

УДК 004.942

КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ВЫБОРЕ МЕТОДОВ ОЦЕНИВАНИЯ ИТ-ПРОЕКТОВ

¹Ломазов В.А., ²Маторин С.И., ²Нехотина В.С.¹Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, Белгород, e-mail: vlomazov@yandex.ru;²Белгородский университет кооперации, экономики и права, Белгород

Настоящая статья посвящена исследованию возможностей методологического аппарата когнитивного моделирования для решения задач, возникающих при оценивании проектов в сфере информационных технологий. Рассмотрены теоретические аспекты моделирования с использованием нечетких когнитивных карт. Сформулирована задача поддержки принятия решения при выборе методов оценки проектов, ориентированных на разработку и внедрение информационных технологий на предприятиях и в организациях (ИТ-проектов), и предложен когнитивный подход к ее решению. Проведен анализ существующих компьютерных инструментальных средств когнитивного моделирования, который показал целесообразность их развития применительно к задачам исследуемой проблемной области. Предложена информационная модель процесса когнитивного моделирования при оценивании ИТ-проектов. Построен пример разработки нечеткой когнитивной карты для моделирования процесса выбора методов оценки ИТ-проектов, иллюстрирующий особенности предложенного подхода. Подсистема когнитивного моделирования, основанная на применении предложенного подхода, включена в состав исследовательского прототипа системы поддержки принятия решений «Effectus» и показала свою эффективность в рамках опытной эксплуатации.

Ключевые слова: когнитивное моделирование, когнитивные карты, ИТ-проект, моделирование, поддержка принятия решений

COGNITIVE MODEL OF THE DECISION MAKING PROCESS IN SELECTING METHODS OF IT-PROJECTS ESTIMATION

¹Lomazov V.A., ²Matorin S.I., ²Nehotina V.S.¹Belgorod state agricultural University named after V.Ya. Gorina, Belgorod, e-mail: vlomazov@yandex.ru;²Belgorod University of Cooperation, Economic and Law, Belgorod

The article is devoted to the research capabilities of the methodological apparatus of cognitive modeling for solving the problems of estimating projects in the field of information technology. The theoretical aspects of modeling using fuzzy cognitive maps are considered. Authors formulated the problem of decision support in selecting methods of an estimation projects focused on the development and implementation of information technologies in enterprises and organizations (IT- projects), and proposed a cognitive approach to its solution. The analysis of existing computer tools of cognitive modeling has shown the advisability their development applied to the objectives of the study area of concern. An information model of cognitive modeling in the estimating of IT-projects is proposed. Authors constructed an example of development of fuzzy cognitive map to simulate the process of selecting methods of an estimation of IT projects, illustrating the features of the proposed approach. Subsystem cognitive modeling, based on the application of the proposed approach, is included in the research prototype of decision support system «Effectus» and has proven its effectiveness in the framework of trial operation.

Keywords: cognitive modeling, cognitive maps, IT-project, modeling, decision support

Развитие крупных организаций и предприятий неразрывно связано с разработкой и внедрением совокупности проектов, среди которых центральное место занимают ИТ-проекты (ИТП), поскольку от их реализации зависит оперативность и эффективность управления. ИТП относятся к различным направлениям деятельности организаций и предприятий и имеют специфические условия внедрения, однако наличие единой цели (повышение уровня, а также оперативности принимаемых решений) и общих условий реализации позволяют отнести данные проекты к одному классу.

Проблема оценки ИТП (представляющих собой важные инструменты развития организации), является актуальной не только на начальном этапе (до внедрения проекта), но и на последующих этапах (при корректировке ранее принятых решений). Особенности, цели и задачи оценивания

ИТ-проектов, а также требования к качеству решений, принимаемых в ходе процесса оценивания, приведены в [2].

Широко используемые в настоящее время методы оценивания позволяют в той или иной степени обеспечить достоверность полученных результатов. Однако, как показало проведенное исследование, в условиях неопределенности для слабоструктурированных задач при нескольких альтернативных ИТП целесообразно проводить поэтапную оценку с использованием нескольких методов. Данный подход позволяет, с одной стороны, повысить достоверность полученных данных, а с другой, – минимизировать затраты ресурсов на проведение оценки за счет поэтапного контроля уровня удовлетворенности лица, принимающего решение (ЛПР), результатами оценивания. При этом определение набора методов и их ранжирование, как правило, приходится осуществлять в ситуациях,

требующих учета множества разнообразных факторов с неполной, нечеткой и слабоструктурированной информацией [3, 4, 7]. В подобных условиях использование нечетких когнитивных карт позволяет структурировать процесс принятия решения, выявить и учесть влияние разнородных факторов, а также выполнить моделирование информации и знаний, связанных с данной ситуацией.

Сказанное выше позволяет говорить об актуальности исследований в области моделирования с использованием нечетких когнитивных карт применительно к задаче выбора методов для оценивания ИТП. Проведение данных исследований требует привлечения средств искусственного интеллекта, и, в первую очередь, систем и методов поддержки принятия решений. В настоящее время разработаны и успешно применяются на практике множество систем поддержки принятия решений (СППР), теоретические основы построения и практические результаты внедрения которых отражены, например, в работах Ларичева О.В. [1], Петровского А.Б. [5], а также в работах других отечественных и зарубежных ученых, таких как: Дорожный П.М., Литвак Б.Г., Rogozin O.B., Тельнов Ю.Ф., С. Альтер, М. Гинзберг, Р.Л. Кин, Ж. Копланд, Д. Пауэр, Х. Райф, Э. Уинстон, Д. Эдвардс, У. Эдвардс и др.

В традиционных СППР модель знаний (когнитивная модель) о предметной области создается с привлечением инженеров по знаниям и ориентируется, как правило, на конкретные задачи. К основным инструментальным средствам, позволяющим выполнять когнитивное моделирование, относятся такие СППР, как: KoCMoC; Канва; PolyAnalyst; Deductor; Fuzzy Thought

Amplifier; Cope; NIPPER; Gismo; iThink, Hyper; RESEARCH; ATLAS/ti; Metamorph; KANT; Meta design; Гипердок; FCM Analyst.

В табл. 1 представлен обзор некоторых возможностей наиболее распространенных из перечисленных систем.

Представленные СППР поддерживают принятие решений практически в любой предметной области, обеспечивая при этом выбор одного из предложенных вариантов исходя из предпочтений ЛПР, что, зачастую, приводит к принятию субъективных решений. Это послужило основанием для разработки СППР, позволяющей повысить обоснованность принимаемых решений, что может быть обеспечено за счет использования когнитивных карт. Поэтому целью настоящего исследования является развитие теоретических основ моделирования с использованием нечетких когнитивных карт применительно к задаче выбора методов для оценивания ИТП.

Метод построения нечеткой когнитивной карты

Процесс принятия решений при оценивании ИТП основывается на определении множества возможных методов оценки, которые могут обеспечить определенный уровень достоверности результатов ее проведения. Подбор методов с использованием нечетких когнитивных карт позволяет достаточно подробно проанализировать множество влияющих на результат разнородных факторов, обеспечивая при этом структурирование проблемы, выявление наиболее значимых концептов (факторов), учет связей между концептами и характер (силу) этих связей, выбор наилучшего сочетания методов (или метод) для оценки ИТП.

Таблица 1

Обзор возможностей СППР для когнитивного моделирования

Название СППР	Авторы (разработчики)	Возможности СППР							
		1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*
KoCMoC	Силов В.Б.	+	+	+	+	+	+	+	+
Канва	Кулинич А.А.	+		+	+	+	+		+
PolyAnalyst	Компания Megaputer Intelligence		+		+	+	+		
Deductor	Компания BaseGroup Labs	+	+		+	+	+		
iThink	Компания Isee Systems		+		+	+	+	+	+
FCM Analyst	Группос П.	+		+	+				+
ИГЛА	Подвесовский А.Г., Лагерева Д.Г., Коростелев Д.А.	+	+		+	+	+	+	+

Примечание. *Обзор систем представлен с учетом следующих возможностей СППР: 1. Развитый графический интерфейс, понятный для неопытного эксперта. 2. Возможность учета особенностей человеческой системы измерения, переработки и оценки информации, а также ослабление заблуждений экспертов. 3. Интеграция в единой модели ситуации факторов, имеющих числовые и лингвистические значения. 4. Генерация возможных альтернатив (решений). 5. Моделирование сценариев развития ситуации. 6. Отбор альтернатив. 7. Оперативное согласование групповых решений. 8. Коррекция модели и генерация новых альтернатив (в случае расхождения прогнозируемых и фактических данных).

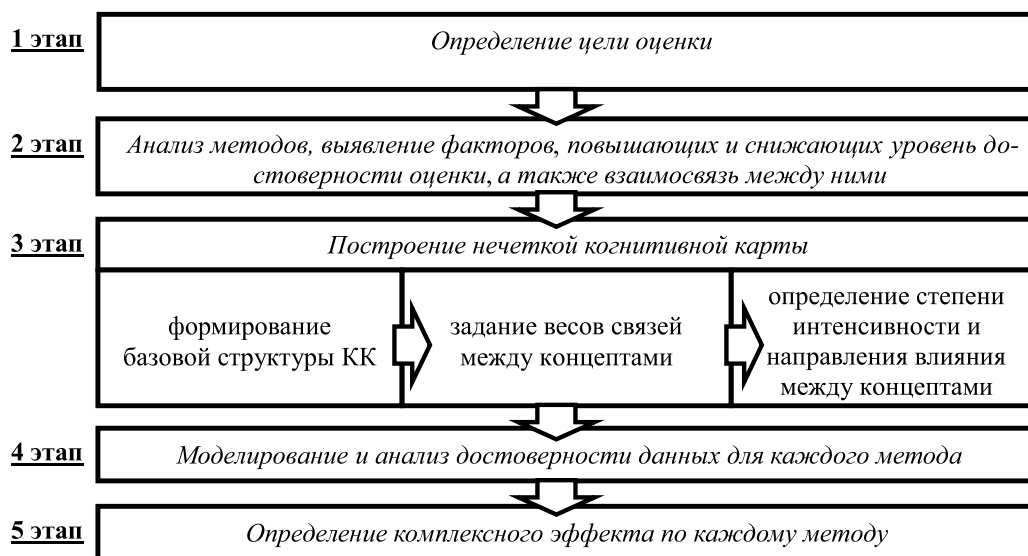


Рис. 1. Многоэтапный подход к когнитивному моделированию при оценивании ИТП

Таблица 2

Перечень концептов

Обозначение концепта	Наименование концепта
Факторы, характеризующие метод (набор методов) оценивания	
K_1	Объем исходной информации
K_2	Трудоемкость расчетов
K_3	Компетенция экспертов
Дестабилизирующие факторы (и угрозы)	
K_4^D	Качество проведения расчетов
K_5^D	СППР для проведения оценки
K_6^D	Оборудование для проведения расчетов
Целевые факторы (индикаторы)	
K_7^N	Точность (достоверность, качество) результатов оценивания
K_8^N	Время проведения оценки
K_9^N	Затраты (на ресурсы) для проведения оценки

Подход к когнитивному моделированию при оценивании ИТП в виде последовательных этапов представлен на рис. 1.

Ключевым вопросом проведения когнитивного моделирования является построение структуры когнитивной карты (КК). Для рассматриваемой предметной области в структуре КК можно выделить такие группы концептов, как:

- факторы, характеризующие метод (набор методов) оценки,
- дестабилизирующие факторы,

– наблюдаемые факторы (индикаторы).

При отборе концептов КК необходимо учесть особенности принятия решения в области ИТП. Обозначим упомянутые выше три группы концептов (факторов) следующим образом:

– $K = \{K_1, K_2, \dots, K_i\}$ – множество концептов, соответствующих начальным данным о методе (наборе методов) оценивания.

– $K^D = \{K_1^D, K_2^D, \dots, K_d^D\}$ – множество концептов, характеризующих основные дестабилизирующие факторы (и угрозы),

способствующие снижению достоверности полученных результатов при проведении расчетов.

– $K^N = \{K_1^N, K_2^N, \dots, K_n^N\}$ – множество наблюдаемых факторов (индикаторов), характеризующих последствия выбора методов, оценивая ИТП.

Отметим, что потенциально перечень концептов может быть достаточно широким, однако учет изменения состояния большого числа концептов представляет собой трудоемкую задачу. Поэтому на этапе формирования структуры КК необходимо обеспечить оценивание важности каждого из концептов (например, с использованием метода Черчмана-Аккоффа) [1].

В табл. 2 представлен перечень концептов (фактов) положенной в основу разработанной и представленной на рис. 2 нечеткой когнитивной карты.

Задание связей между концептами (факторами) можно произвести в виде значений (термов) лингвистической переменной (слабая; сильная; очень сильная) или в численном виде, в соответствии с приближенным значением силы связи между концептами. Для решения задачи когнитивного моделирования исследуемой предметной области можно использовать шкалу (табл. 3) для задания концептов и силы связей между ними.

Таблица 3
Шкала значений

Интервал значений	Текстовая интерпретация
0,00–0,15	Очень низкий
0,15–0,25	Низкий
0,25–0,45	Ниже среднего
0,45–0,65	Средний
0,65–0,85	Выше среднего
0,85–0,95	Высокий
0,95–1,00	Очень высокий

Построенная карта (рис. 2) является общей для всех методов (набора методов), поэтому не учитывает специфические особенности каждого из них.

Методика моделирования и оценивания

В процессе использования нечетких когнитивных карт возможны три варианта проведения моделирования:

1. Моделирование с исходными условиями без дополнительного воздействия на модель.
2. Генерация множества сценариев развития ситуации.
3. Подбор значения целевых факторов.

Применительно к задаче выбора методов для оценивания ИТП будем ориентироваться на первый вариант с использованием нечетких когнитивных карт Силова [4].

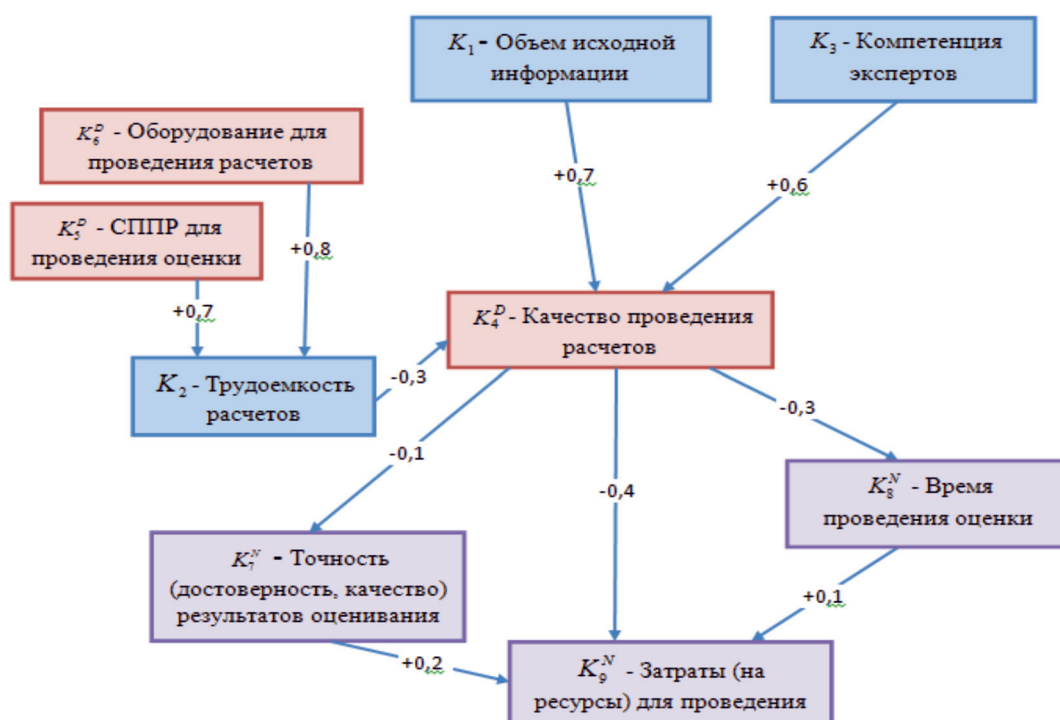


Рис. 2. Фрагмент нечеткой когнитивной карты процесса принятия решения при выборе метода (набора методов) оценивания ИТП

Анализ КК начинается с ее представления в виде матрицы смежности, в которой указываются веса прямых связей между факторами. Далее определяется матрица транзитивного замыкания по формуле:

$$M^* = V_{i=1}^{\infty} M^i,$$

где M_i – матрица смежности.

Итоговое взаимное влияние факторов вычисляется по формуле:

$$v_{i,j} = \text{sign}(p_{i,j} + o_{i,j}) * \max(|p_{i,j}|, |o_{i,j}|),$$

где p_{ij} – положительное влияние фактора i на j ; o_{ij} – отрицательное влияние фактора i на j .

Вычисление консонанса (доверия) для полученных значений определяется по формуле

$$k_{i,j} = \frac{p_{i,j} + o_{i,j}}{|p_{i,j}| + |o_{i,j}|}.$$

Анализ когнитивной карты осуществляется с использованием линейного алгоритма:

$$S = S_0 + \Delta S_0 \circ v_{i,j},$$

где S_0 – начальное состояние; ΔS_0 – импульс, поданный на вход когнитивной карты; v_{ij} – матрица взаимовлияний; $\circ$ – нечеткая Т-композиция (например, Т-норма – PROD, S-норма – SUM). Консонанс (уровень доверия) полученного решения определяется с использованием S-композиции $\min(\max(1-x, y))$

$$K' = \Delta S_0 \circ K,$$

где K – матрица консонанса. Результат расчета перечисленных показателей представлен в табл. 4.

Использование разработанной когнитивной карты (рис. 2) позволит наблюдать состояние концептов при различных исходных условиях. На рис. 3 представлены результаты расчета целевых концептов для трех методов, которые могут быть использованы в процессе оценивания ИТП.

Таблица 4

Результат расчета показателей когнитивного моделирования

№ п/п	Наименование концепта	Начальное значение	Изменение	Результат	Консонанс
1	Объем исходной информации	0,7	0,21	0,91	1
2	Трудоемкость расчетов	0,6	0,35	0,95	0,87
3	Компетенция экспертов	0,7	0,1	0,8	0,6
4	Качество проведения расчетов	0,5	0,3	0,8	0,75
5	СППР для проведения оценки	0,6	0,2	0,8	0,68
6	Оборудование для проведения расчетов	0,4	0,5	0,9	0,9
7	Точность (достоверность, качество) результатов оценивания	0,7	0,25	0,95	1
8	Время проведения оценки	0,5	0,2	0,7	0,6
9	Затраты (на ресурсы) для проведения оценки	0,4	0,1	0,5	0,7

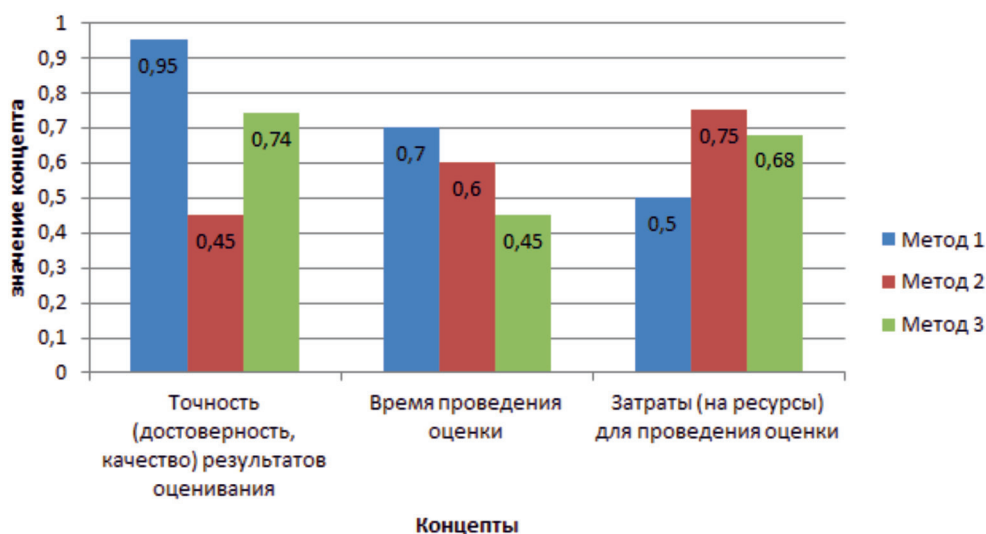


Рис. 3. Значения целевых концептов

Однако представленные результаты не дают удовлетворительного результата, позволяющего сделать однозначный вывод о предпочтении какого-либо одного метода, поскольку полученные значения целевых факторов трудно сопоставить. Поэтому для окончательного принятия решения о предпочтении одного из методов (или их ранжирования) необходимо определить суммарный эффект, который позволил бы учесть вклад для каждого из целевых факторов в общий эффект от использования метода. Положим, что комплексный эффект E_{Σ} от использования соответствующего метода (или набора методов) определяется как взвешенная сумма переменных состояния для концептов-индикаторов K_7^N, K_8^N, K_9^N (табл. 1):

$$E_{\Sigma} = \sum_{j=7}^9 \alpha_j (X_j^N) \text{ пол,}$$

где $\alpha_j, 0 < \alpha_j < 1$ – коэффициенты, характеризующие вклад для каждого из факторов K_j^N в общий эффект от использования метода (набора методов); $X_j^N \text{ пол}$ – значения переменных X_j^N , полученные после процесса моделирования. Полученные в рамках примера значения комплексного эффекта E_{Σ} : 0,77; 0,57; 0,66 по трем методам позволяют ранжировать методы по степени предпочтения и сделать вывод о предпочтении первого метода для проведения оценки ИТП.

Проведенное исследование показало, что использование нечетких когнитивных карт позволяет прогнозировать возможность использования отдельных методов (или их сочетаний) для оценки ИТП с учетом дестабилизирующих факторов при заданных исходных условиях. Предложенная модель когнитивного моделирования процесса выбора методов оценивания ИТП отличается от существующих дополнительным этапом, связанным с определением суммарного эффекта. Представленные результаты могут быть положены в основу поддержки принятия решений при выборе метода оценивания ИТП.

Представленные в статье теоретические положения реализованы при разработке системы поддержки принятия решений (СППР) «Effectys» (разработчик Нехотина В.С.), структурная схема подсистемы когнитивного моделирования которой представлена на рис. 4. Указанная СППР реализована в виде интегрированной автоматизированной системы, ориентированной на решение задач в условиях неполной и слабоструктурированной информации. Система представляет собой комплекс программно-аппаратных средств, позволяющих ЛПР решать задачи интеллектуального характера, требующие смысловой обработки больших объемов информации при оценке ИТП. Работоспособность СППР проверена при экспериментальном моделировании реально существующих проектов с различными условиями их реализации.

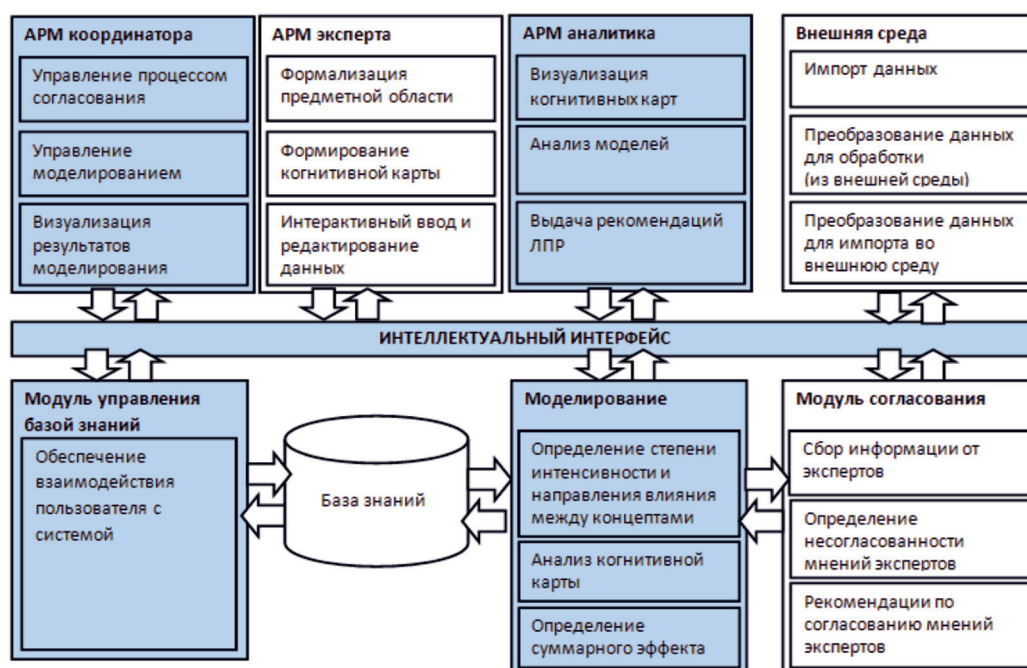


Рис. 4. Структурная схема подсистемы когнитивного моделирования СППР «Effectys»

Выводы

В статье представлены теоретические основы моделирования с использованием нечетких когнитивных карт применительно к задаче выбора методов оценки ИТП. Разработана методика построения нечеткой когнитивной карты процесса принятия решения при выборе методов оценивания ИТП. Предложена методика оценивания с учетом специфических особенностей исследуемой предметной области. Рассмотренный подход позволил структурировать проблему, выявить наиболее значимые концепты (факторы), учесть связи между концептами и характер (силу) этих связей, а также выбрать наилучшее сочетание методов (или метод) для оценки ИТП и тем самым повысить обоснованность принимаемых решений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 14-07-00246 и № 15-07-01711.

Список литературы

1. Ларичев О.И. Вербальный анализ решений. – М.: Наука, 2006. – 181 с.
2. Ломазов В.А., Ломазова В.И., Нехотина В.С. Поддержка принятия решений при оценивании ИТ-проектов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 3–2. – С. 170–173.
3. Ломазов В.А., Нехотина В.С. Система поддержки принятия решений на основе нечетких показателей оценки инвестиционных рисков ИТ-проектов // Информационные системы и технологии. – 2011. – № 5 (67). – С. 86–89.
4. Ломазов В.А., Ломазова В.И., Михайлова В.Л., Петросов Д.А. Информационное моделирование инновационно-инвестиционных проектов // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1–2. – С. 339–340.
5. Петровский А.Б. Теория принятия решений. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 400 с.

6. Силлов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. – М.: ИНПРО-РЕС, 1995. – 228 с.

7. Lomazov V.A., Nehotina V.S. An assessment of regional socio-economic projects // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2013. – № 3. – С. 190–193.

References

1. Larichev O.I. Verbalnyj analiz reshenij. M.: Nauka, 2006. 181 p.
2. Lomazov V.A., Lomazova V.I., Nehotina V.S. Podderzhka prinjatija reshenij pri oteni-vanii IT-proektov // Mezh-dunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledova-nij. 2015. no. 3–2. pp. 170–173.
3. Lomazov V.A., Nehotina V.S. Sistema podderzhki prin-jatija reshenij na osnove nechet-kih pokazatelej ocenki inves-ticionnyh riskov IT-proektov // Informacionnye sistemy i teh-nologii. 2011. no. 5 (67). pp. 86–89.
4. Lomazov V.A., Lomazova V.I., Mihajlova V.L., Petros-ov D.A. Informacionnoe mode-lirovanie innovacionno-inves-ticionnyh projektov // Uspehi sovremennogo estestvozna-nija. 2015. no. 1–2. pp. 339–340.
5. Petrovskij A.B. Teorija prinjatija reshenij. M.: Izdatelskij centr «Akademija», 2009. 400 p.
6. Silov V.B. Prinjatie strategicheskikh reshenij v nechetkoj obstanovke. M.: INPRO-RES, 1995. 228 p.
7. Lomazov V.A., Nehotina V.S. An assessment of regional socio-economic projects // Jekono-mika, statistika i informatika. Vestnik UMO. 2013. no. 3. pp. 190–193.

Рецензенты:

Дюкарев Ю.М., д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры математики и физики, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина», г. Белгород;

Жиляков Е.Г., д.т.н., профессор, зав. кафедрой информационно-телекоммуникационных систем и технологий, ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород.