

УДК 004.896

СИСТЕМА МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ КОНТРОЛЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ РИСКОВЫХ СИТУАЦИЙ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ*

А.Е. Колоденкова

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Аннотация. *Статья посвящена разработке системы методов и моделей контроля и предупреждения рискованных ситуаций, возникающих на этапе проектирования сложных технических систем в условиях интервальной неопределенности и нечеткости исходных данных. Предлагаемая система методов и моделей основана на последовательном использовании методов, моделей, использует обобщенную схему методологии когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования. Новизна предложенной системы заключается в объединении моделей когнитивного моделирования, сценарного моделирования, методов мягких вычислений, что отличается от практики использования каждого из названных элементов в отдельности, в том числе от работ в области когнитивного моделирования. Приведено краткое описание разработанного программного обеспечения, которое реализует отдельные модели и методы разработанной системы, а также приведены результаты экспериментальных исследований эффективности предложенной системы методов и моделей контроля и предупреждения рискованных ситуаций.*

Ключевые слова: *сложная техническая система, система моделей и методов, когнитивное и нечеткое когнитивное моделирование, рискованные ситуации.*

Введение, постановка задачи

Проектирование сложных технических систем (СТС) является сложным, трудоемким и многоэтапным процессом, который характеризуется большими трудозатратами, рискованными ситуациями (разработка новых требований к СТС; срыв сроков разработки конструкторской, технологической, программной документации; срыв сроков поставки комплектующих; экономические потери и др.), *значительными затратами* финансовых средств и времени, необходимостью оформления большого количества разнообразных документов [1, 2].

Это приводит к резкому увеличению сроков проектирования, невозможности применения традиционных методов [1], нарушению сроков осуществления проекта по созданию СТС. Даже незначительные ошибки, допущенные на данном этапе, могут привести к ситуации, когда принятые решения по проектированию не соответствуют заявленным целям и требованиям заказчика, что, в свою очередь, приведет к необходимости срочной адаптации уже внедренной СТС.

В связи этим в настоящей статье для выявления, оперативного контроля и предупреждения рискованных ситуаций на этапе проектирования СТС предлагается система методов и моделей, основанная на экспертных знаниях, которая поз-

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 17-08-00402.

волит быстро обрабатывать и анализировать большие объемы разнородной информации; проводить оценку текущей и прогнозируемой ситуации в условиях интервальной неопределенности и нечеткости исходных данных.

Построение системы методов и моделей контроля и предупреждения рисков ситуаций

Поскольку этап проектирования СТС сопровождается широким спектром неопределенностей, многофакторностью, то для контроля и предупреждения рисков ситуаций предлагается пользоваться не единственным методом или моделью, а комплексом когнитивных, нечетких когнитивных моделей, а также методов мягких вычислений.

На рис. 1 представлена структура системы четких и нечетких когнитивных моделей (ЧКМ и НКМ), методов мягких вычислений для контроля и предупреждения рисков ситуаций в условиях неопределенных исходных данных, представленных в виде вербальных описаний, интервалов, нечетких треугольных и трапециевидных чисел.

Под *когнитивным моделированием* понимается инструмент, включающий методы, методики, алгоритмы, предназначенный для решения взаимосвязанных системных задач (поиск циклов когнитивной модели, поиск собственных чисел, топологический анализ, задание управляющих воздействий, установление текущих значений показателей и начальных импульсов), что позволяет анализировать рискованные ситуации, возникающие на этапе проектирования СТС, а также уточнять ЧКМ.

Под *нечетким когнитивным моделированием* понимается инструмент, включающий методы, методики, алгоритмы, предназначенный для решения взаимосвязанных системных задач (топологический анализ, взаимовлияние факторов, обучение НКМ, задание управляющих воздействий, установление текущих значений показателей и начальных импульсов, а также поглощение и разбиение графа [3]), что позволяет анализировать рискованные ситуации, возникающие на этапе проектирования СТС, а также уточнять НКМ.

Предлагаемая система предполагает определенную последовательность использования моделей и методов контроля и предотвращения рисков ситуаций, к которым предъявляются требования (учитывать в алгоритмах многофакторность процесса проектирования СТС; проводить многократное построение и корректировку ЧКМ и НКМ; описывать применяемые алгоритмы).

Для применения методов «мягких вычислений» используются исходные данные, в качестве которых выступают факторы, характеризующие рискованные ситуации, заданные в виде интервалов, нечетких треугольных и трапециевидных чисел, вербальных описаний. Результатом методов является рассчитанная интервальная оценка, характеризующая приемлемую альтернативу проекта создания СТС на этапе проектирования, которая проходит этап обработки с целью применения нечеткого когнитивного моделирования.

Алгоритм обработки неопределенных исходных данных, заключающийся в структуризации и нормировании нечетких исходных данных, описан в работе [4].

Краткое описание методов поддержки принятия решений для оценки реализуемости проекта по созданию СТС на этапе проектирования с использованием «мягких вычислений» и НКМ представлено ниже.

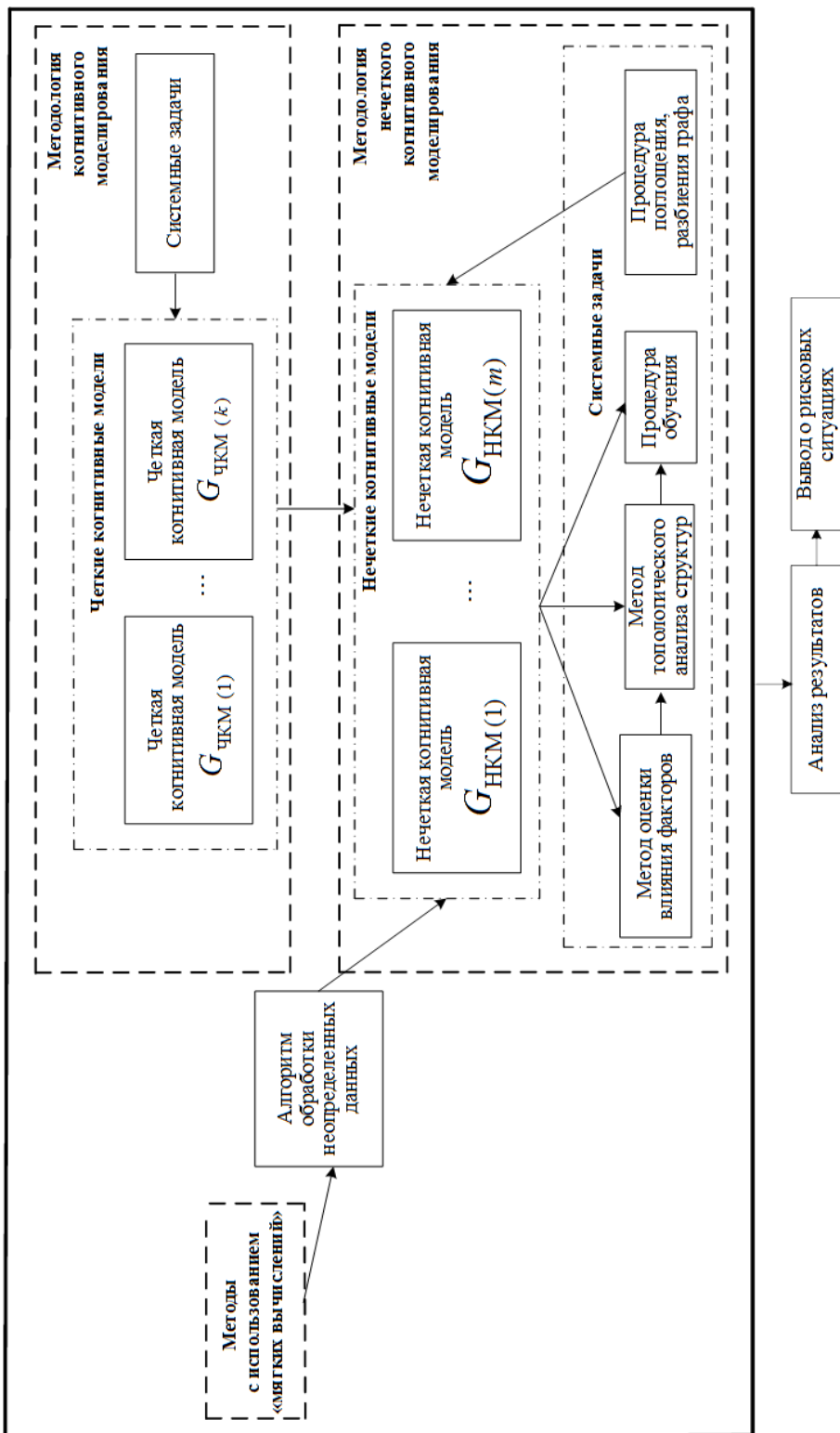


Рис. 1. Структура системы методов и моделей контроля и предупреждения рисков ситуаций

1. *Метод оценки стоимости и времени проектирования СТС с использованием генетического алгоритма.* Идея модифицированного метода заключается в анализе возможных альтернатив разработки проекта. Оценка каждой k -й альтернативы разработки проекта осуществляется на основе найденной ожидаемой стоимости $s(x^{(k)})$, $k = 1, \dots, m$, времени $t(x^{(k)})$ разработки альтернативы и формировании оценки обобщенной полезности, характеризующей осуществимость каждой k -й альтернативы: $P(x^{(k)}) = \sum_{j=1}^n w_j^{\text{нор}} p_j^{\text{нор}}(x^{(k)})$, $k = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$, с возможностью

последующего выбора приемлемой альтернативы $x^0 = \arg \max_{x^{(k)} \in X} P(x^{(k)})$

($w_j^{\text{нор}}$ – нормированный интервальный коэффициент относительной важности j -го частного критерия альтернатив $x^{(k)} \in X$; $p_j^{\text{нор}}(x^{(k)})$ – нормированные интервальные частные критерии альтернатив $x^{(k)} \in X$; n – частные критерии). Для сравнения нечетких чисел предлагаются методы Чью-Парка, Чанга, Кауфмана-Гупты.

2. *Нечетко-множественный метод оценки реализуемости проектов по созданию СТС на этапе проектирования в условиях нечеткости исходных данных.* Идея метода заключается в анализе построенных альтернатив разработки проекта в виде сетевых графиков выполнения проектных работ и формировании специально сформированного нечеткого показателя реализуемости $\Delta^{(k)}$ в виде критического пути, длительность которого представляется нечетким трапециевидным числом: $\Delta^{(k)} = [T_1^{(k)}, T_2^{(k)}, T_3^{(k)}, T_4^{(k)}]$, $k = \overline{1, m}$, с возможностью последующего выбора приемлемой альтернативы по средним значениям интервала $[T_1^{(k)}, T_2^{(k)}, T_3^{(k)}, T_4^{(k)}]$, где $T_1^{(k)}$, $T_4^{(k)}$ – пессимистическая и оптимистическая оценки времени выполнения k -й альтернативы, $[T_2^{(k)}, T_3^{(k)}]$ – интервал ожидаемого времени выполнения k -й альтернативы, а m – число альтернатив разработки проекта. Решение задачи расчета показателя $\Delta^{(k)}$ сводится к нахождению по имеющейся функции принадлежности объема работ и известной производительности разработчиков функции принадлежности времени работ. В основу предлагаемого подхода положен образ нечеткого множества при четком и нечетком отображении, позволяющий рассчитывать в виде трапециевидного нечеткого числа ожидаемое время выполнения работ, за которое может быть выполнен заданный объем работ. Время выполнения альтернативы и объем работ могут быть представлены в виде нечеткого треугольного числа.

3. *Метод оценки затрат времени на проектирование СТС в условиях интервальной неопределенности исходных данных с применением аппарата интервальной арифметики.* Идея метода заключается в сравнительном анализе возможных альтернатив разработки данного проекта и выборе приемлемой альтернативы. Оценка каждой k -й альтернативы осуществляется на основе специально сформированного нечеткого показателя в виде общего времени $T^{(k)}$, затраченного на проектирование СТС, которое представляется нечетким треугольным числом $T^{(k)} = [t_1^{(k)}, t_2^{(k)}, t_3^{(k)}]$, $k = \overline{1, m}$ (где $t_1^{(k)}$, $t_2^{(k)}$, $t_3^{(k)}$ – минимальное, наиболее ожидаемое и максимальное время, за которое можно спроектировать СТС) и учитывает объемы запросов и ответов, поступающих от исполнителей. Общее время $T^{(k)}$, затраченное на проектирование СТС, может

быть представлено в виде интервала или нечеткого треугольного или трапециевидного числа.

Разработанные методы поддержки принятия решений для оценки реализуемости проектов по созданию СТС на этапе проектирования с использованием «мягких вычислений», заключающиеся в проведении сравнительного анализа возможных альтернатив оценки реализуемости проектов с учетом интервальной неопределенности и нечеткости исходных данных и отличающиеся постановкой и решением задач с учетом пересечения интервалов и нечетких чисел, позволяют сэкономить бюджетные средства, сократить управленческие ошибки, принимаемые руководителем проекта на этапе проектирования, и тем самым принять взвешенное решение о дальнейшем этапе изготовления или формировании новых возможных альтернатив по созданию СТС.

4. *Метод оценки влияния факторов на реализуемость проектов по созданию СТС на этапе проектирования с использованием НКМ*, заключающийся в применении обработки неопределенных исходных данных (значений факторов и связей между ними), построении и анализе НКМ. Анализ НКМ проводится на основе системных показателей НКМ (влияние вершин друг на друга $p_{ij} = \text{sign}(z_{ij} + \bar{z}_{ij}) \max(|z_{ij}|, |\bar{z}_{ij}|)$, $z_{ij} \neq -\bar{z}_{ij}$, где z_{ij} характеризует силу положительного влияния i -го фактора на j -й, \bar{z}_{ij} – силу отрицательного влияния; влияние вершин на НКМ $\bar{P}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_{ij}$ и влияние НКМ на вершины $\bar{P}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_{ij}$).

5. *Метод оценки реализуемости проектов по созданию СТС на этапе проектирования с использованием процедуры обучения НКМ*, заключающийся в применении обработки неопределенных исходных данных (начальных значений факторов и связей между ними, а также ограничений) и гарантированном нахождении значений факторов в интервалах $x_{C_i \min} \leq x_{C_i} \leq x_{C_i \max}$ (C_i – факторы; x_{C_i} – идеальное значение фактора, $i = \overline{1, h}$, h – количество вершин), отражающих реализуемость проекта на этапе проектирования при ограниченных ресурсах.

6. *Метод топологического анализа структур НКМ*, заключающийся в применении этапа обработки неопределенных исходных данных (значений связей между факторами), а также в составлении рекомендаций обоснования выбора целевых и управляющих вершин НКМ.

Разработанные методы поддержки принятия решений для оценки реализуемости проектов по созданию СТС на этапе проектирования с использованием методологии когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования, заключающиеся в применении нового алгоритма обработки неопределенных исходных данных и решении задачи оценки реализуемости проекта, которые в известных источниках [5–7] не рассматривались, позволяют предоставить рекомендации обоснования выбора целевых и управляющих факторов; выявить, какие из факторов оказывают наибольшее влияние на всю систему и наоборот; осуществить поиск наилучших значений факторов, отражающих реализуемость проектов в условиях неопределенных исходных данных, что повышает обоснованность принятия решений на этапе проектирования.

7. *Процедура поглощения и разбиения графа (гиперграфа)*. Рассматривается нечеткий гиперграф $\dot{H} = (\dot{H}v, \dot{H}e)$, где $\dot{H}v = \{\langle i, s, \eta_{i,s} \rangle\}$ – множество вершин гиперграфа с их весами, $i = \overline{1, h}$, h – количество вершин-факторов, $s = \overline{1, n}$, n – ко-

личество вершин-подфакторов, $\eta_{i,s}$ – вес вершины; $He = \{<e, \mu_e>\}$ – множество связей графа, также с их весами, $e = \overline{1, m}$, m – количество связей подграфа, μ_e – вес связи. Механизм поглощения с возможностью восстановления гиперграфа заключается в последовательном сворачивании вершин с сохранением его свернутой части. Процесс поглощения обратим, поскольку для хранения свернутых вершин и связей используются списки. Это дает возможность сворачивать и разворачивать вершины внутри подмножеств в зависимости от требования масштабируемости модели.

Обобщенная схема методологии когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования процесса проектирования состоит из семи этапов и представлена на рис. 2.

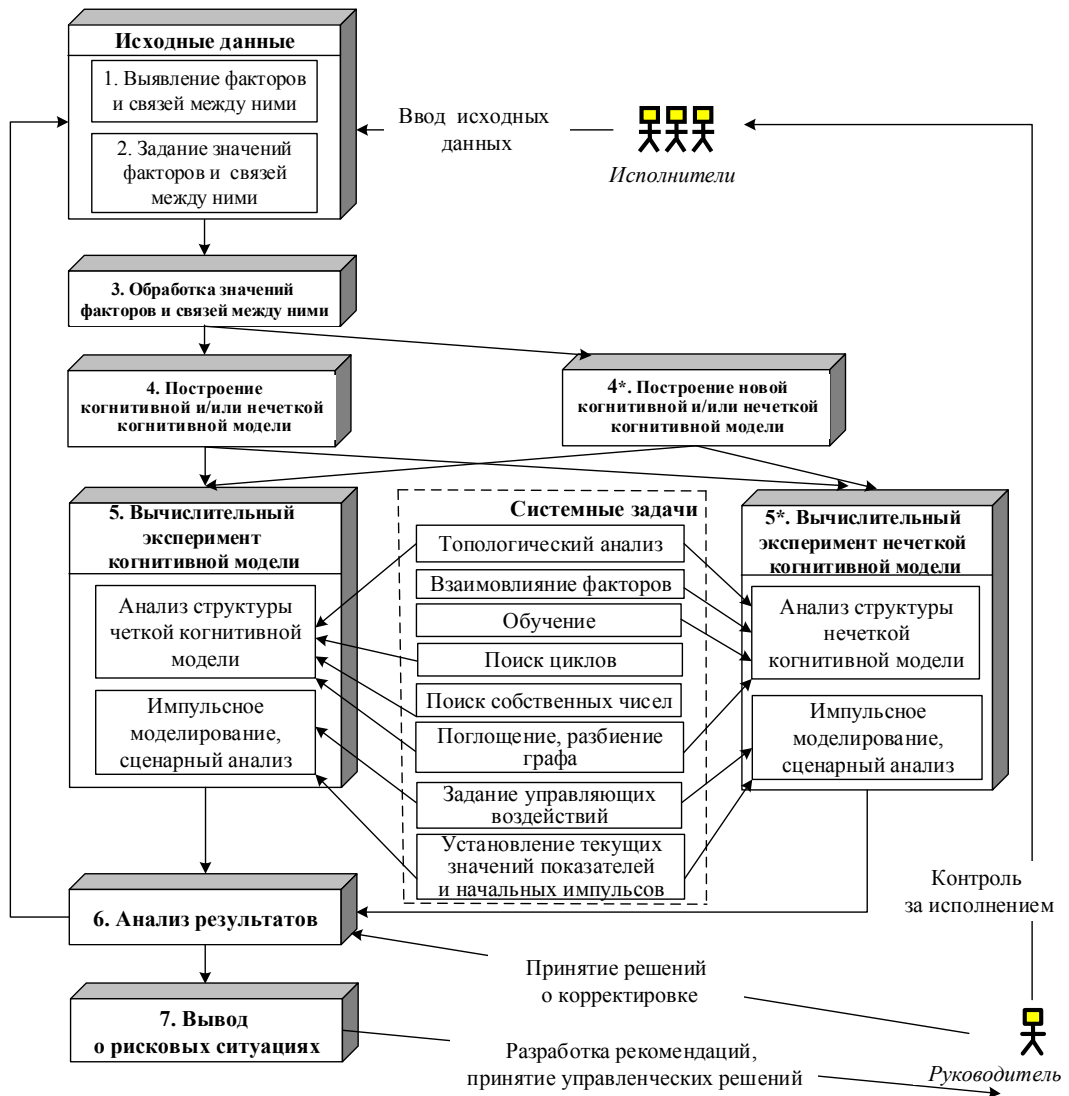


Рис. 2. Обобщенная схема методологии когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования процесса контроля и предупреждения рискованных ситуаций

Этап 1. Выявление факторов, необходимых для контроля и предупреждения рискованных ситуаций и связей между ними.

Этап 2. Задание значений факторов и связей между ними.

Этап 3. Обработка значений факторов и связей между ними с использованием алгоритма обработки неопределенных исходных данных.

Этап 4. Построение ЧКМ и/или НКМ [8, 9].

Под *четкой когнитивной моделью* понимается знаковый ориентированный граф

$$G = \langle V, E \rangle,$$

где $V = \{v_i\}$ – множество вершин, $i = 1, \dots, h$, h – количество вершин;

E – бинарное отношение на V (связи между вершинами v_i и v_j).

Элементы e_{ij} , $e_{ij} \in E$ ($i, j = 1, \dots, h$) характеризуют направление и силу влияния между вершинами v_i и v_j .

Под *нечеткой когнитивной моделью* понимается нечеткая когнитивная карта, в которой вершины представляют факторы, а ребра – нечеткие причинно-следственные связи между факторами:

$$G_{\text{неч}} = \langle V, W \rangle,$$

где $V = \{v_i\}$ – множество вершин, $v_i \in V$, $i = \overline{1, h}$, h – количество вершин;

$X = \{x_{v_i}\}$ – множество параметров вершин.

При этом каждой вершине ставится один параметр; W – нечеткие причинно-следственные связи между вершинами. Элементы w_{ij} , $w_{ij} \in W$ характеризуют направление и силу влияния между вершинами v_i и v_j .

Этап 5. Вычислительный эксперимент ЧКМ и/или НКМ, включающий анализ структур моделей, импульсное моделирование и сценарный анализ [7].

В случае проведения импульсного моделирования на четкой и/или нечеткой когнитивной модели, сценарного анализа могут быть построены различные сценарии прогноза развития рискованных ситуаций, возникающие на этапе проектирования СТС, с целью ослабления негативных тенденций и/или усиления позитивных тенденций.

Этап 6. Анализ результатов. Руководителю проекта после проведения исполнителями анализа результатов предлагается сделать выбор, а именно – принять решение о корректировке или некорректировке начальной ЧКМ и/или НКМ или о разработке новой ЧКМ и/или НКМ.

В ходе работы руководитель проекта может осуществлять контроль за исполнением заданий исполнителями, а также давать поручения о добавлении или удалении факторов; об установлении новых связей между факторами; об изменении значений факторов.

Этап 7. Вывод о рискованных ситуациях.

Выводом о рискованных ситуациях служат результаты анализа структур ЧКМ, НКМ:

1) топологический анализ структур ЧКМ, НКМ (рекомендации обоснования выбора целевых и управляющих вершин ЧКМ, НКМ);

2) расчеты системных показателей НКМ (сила взаимовлияний между вершинами либо вершиной и НКМ; наибольшее влияние на всю НКМ);

3) нахождение наилучших значений факторов, отражающих рискованные ситуации при проектировании СТС при наличии имеющихся ресурсов.

Разработанные когнитивные модели, методы и алгоритмы для оценки реали-

зумеости проектов по созданию СТС на этапе проектирования успешно прошли апробацию на реальных примерах.

В качестве примера в таблице приведена сравнительная оценка расчетных значений, полученных с использованием системы когнитивных моделей, методов поддержки принятия решений, а также методики, основанной на нормах времени на разработку программных средств, принятой на предприятии, и фактических значений факторов, характеризующих реализуемость проекта по созданию СТС.

Сравнительная оценка расчетных и фактических значений факторов, характеризующих реализуемость проекта по созданию СТС

Наименование фактора	Значения по контракту	Фактические значения	Расчетные значения, полученные с использованием методики, принятой на предприятии	Расчетные значения, полученные с использованием комплекса когнитивных моделей и методов
Время создания СТС (день)	321	284	320	315
Стоимость создания СТС (руб.)	3 086 600	3 086 600	3 028 541	3 078 962

Таким образом, разработанная система когнитивных моделей и методов поддержки принятия решений оказалась работоспособной, поскольку выдала прогнозы, совпадающие с реальным ходом событий: погрешность прогноза значения фактора «Время создания СТС» составляет 10,9 % (31 дн.), значения фактора «Стоимость создания СТС» – 0,2 % (7 638 руб.).

Результаты, полученные на основе методики, принятой на предприятии, показали, что погрешность прогноза значения фактора «Время создания СТС» составляет 12,7 % (36 дн.), значения фактора «Стоимость создания СТС» – 1,8 % (58 059 руб.).

Описание разработанного программного обеспечения контроля и предупреждения рисков ситуаций

Для сокращения времени на выявление и анализ рисков ситуаций на этапе проектирования СТС разработано программное обеспечение (ПО), реализующее отдельные методы и модели контроля и предупреждения рисков ситуаций.

Структура системы методов и моделей контроля и предупреждения рисков ситуаций включает в себя три составляющие (см. рис. 1): 1) методы с применением «мягких вычислений»; 2) методология когнитивного моделирования; 3) методология нечеткого когнитивного моделирования.

Первая составляющая включает: метод оценки реализуемости проекта с применением прецедентов, реализованный на языке программирования *Java*; нечетко-множественный и нечетко-интервальный методы оценки реализуемости проекта; метод оценки реализуемости проекта с применением методов структурного анализа и нечетко-множественного метода, реализованный в пакете *MS Excel*; метод оценки реализуемости проекта с применением генетического алгоритма.

ма, реализованный на языке C++ [11]; метод оценки затрат времени на создание СТС с применением аппарата интервальной арифметики, реализованный на языке программирования *Matlab*; метод расчета стоимости и времени проектирования СТС, реализованный на языке программирования C# [12].

Вторая составляющая включает: метод топологического анализа структуры ЧКМ, реализованный в пакете *MS Excel*; построение ЧКМ, реализованное с помощью программы *CogMap*.

Третья составляющая 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* [13, 14]; метод оценки реализуемости проекта с применением нечеткого когнитивного моделирования, а также метод топологического анализа структуры НКМ, реализованные в пакете *MS Excel*.

Разработанное ПО позволяет сократить время, затраченное на предупреждение рискованных ситуаций, на 55 %, уменьшить количество исполнителей, участвующих при предупреждении рискованных ситуаций, в 2 раза, а также предоставляет возможность отображать на экране результаты многочисленных исследований рискованных ситуаций, проводящихся на этапе проектирования. При этом для решения подобных задач разработанное ПО требует от пользователя только системных знаний и понимания.

Заключение

Результаты, полученные с помощью разработанной системы методов и моделей оперативного контроля и предупреждения рискованных ситуаций, возникающих на этапе проектирования СТС в условиях неопределенности различных типов, позволяют: 1) сократить время на выявление и анализ рискованных ситуаций; 2) расширить набор возможных сценариев развития рискованных ситуаций при проектировании СТС; 3) минимизировать возможность возникновения рискованных ситуаций; 4) выработать научно обоснованные управленческие решения, направленные на прогнозирование и предотвращение ситуаций, приводящих к критическому несоответствию СТС.

Результаты экспериментальных исследований эффективности системы методов и моделей контроля и предупреждения рискованных ситуаций на этапе проектирования СТС состоят в том, что предложенная система по сравнению с другими методиками аналогичного назначения показала в 1,3–2,7 раза более точный результат по факторам, необходимым для контроля и предупреждения рискованных ситуаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Юрков Н.К.* Системный подход к организации жизненного цикла сложных технических систем // Надежность и качество сложных систем: Научно-практический журнал. – 2013. – № 1. – С. 27–35.
2. *Федосов Е.А.* Автоматизация проектирования сложных технических систем // Вестник АН СССР. – 1986. – № 10. – С. 40–49.
3. *Сергеев Н.Е., Мунтян Е.Р., Целых А.А., Самойлов А.Н.* Обобщение графов ситуаций на основе спискового алгоритма свертки для задач ситуационного управления // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2017. – № 3. – С. 111–121.
4. *Колоденкова А.Е.* Моделирование процесса реализуемости проекта по созданию информационно-управляющих систем с применением нечетких когнитивных моделей // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2016. – № 6 (144). – С. 10–17.
5. *Ильясов Б.Г., Васильев В.И.* Интеллектуальные системы управления. Теория и практика. – М.:

- Радиотехника, 2009. – 392 с.
6. Черняховская Л.Р., Герасимова И.Б., Салаватова А.Р., Мухамедрахимова Л.Н. Оценка влияния социально-психологических факторов на качество подготовки студента с применением нечетких когнитивных карт // Вестник УГАТУ. – 2014. – № 4 (65). – Т. 18. – С. 134–141.
 7. Papageorgiou E.I., Stylios C.D., Groumpos P.P. Active Hebbian learning algorithm to train fuzzy cognitive maps Internet // International Journal of Approximate Reasoning. – 2004. – Vol. 37. – P. 219–249.
 8. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. – М.: Наука, 1986. – 496 с.
 9. Dickerson J., Kosko B. Virtual worlds as fuzzy cognitive maps // Virtual reality annual international symposium, 1993. – P. 471–477.
 10. Горелова Г.В. Когнитивный подход к имитационному моделированию сложных систем // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 3. – С. 239–250.
 11. Колоденкова А.Е. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2013612228. Оценка реалистичности инновационного программного проекта с использованием генетического алгоритма. Заяв. 18.02.2013. – М.: Роспатент, 2013.
 12. Колоденкова А.Е., Халикова Е.А. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2018611151. Оценка стоимости и времени проектирования информационно-управляющих систем с применением генетического алгоритма. Заяв. 24.01.2018. – М.: Роспатент, 2018.
 13. Смирнова Е.Е., Надеждин Е.Н. Когнитивный анализ механизма формирования экономической компетентности выпускника университета // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 2. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24174> (дата обращения: 27.06.2018).
 14. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 284 с.
 15. Колоденкова А.Е., Халикова Е.А. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2016619666. Анализ структуры нечеткой когнитивной модели в условиях нечетких исходных данных. Заяв. 25.08.2016. – М.: Роспатент, 2016.
 16. Колоденкова А.Е., Халикова Е.А. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2016616584. Оценка реализуемости проекта по созданию информационно-управляющих систем с применением процедуры обучения нечеткой когнитивной модели в условиях нечетких исходных данных. Заяв. 15.06.2016. – М.: Роспатент, 2016.

Статья поступила в редакцию 13 мая 2018 г.

THE DEVELOPMENT OF METHODS AND MODELS FOR THE CONTROL AND PREVENTION OF RISK SITUATIONS AT THE DESIGN STAGE OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

A.E. Kolodenkova

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

Abstract. *The paper is devoted to development of the system of methods and models of control and prevention of the risk situations arising at a design stage of difficult technical systems in the conditions of interval uncertainty and fuzzy basic data. The offered system of methods and models is based on certain consecutive use of methods, and models, using the generalized scheme of methodology of cognitive and fuzzy cognitive modeling. The novelty of this system consists in association of cognitive modeling, scenario modeling and also methods of soft computing that differs from the case of using of each of the called elements separately, and from works in the field of cognitive modeling. Fragments of screen forms of the software which realizes separate models and methods of the developed system are given. The results of experimental studies dealing with efficiency of the offered system are presented.*

Anna E. Kolodenkova (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.

Keywords: *complex technical system, system of models and methods, cognitive and fuzzy cognitive modeling, risk situations.*

REFERENCES

1. *Yurkov N.K.* A systematic approach to the organization of the life cycle of complex technical systems // Reliability and quality of complex systems: Journal of Research and Practice, 2013. – No. 1, pp. 27–35.
2. *Fedosov E.A.* Automation of design of difficult technical systems // Vestnik of the USSR Academy of Sciences. – 1986. – No. 10. – pp. 40–49.
3. *Sergeev N.E., Muntyan E.R., Tselykh A.A., Samoylov A.N.* Situation graph generalization for situation awareness using a list-based folding algorithm // News of SFU. Technical science. – 2017. – No. 3. – pp. 111–121.
4. *Kolodenkova A.E.* The process modeling of project feasibility for information management systems using the fuzzy cognitive models // Journal of computer and information technologies. – 2016. – No. 6 (144). – pp. 10–17.
5. *Iljasov B.G., Vasilev V.I.* Intelligent control systems. Theory and practice. – Moscow: Radiotechnics, 2009. 392 p.
6. *Chernjahovskaja L.R., Gerasimova I.B., Salavatova A.R., Muhamedrahimova L.N.* Assessment of social and psychological factors on quality of student training using fuzzy cognitive maps // Vestnik UGATU. – 2014. – No. 4 (65). – Vol. 18. – C. 134–141.
7. *Papageorgiou E.I., Stylios C.D., Groumpos P.P.* Active Hebbian learning algorithm to train fuzzy cognitive maps Internet // International Journal of Approximate Reasoning. – 2004. – Vol. 37. – P. 219–249.
8. *Roberts F.S.* Discrete mathematical models applied to social, biological and ecological problems. Moscow: Nauka, 1986, 496 p.
9. *Dickerson J., Kosko B.* Virtual worlds as fuzzy cognitive maps // Virtual reality annual international symposium, 1993. – pp. 471–477.
10. *Gorelova G.V.* A cognitive approach for modeling of complex systems // News of SFU. Technical science. – 2013. – No. 3. – pp. 239–250.
11. *Kolodenkova A.E.* Evaluation of the feasibility of innovative program project using a genetic algorithm, Certificate on Certificate on official registration registration of the computer program no. 2013612228, registered 18.02.2013.
12. *Kolodenkova A.E., Khalikova E.A.* Estimation of cost and time of designing information-control systems using genetic algorithm, Certificate on Certificate on official registration registration of the computer program no. 2018611151, registered 24.01.2018.
13. *Smirnova E.E., Nadezhdin E.N.* Cognitive analysis mechanism of formation of economic competence of a university graduate // Modern problems of science and education. – 2016. – No. 2. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24174> (27.06.2018).
14. *Borisov V.V., Kruglov V.V., Fedulov A.S.* Fuzzy models and networks. – Moscow: Telecom, 2012, 284 p.
15. *Kolodenkova A.E., Khalikova E.A.* The analysis of structure of fuzzy cognitive model in the conditions of fuzzy initial data, Certificate on official registration of the computer program no. 2016619666, registered 25.08.2016.
16. *Kolodenkova A.E., Khalikova E.A.* Evaluation of the project feasibility of creation of information-control systems using the procedure of training fuzzy cognitive model in the conditions of fuzzy initial data, Certificate on Certificate on official registration registration of the computer program no. 2016616584, registered 15.06.2016.