

---

**ИЗЫСКАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,  
СТРОИТЕЛЬСТВО И МОНТАЖ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

---

УДК 004.414

**ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ  
И МЕТОДОВ АНАЛИЗА РЕАЛИЗУЕМОСТИ ПРОЕКТА  
ПО СОЗДАНИЮ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ  
ДЛЯ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ<sup>1</sup>**

© 2016 А.Е. Колоденкова

*Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия*

Для моделирования процесса оценки реализуемости проекта по созданию информационно-управляющих систем (ИУС) для атомных станций (АС) предлагается применять систему когнитивных моделей и методов анализа реализуемости проекта. Рассматривается обобщенная схема анализа реализуемости проекта, а также структура системы когнитивных моделей и методов анализа реализуемости проекта по созданию ИУС. Приводятся фрагменты экранных форм программного обеспечения (ПО), которое реализует отдельные модели и методы анализа реализуемости проекта.

*Ключевые слова:* система когнитивных моделей и методов, анализ реализуемости проекта, нечеткие исходные данные, АЭС.

Поступила в редакцию 15.07.2016 г.

Оценка реализуемости проекта по созданию ИУС для АС на этапе предпроектного исследования характеризуется: широким спектром неопределенностей (при описании целей, что обусловлено наличием свойств нечисловой природы, приближенностью и неоднозначностью определения значений числовых параметров; при задании исходных данных, что обусловлено их выражением в словесной форме), присутствием слабой структурированности теоретических и фактических знаний о проекте, отсутствием точного математического описания процесса создания ИУС [1–4].

В связи с этим для моделирования процесса оценки реализуемости проекта по созданию ИУС для АС предлагается построить систему когнитивных моделей и методов анализа реализуемости проекта по созданию ИУС.

1. Структура системы когнитивных моделей и методов анализа реализуемости проекта по созданию ИУС

Одним из основных условий повышения эффективности принятия управленческих решений на этапе предпроектного исследования при создании ИУС является обеспечение руководителя проекта, объективной, своевременной информацией о текущем и прогнозируемом состоянии развития ситуаций, связанных с созданием ИУС [5].

На рисунке 1 представлена обобщенная схема анализа реализуемости проекта по созданию ИУС.

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 15-08-06129 [Work is performed with assistance of the Russian Foundation for Basic Research, the project № 15-08-06129].

Здесь *тонкие стрелки* показывают направление данных, которые используются в методах, *толстые стрелки* – использование одного метода для реализации другого.

В качестве входных исходных данных для оценки реализуемости проекта по созданию ИУС, выступают качественные и количественные данные, которые в свою очередь могут быть четкими / нечеткими.

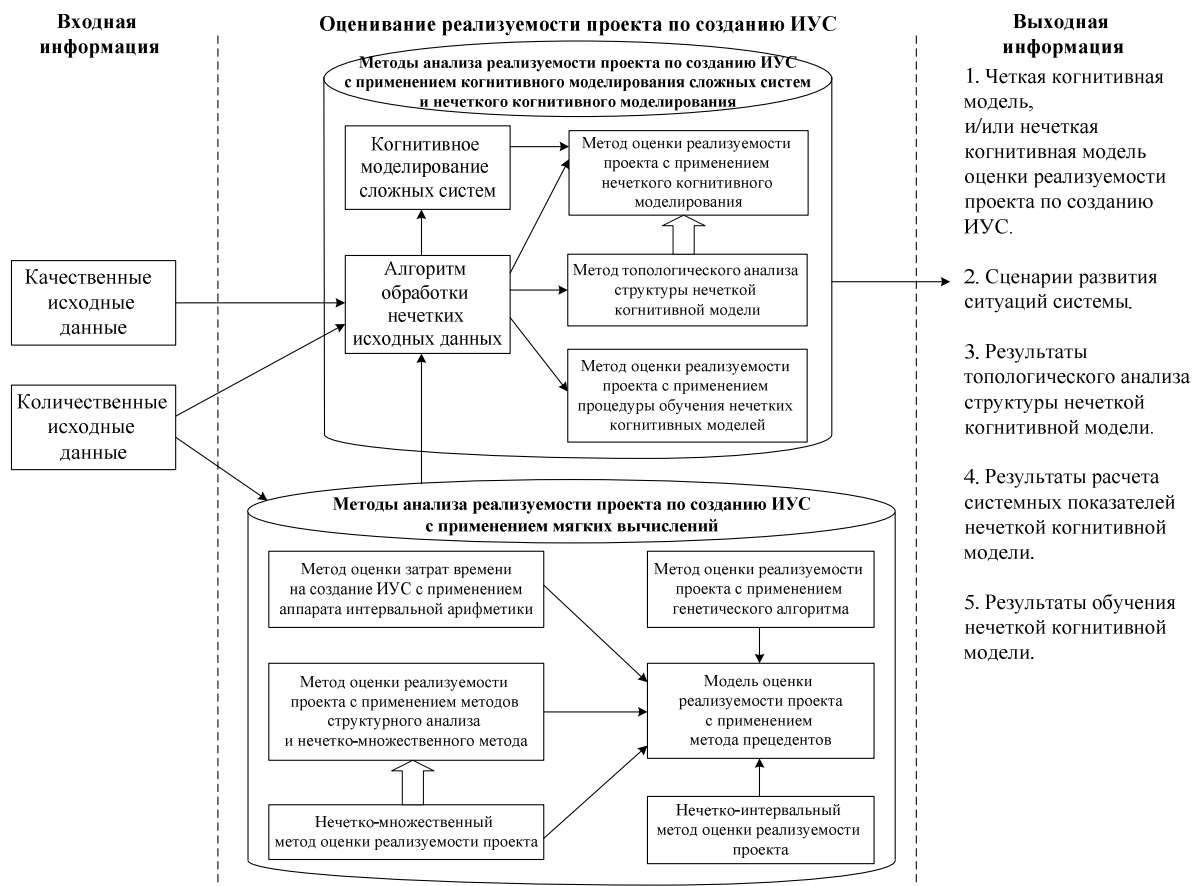


Рис. 1. – Обобщенная схема анализа реализуемости проекта по созданию ИУС

Под *четкими исходными данными* понимаются данные, представленные в виде чисел, которые отличаются или не отличаются единицами измерения и порядком величин. Под *нечеткими исходными данными* понимаются данные, представленные в виде чисел из интервала  $[-1; 1]$ , интервальных, нечетких треугольных и трапециевидных чисел, а также лингвистических описаний, значениями которых являются слова [6].

Для методов оценки реализуемости проекта по созданию ИУС с применением мягких вычислений в качестве количественных исходных данных выступают показатели реализуемости проекта, а также ограничения на ресурсы, которые заданы в виде нечетких данных. Результатом данных методов является рассчитанная интервальная оценка [7–10], характеризующая приемлемую альтернативу проекта, которая обрабатывается и используется в дальнейшем в методах оценки реализуемости проекта по созданию ИУС с применением когнитивного моделирования сложных систем и/или нечеткого когнитивного моделирования.

Для методов оценки реализуемости проекта по созданию ИУС с применением когнитивного моделирования сложных систем и нечеткого когнитивного моделирования в качестве качественных и количественных исходных данных

выступают факторы, необходимые для оценки реализуемости проекта, причинно-следственные связи между ними, а также ограничения на факторы. Причем используются качественные и количественные исходные данные предварительно прошедшие обработку. В качестве качественных исходных данных выступают значения параметров факторов, а также связи между ними, представленные в виде нечетких исходных данных. В качестве количественных исходных данных выступают значения параметров факторов, связи между ними, а также ограничения, накладываемые на факторы, представленные в виде четких исходных данных [11].

*Под обработкой нечетких исходных данных* понимается структуризация и нормирование четких и/или нечетких значений параметров факторов, связей между ними и ограничений, накладываемых на факторы. Обработка нечетких исходных данных необходима для того, чтобы нечеткие значения параметров факторов представить в виде нечетких чисел из интервала  $[0; 1]$ , а связи между ними в виде «-1», «0», «+1» или нечетких чисел из интервала  $[-1; 1]$ , что позволяет в дальнейшем применить когнитивное моделирование сложных систем и/или нечеткое когнитивное моделирование. Нормирование приводит к тому, что численные значения не отличаются единицами измерения и порядком величин.

Для моделирования процесса оценки реализуемости проекта предлагается пользоваться не единственной моделью, а построить систему когнитивных моделей и методов анализа реализуемости проекта по созданию ИУС, характеризующейся определенной иерархией и последовательностью использования моделей и методов (рис. 2).

Здесь  $k$  – количество четких когнитивных моделей,  $z = \overline{1, k}$ ;  $m$  – количество нечетких когнитивных моделей,  $b = \overline{1, m}$ . Под четкой когнитивной моделью понимается когнитивная карта (знаковый ориентированный граф), под нечеткой когнитивной моделью – нечеткая когнитивная карта (параметрический взвешенный ориентированный граф).

Отметим, что требования, предъявляемые к системе, определяют методы, с помощью которых данные модели должны разрабатываться, а также методы осуществления расчетов по ним. К методам предъявляются следующие требования:

- 1) четкости описания алгоритма, позволяющей проводить оценку реализуемости проекта при нечетких исходных данных;
- 2) возможности проводить расчеты оценки реализуемости проекта своевременно и многократно, поскольку сценариев развития ситуаций, связанных с созданием ИУС, может быть несколько;
- 3) необходимости учета в алгоритмах сложности и многофакторности процесса оценки реализуемости проекта по созданию ИУС;
- 4) необходимости согласования отдельных оценок реализуемости проекта в предлагаемой системе. Система когнитивных моделей и методов анализа реализуемости проекта по созданию ИУС должна обеспечить непротиворечивость и взаимную корректировку оценок реализуемости проекта.

Применение когнитивного моделирования сложных систем и нечеткого когнитивного моделирования является необходимым условием для разработки и использования методов анализа реализуемости проекта по созданию ИУС, обеспечивающим высокие требования к выработке обоснованных вариантов управленческих решений для руководителей проекта при создании ИУС.

## 2. Примеры экранных форм программного обеспечения оценки реализуемости проекта

Для сокращения времени проведения предпроектных исследований разработано программное обеспечение (ПО), реализующее отдельные модели и методы анализа реализуемости проекта по созданию ИУС, которое служит математическим аппаратом при принятии управленческих решений по созданию ИУС, позволяющим решать задачи анализа, оценки, поддержки принятия решений, исследования динамики поведения системы при создании ИУС.

В структуре системы когнитивных моделей и методов анализа реализуемости проекта по созданию ИУС выделены три составляющие (см. рис. 2): методы с применением «мягких вычислений» [1], когнитивное моделирование сложных систем и нечеткое когнитивное моделирование.

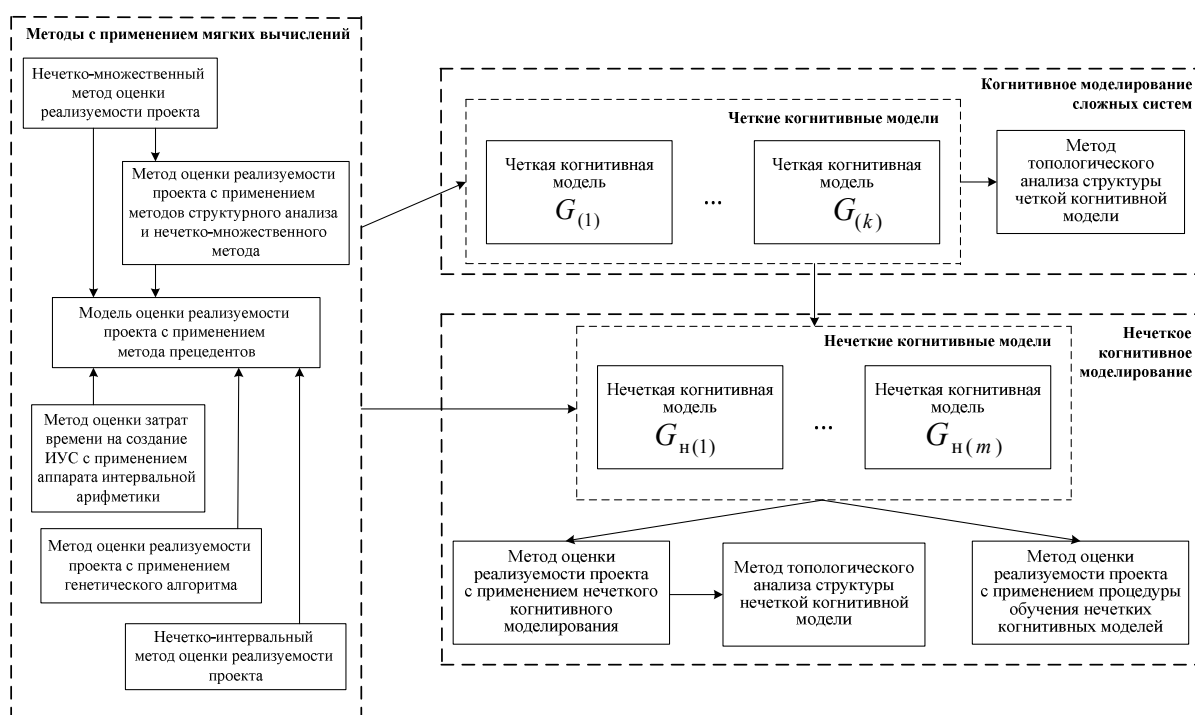


Рис. 2. – Структура системы когнитивных моделей и методов анализа реализуемости проекта по созданию ИУС

Первая составляющая – методы с применением «мягких вычислений» включает: метод оценки реализуемости проекта с применением прецедентов реализован на языке программирования Java; нечетко-множественный и нечетко-интервальный методы оценки реализуемости проекта, а также метод оценки реализуемости проекта с применением методов структурного анализа и нечетко-множественного метода реализованы в пакете *MS Excel*; метод оценки реализуемости проекта с применением генетического алгоритма реализован на языке C++; метод оценки затрат времени на создание ИУС с применением аппарата интервальной арифметики реализован на языке программирования *Matlab*.

На рисунке 3. представлен фрагмент экранной формы оценки затрат времени на создание ИУС.

Вторая составляющая – когнитивное моделирование сложных систем включает: метод топологического анализа структуры ЧКМ, реализованный в пакете *MS Excel*;

построение ЧКМ, реализованное с помощью программы *CogMap* (разработчик С.А. Радченко).

Третья составляющая – нечеткое когнитивное моделирование включает: метод оценки реализуемости проекта с применением процедуры обучения НКМ, обработку нечетких исходных данных, а также расчет системных показателей НКМ, которые реализованы на языке *Java*; метод оценки реализуемости проекта с применением нечеткого когнитивного моделирования, а также метод топологического анализа структуры НКМ реализованы в пакете *MS Excel*.

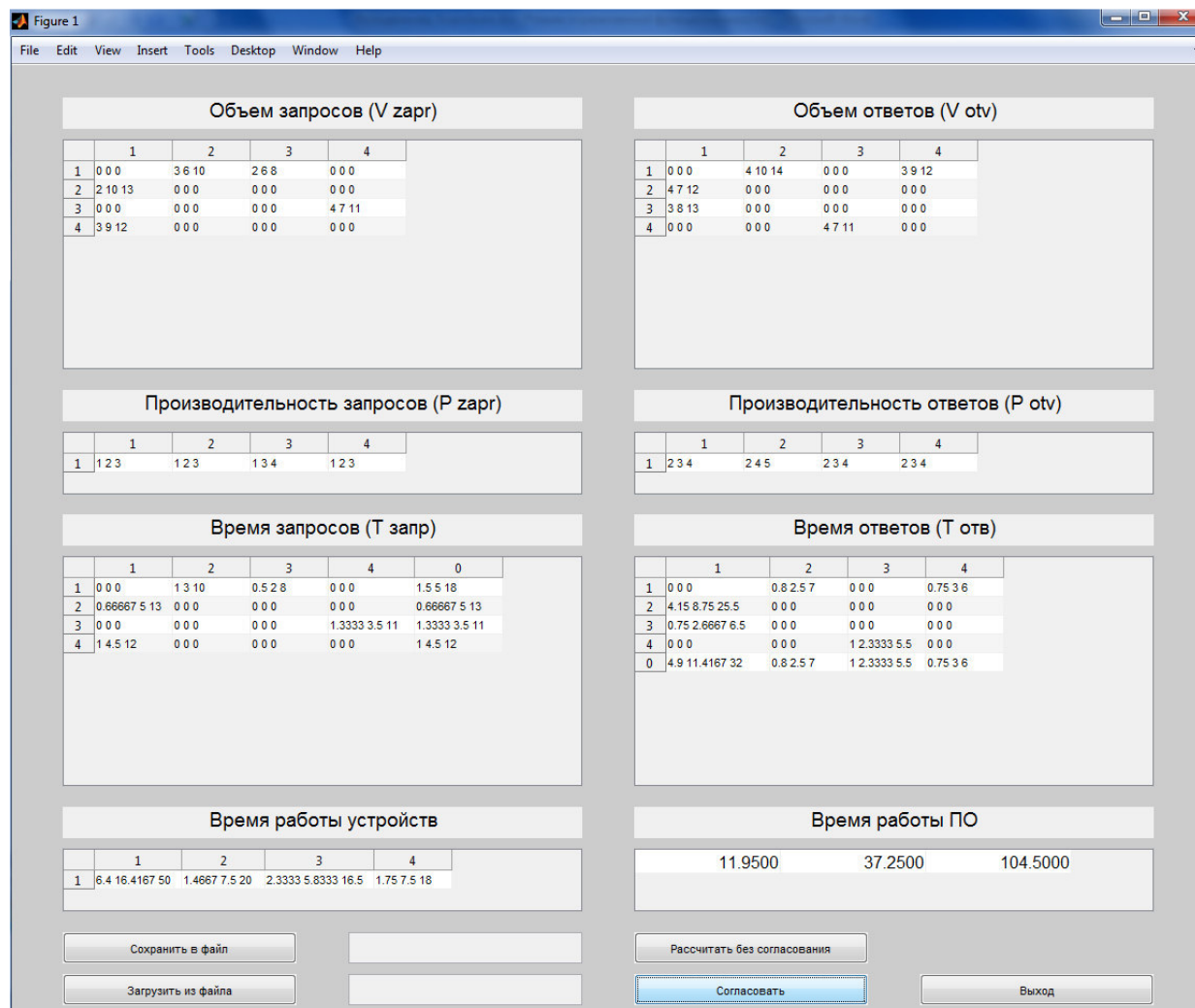


Рис. 3. – Фрагмент экранной формы оценки затрат времени на создание ИУС

На рисунке 4. представлен фрагмент экранной формы оценки затрат времени на создание ИУС.

Таким образом, разработанное ПО предоставляет возможность отображать на экране результаты предпроектных исследований в начале жизненного цикла ИУС.

### 3. Вывод

Для моделирования оценки реализуемости проекта по созданию ИУС для атомных станций в условиях нечетких исходных данных целесообразно применять разработанную систему когнитивных моделей и методов анализа реализуемости

проекта, которая позволяет провести согласованные и непротиворечивые оценки реализуемости проекта, опирающиеся на имеющиеся ресурсы, выявленные факторы и сценарии развития ситуаций, связанные с созданием ИУС. Разработанное ПО позволило сократить время проведения предпроектных исследований на начальном этапе жизненного цикла ИУС и повысить эффективность принятия управленческих решений.

Рис. 7. – Фрагмент экранной формы оценки реализуемости проекта с применением процедуры обучения НКМ

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Каляев, И.А.* и др. Методы и средства повышения безопасности и сокращения времени операций с ядерным топливом на АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 [Текст] / И.А. Каляев, В.В. Коробкин, Э.В. Мельник, М.А. Хисамутдинов : монография. – Ростов на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2014. – 208 с.
2. *Липаев, В.В.* Техничко-экономическое обоснование проектов сложных программных средств [Текст] / В.В. Липаев. – М.: СИНТЕГ, 2004. – 284 с.
3. *Липаев, В.В.* Программная инженерия. Методологические основы [Текст] / В.В. Липаев. – М.: ГУ-ВШЭ, ТЕИС. 2006. – 608 с.
4. *Колоденкова, А.Е.* Оценка рисков создания программного обеспечения информационно-управляющих систем для высокорисковых промышленных предприятий в условиях интервальной неопределенности исходных данных [Текст] / А.Е. Колоденкова // Вестник УГАТУ. – 2015. – Т. 19. – №1. – С. 192–199.
5. *Колоденкова, А.Е.* Предпроектные исследования по созданию информационно-управляющих систем атомных станций в условиях неопределенности [Текст] / А.Е. Колоденкова // Глобальная ядерная безопасность. – 2016. – № 1(18). – С. 26–33.
6. *Кульба, В.В.* и др. Модифицированные функциональные графы как аппарат моделирования сложных динамических систем [Текст] / В.В. Кульба, В.М. Назаретов, И.П. Чухров : препринт. – М.: Институт проблем управления РАН, 1995. – 43 с.
7. *Колоденкова, А.Е.* Нечетко-множественный подход к оценке реалистичности альтернатив программного обеспечения мехатронных систем [Текст] / А.Е. Колоденкова // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2011. – №4. – С. 45–53.

8. Колоденкова, А.Е. Оценка жизнеспособности программных проектов в условиях нечеткости исходных данных [Текст] / А.Е. Колоденкова // Программная инженерия. – 2011. – № 5. – С. 10–16.
9. Колоденкова, А.Е. Оценка реализуемости создания программного обеспечения информационно-управляющих систем атомных станций при интервальном характере исходных данных [Текст] / А.Е. Колоденкова // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2015. – №4(185). – С. 28–34.
10. Коробкин, В.В. и др. Диагностика проектов по разработке программного обеспечения на основе использования прецедентов [Текст] / В.В. Коробкин, А.Е. Колоденкова // Труды седьмой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» MLSD-2013. – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2013. – Т. 1. С. 176–182.
11. Горелова, Г.В. и др. Оценка безопасности информационно-управляющих систем атомных станций с использованием когнитивного моделирования [Текст] / Г.В. Горелова, А.Е. Колоденкова // Технологии техносферной безопасности. – 2015. – №4(62). – С. 339–348.

## REFERENCES

- [1] Kaliaev I.A., Korobkin V.V., Melnik E.V., Khisamutdinov M.A. Metodi i sredstva povisheniy bezopasnosti i sokraceniy vremeni operacii s yadernim toplivom na AIS s reaktorom tipa VVER-1000 [The methods and means to improve safety and reduce the time of operation of nuclear fuel in nuclear power plants with VVER-1000]: monographia [monograph]. Rostov-on-Don: Pub. Izdat. Uzhnogo Federalnogo universiteta [Southern Federal University Publishing House], 2014, ISBN 978-5-9275-1482-3, 208 p. (in Russian).
- [2] Lipaev V.V. Tehniko-ikonomiceskoe obosnovanie proektov slozhnih programmniy sredstv [Feasibility study of software facilities projects]. M. Pub. SINTEG [SINTEG], 2004, ISBN 5-89638-082-8, 284 p. (in Russian).
- [3] Lipaev V.V. Programmaya inzheneriya. Metodologicheskie osnovi [Software engineering. Methodological foundations]. M. Pub. GU-VShE, TEIS [Higher School of Economics], 2006, ISBN 5-7598-0424-3, 608 p. (in Russian).
- [4] Kolodenkova A.E. Otsenka riskov sozdaniya programmnoy obespecheniya informacionno-upravljajushhiy sistem dlja vysokoriskovykh promyshlennykh predpriyatij v usloviyakh interval'noy neopredelennosti ishodnykh dannykh [Risk assessment software information and control systems for high-risk industrial enterprises in terms of interval of initial data vagueness]. Vestnik UGATU [Ufa State Aviation Technical University Bulletin], 2015, Vol. 19, № 1, ISSN 1992-6502, pp. 192–199. (in Russian).
- [5] Kolodenkova A.E. Predproektnye issledovaniya po sozdaniyu informacionno-upravljajushhiy sistem atomnykh stanciy v usloviyakh neopredelennosti [Exploratory researches in creating information-control systems for nuclear power plants under uncertainty]. Globalnaya yadernaya bezopasnost [Global nuclear safety], 2016, №1(18), ISSN 2305-414X, pp. 26–33. (in Russian).
- [6] Kulba V.V., Nazaretov V.M., Chuhrov I.P. Modificirovannye funktsional'nye grafy kak apparat modelirovaniya slozhnykh dinamicheskikh sistem [Modified function graphs as the modeling of complex dynamic systems]. Preprint [Preprint]. – M. Pub. Izdat. Institut problem upravleniya RAN [V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences], 1995, 43 p. (in Russian).
- [7] Kolodenkova A.E. Nechetko-mnozhestvennyj podhod k ocenke realistichnosti al'ternativ programmnoy obespecheniya mehatronnykh sistem [Multi-fuzzy approach for estimation alternatives reality in the mechatronic systems software]. Mehatronika, avtomatizacija, upravlenie [Mechatronics, automation, control], 2011, № 4, ISSN 1684-6427, pp. 45–53. (in Russian).
- [8] Kolodenkova A.E. Otsenka zhiznesposobnosti programmnykh proektov v usloviyakh nechetkosti ishodnykh dannykh [The Program project viability estimation in the conditions of fuzzy initial data]. Programmaya inzheneriya [Software engineering], 2011, №5, ISSN 2220-3397, pp. 10–16. (in Russian).
- [9] Kolodenkova A.E. Otsenka realizuemosti sozdaniya programmnoy obespecheniya informacionno-upravljajushhiy sistem atomnykh stanciy pri interval'nom haraktere ishodnykh dannykh [Assess implementation of creating software for information and control systems nuclear power plants at interval nature of the source data]. Izvestija vysshikh uchebnykh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Tehniceskie nauki [University news. North-Caucasian region. Technical sciences series], 2015, №4(185), ISSN 0321-2653, DOI: 10.17213/0321-2653-2015-4-28-34, pp. 28–34. (in Russian).

- [10] Korobkin V.V., Kolodenkova A.E. Diagnostika proektov po razrabotke programmno obespechenija na osnove ispol'zovanija precedentov [Diagnostics projects for software development through the use of precedents]. Trudy sed'moj mezhdunarodnoj konferencii «Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnyh sistem» MLSD-2013 [Proceedings of the seventh international conference “Managing the development of large-scale systems”]. – M. Pub. Izdat. Institut problem upravlenija RAN [V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences], 2013, Vol. 1, ISBN: 978-5-91450-142-3, pp. 176–182. (in Russian).
- [11] Gorelova G.V., A. E. Kolodenkova Ocenka bezopasnosti informacionno-upravljajushhih sistem atomnyh stancij s ispol'zovaniem kognitivnogo modelirovanija [Safety assessment of the information-control systems for nuclear power plants using cognitive modeling]. Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti [Technologies of the technosphere safety], 2015, №4(62), eISSN 2071-7342, pp. 339–348. (in Russian).

## **Construction of Cognitive Model System and Project Feasibility Analysis Methods for Nuclear Power Plant Information Management Systems Creation**

**A.E. Kolodenkova**

*Ufa State Aviation Technical University, Russia 450008*

*e-mail: anna82\_42@mail.ru*

**Abstract** – It is offered to apply cognitive model system and methods of project feasibility analysis to modeling of project feasibility assessment process for the NPP information management system creation. The generalized scheme of project feasibility analysis, and structure of cognitive model system and methods of the project feasibility analysis for information management system creation is considered. Fragments of software screen forms which realizes separate models and methods of project feasibility analysis are given.

*Keywords:* system of cognitive models and methods, project feasibility analysis; indistinct initial data, NPP.