была подвергнута структурной и параметрической оптимизации, то есть, соответственно, число и конструкция используемых имплицативных правил, а также параметры функций принадлежности не были

настроены соответствующим образом и, тем самым, не были «подточены» под решение рассматриваемой задачи. Но, собственно, авторы и не ставили перед собой такую задачу. Основным являлось ранжирование проектов по степени сбалансированности их бюджетов.

Рассмотренные в статье информационные фрагменты, на базе которых адаптирована нечёткая модель, могут быть легко и быстро скорректированы самими экспертами FAO.

Литература

1. Рзаев Р.Р., Алиев Э.Т. Финансовый механизм эффективного возмещения расходов в отношении поддержки проектов FAO UN // Известия НАН Азербайджана. Серия Физико-технических и математических наук: Информатика и Проблемы Управления. 2015. Т. 35. № 3. С. 65-84
2. Новая стратегическая рамочная программа FAO UN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/docrep/meeting/029/mi558r.pdf> (дата обращения: 13.05.2015)
3. Всеобъемлющий финансовый механизм возмещения расходов – обновленная информация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/docrep/meeting/030/mk329r.pdf> (дата обращения: 17.02.2015)
4. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
5. Рзаев Р.Р. Интеллектуальный анализ данных в системах поддержки принятия решений. – М.: Verlag: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2013. – 130 с.

UOT 336.69

R.R. Rzayev, E.T. Əliyev

Qeyri-səlis məntiqi çıxarılış sisteminin istifadəsilə UN FAO-layihələrinin çərçivəsi daxilində aparılan xərclərin balanslaşdırılmasının qiymətləndirilməsi

UN FAO-nun xərclər sahəsində apardığı yeni maliyyə siyasətinə müvafiq olmasına dair FAO-layihələrin budcələrinin balanslaşdırılmasının qiymətləndirilməsi məqsədilə, qeyri-səlis model işlənmişdir. Üç ixtiyari seçilmiş layihələr timsalında bu modelin aprobasiyası və müvafiq budcələrin uyğun balanslaşdırma dərəcələrinin qeyri-səlis interpretasiyalarının ədədi qiymətləndirilməsi nəticəsində ranqlaşdırılması yerinə yetirilmişdir.

Açar sözlər: FAO-layihəsi, qeyri-səlis çoxluq, implikativ qayda, qeyri-səlis çoxluğun ədədi qiymətləndirilməsi

R.R. Rzayev, E.T. Aliyev

Evaluation of balanced costs in the framework of FAO UN projects by using fuzzy inferences system

The authors develop a fuzzy model to estimate balanced budgets of FAO projects for compliance with the new FAO financial policy in costs. The model is tested on the example of three randomly selected projects and their respective budgets are ranked based on point estimates of fuzzy interpretations of their balance degree.

Keywords: FAO project, fuzzy set, implication rule, point estimate of fuzzy set

Институт Систем Управления НАН Азербайджана

Представлено 18.04.2016