

УДК 004.413.4; 519.81

ОЦЕНКА РИСКОВ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВЫСОКОРИСКОВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ИНТЕРВАЛЬНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

А. Е. Колоденкова

anna82_42@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Поступила в редакцию 7 октября 2014 г.

Аннотация. Приводится обзор методов и технологий мягких вычислений для задач оценки рисков создания программного обеспечения информационно-управляющих систем для высокорисковых промышленных предприятий. Для решения данной задачи предлагается подход, основанный на сравнении различных вариантов создания программного обеспечения с использованием аппарата интервальной арифметики. Критерием выбора приемлемого варианта создания программного обеспечения является общее время, затраченное на создание альтернатив. Предлагаемый подход позволяет повысить обоснованность принятия решения о возможности реализации проекта по созданию программного обеспечения информационно-управляющих систем и за счет этого снизить риск его неудачного завершения.

Ключевые слова: мягкие вычисления; альтернативы создания программного обеспечения; время проектирования устройств; интервальная арифметика; интервальная неопределенность.

В настоящее время большой вклад в обеспечение безопасного функционирования высокорисковых промышленных предприятий играют информационно-управляющие системы (ИУС), создаваемые на основе компьютерной техники. Это, в свою очередь, налагает на встроенное программное обеспечение (ПО) ИУС чрезвычайно жесткие как российские, так и международные нормы и требования по обеспечению безопасности и эффективности их функционирования, так как проектирование осуществляется в трудно формализуемых условиях с обязательным выполнением требований безопасности, а также с отсутствием жестких алгоритмов работы сложного технологического оборудования [1, 2]. Таким образом, проектирование ПО ИУС важных для безопасности является сложной и перманентной задачей, поскольку аварии и нештатные ситуации на высокорисковых промышленных предприятиях могут иметь катастрофические последствия для общества. В связи с этим, для гарантированного выполнения требований безопасности, достижения необходимой высокой надежности и функциональной

безопасности ИУС необходимо, чтобы в течение всего жизненного цикла ИУС, особенно на начальных этапах, применялись различные методы и подходы к оценке рисков создания ПО ИУС в условиях интервальной неопределенности исходных данных.

СТОХАСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ РИСКОВ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО- УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Среди различных способов формализации неопределенности широкое распространение получил *стохастический (вероятностно-статистический) подход*, именуемый часто в западной литературе как индетерминистический, позволяющий в терминах случайности моделировать многие аспекты неопределенности. Однако заметим, что на пути обоснования правомочности такой стохастической модели неопределенности часто возникают серьезные трудности научно-методического характера, и отчасти, парадоксы теории вероятностей. Данные трудности породили оживленные дис-

куссии, доходящие порой до отрицания правомерности применения некоторых традиционных вероятностно-статистических методов, которые дебатировались такими учеными, как: Ю. И. Алимовым, Е. С. Вентцель, П. В. Ижевским, Ю. А. Кравцовым, С. Ф. Левиным, В. М. Резниковым, В. Н. Тутубалиным, Р. Э. Калманом (R. E. Kalman), Д. А. Гилисой (D. A. Gillies) и др. В результате, как замечает В. Н. Тутубалин, «в теории вероятностей в настоящее время сложилось ненормальное положение, связанное с переоценкой практических возможностей этой науки».

В многочисленных работах отечественных и зарубежных авторов, связанных с оценкой реализуемости проекта, безопасности и рисков атомных станций (АС), часто применяется вероятностно-статистический подход. За последние несколько десятилетий произошло серьезное развитие вероятностных методов анализа безопасности АС и других объектов использования атомной энергии. В настоящее время в мировой практике результаты вероятностного анализа безопасности (ВАБ) АС являются одним из основных критериев для принятия решения о безопасности ИУС, модернизации существующих реакторных установок, разработки систем безопасности и др. Вероятностный анализ безопасности позволяет более детально рассматривать нарушения нормальной эксплуатации АС, включая аварии, и количественно определять вклад каждого элемента АС или действий персонала в риск тяжелой аварии. Анализ большого количества аварийных последовательностей позволяет выявлять аварийные последовательности, вносящие наибольший вклад в риск тяжелой аварии [3, 4].

Однако его применение в условиях неопределенности оказывается недостаточно корректным и обоснованным [5].

Разработка проектов, как правило, является настолько уникальной и неповторяющейся, что нельзя собрать ряд исходных данных и получить результаты статистически независимых экспериментов. Поэтому строить эмпирическую вероятностную модель сложной системы не корректно, поскольку требуется многочисленное количество исходных данных. При этом отметим, что область применения теории вероятностей и математической статистики ограничена непредсказуемыми явлениями, которым присуща массовость, повторяемость и статистическая однородность.

Кроме того, в теории вероятностей часто предполагается, что случайные величины имеют определенное распределение (обычно нормаль-

ное). К тому же часто исследователь не имеет достаточно данных для проверки гипотезы о типе распределения. Параметры распределения, особенно на начальной стадии исследования (например, средние, дисперсии и др.), представляют интерес сами по себе, а не как параметры распределения. Огромная разница в информативности распределения и параметров порождает следующий вопрос: каким образом априори стало известно распределение? Таким образом, в задачах оценки рисков создания ПО ИУС, знание априори распределения исследуемого процесса является нетипичной ситуацией. Здесь можно согласиться с высказыванием Р. Э. Калмана: «для того чтобы моделировать неопределенность при помощи вероятностного механизма, необходимо иметь чересчур много информации, которая не может быть извлечена из доступных данных в большой массе практических задач».

Заметим, что в связи с ограниченным объемом исходных данных многие исследователи умышленно восстанавливают генеральную выборку по ограниченной экспериментальной выборке. Сначала предполагают, что статистические характеристики процесса измерены на интервале $[0, T]$, а затем применяют принцип «завтра как сегодня», т. е. предполагают неизменность статистических характеристик при $0 < t < T$ и при $t > T$. Ясно, что такое домысливание ансамбля к конкретному эксперименту открывает широкие возможности для произвола, если не для злоупотреблений, и далеко не всегда ведет к положительным результатам [6]. Вообще, касаясь выборок, следует помнить известный и весьма поучительный *софизм* В. Н. Тутубалина: «Мы говорим, что выборку образуют результаты нескольких независимых измерений, проводимых в одинаковых условиях. Однако если мы контролируем все условия опыта, то у нас будет получаться одно и то же число (не будет никакой неопределенности), а если мы контролируем не все условия опыта, то откуда мы знаем, что они остаются одинаковыми».

Отметим, что статистическая однородность – феномен редкий и тонкий, причем, по мнению ведущих специалистов, «проверка статистической устойчивости трудна и всегда неполна», «наличие ее редко можно вполне гарантировать» и «часто она дает отрицательный вывод». В связи с этим Н. Винер (N. Wiener) утверждает, что «Чрезвычайно сложно собрать обширную информацию, состоящую из многочисленных серий однородных данных».

Перечисленные факты и причины неэффективности вероятностно-статистических методов стимулировали стремление некоторых ученых уйти от конструктивного решения проблемы построения вероятностных моделей к детерминированным моделям. Как подчеркнул генеральный директор Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» С. В. Кириенко: «При проектировании атомных электростанций необходимо избегать вероятностного подхода... в отрасли должен применяться детерминистский подход к обеспечению безопасности».

Однако, следует отметить, что автор работы не отрицает классическую теорию вероятностей, а лишь пытается дополнить и расширить ее путем комбинирования различных формальных подходов.

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ МЯГКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Поскольку применение в задачах оценки рисков создания ПО ИУС лишь жестких вычислений в условиях неопределенности оказывается малоэффективным или просто невозможным, то в последние годы все большее распространение находят мягкие вычисления (рис. 1).

Мягкие вычисления положены в основу многочисленных программ («Real World Computing», «New Information Processing Technology» и др.) разработки и создания адаптивных, эволюционирующих, сверхвысокопроизводительных вычислительных машин шестого поколения и, в отличие от традиционных *жестких вычислений*, нацелены на максимальное приспособление к реальной действительности. Основопологающим принципом мягких вычислений является «терпимость к неточности, неопределенности и частичной истинности для достижения удобства манипулирования, робастности, низкой стоимости решения и лучшего согласия с реальностью». Как отмечает Л. Заде (L. A. Zadeh), «хотя вычислительный интеллект и работает с классом задач, до сих пор относимых к тематике искусственного интеллекта, но вычислительный интеллект работает с мягкими вычислениями, а искусственный интеллект – с жесткими вычислениями».

Концепция нечетких множеств впервые была изложена Л. Заде в 1965 г., как формальный аппарат для обработки высказываний естественного языка и присущую им неопределенность, в основе которого используется непрерывная оценка степени принадлежности, описываемая функцией принадлежности.

Данный подход позволяет дать строгое математическое описание в действительности расплывчатых утверждений, реализуя, таким образом, попытку преодолеть лингвистический барьер.

Метод рассуждений на основе прецедентов был впервые предложен в 1977 г. Р. Шенком (R. Shank) и Р. Абельсоном (R. Abelson). Данный метод основан на опыте прошлых ситуаций или случаев, позволяющий решать новую, неизвестную задачу, используя или адаптируя решение уже известной задачи в условиях жестких временных ограничений и при наличии различного рода неопределенностей, как в исходной информации, так и в экспертных знаниях. Здесь основным понятием является прецедент, имеющий структурированное представление накопленного опыта в виде данных и знаний, которые, в свою очередь, могут быть записями в базах данных, древовидными структурами, предикатами, фреймами.

Генетические алгоритмы, сформулированные в 1975 г. Д. Холландом (J. Holland), являются алгоритмами поисковой оптимизации, основанные на математическом моделировании биологических механизмов с помощью принципов популяционной генетики, которые позволяют находить оптимальные решения. Здесь основными понятиями, заимствованными из генетики, являются: скрещивание, хромосома и др.

В последнее десятилетие среди различных методов и технологий мягких вычислений на одно из ведущих мест все больше претендуют *многоагентные технологии*, позволяющие исследовать нетривиальное поведение сложных систем и принимать на основе построенной модели, взвешенные и обоснованные управленческие решения. В рамках данного подхода система состоит из набора взаимодействующих агентов, под которыми понимается программная сущность, принимающая информацию из внешней среды и реагирующая на внешние возмущения. Агент способен автономно решать возложенные на него задачи, адаптироваться к изменениям во внешнем окружении, а также общаться с другими агентами для достижения глобальных целей.

Нейронные сети основаны на модели искусственного нейрона, в которой предпринята попытка моделирования свойств естественного нейрона – биологической нервной клетки. Нейронные сети обладают собственной памятью, способностью реагировать на входные воздействия, а также изменять свое поведение в зависимости от поставленной задачи (состояния окружающей среды) и приобретения «жизненного опыта»

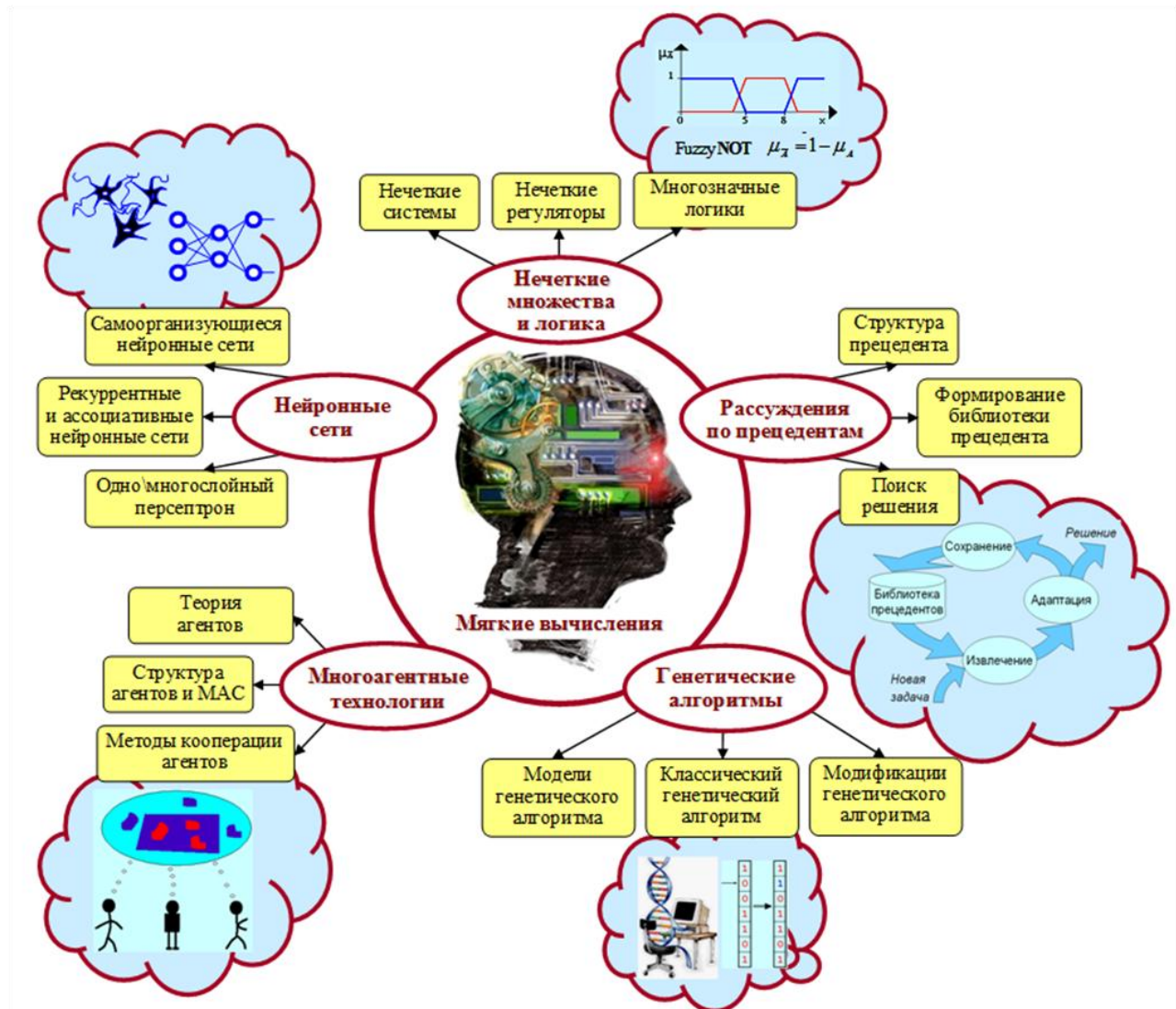


Рис. 1. Методы и технологии мягких вычислений для оценки рисков создания программного обеспечения информационно-управляющих систем

в ее решении и позволяют решать различные практические задачи, получать правдоподобное решение поставленной задачи при недостатке эмпирических данных, в условиях неопределенности.

Далее рассмотрим оценку рисков создания ПО ИУС в условиях интервальной неопределенности исходных данных с использованием аппарата интервальной арифметики.

КЛЮЧЕВЫЕ ПОНЯТИЯ, ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ОЦЕНКЕ РИСКОВ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В основе предложенного подхода лежит использование структурной схемы оценки рисков создания ПО ИУС, представленной на рис. 2.

Как видно, оценка рисков осуществляется с использованием *аппарата интервальной арифметики* и *методов выбора альтернатив*, основанных на применении количественных и качественных методов, в основу которых положены методы экспертных оценок, а также аппарат нечетких множеств и лингвистических переменных.

Предполагается, что альтернативы создания ПО описываются в виде орграфа, в котором устройства ПО изображаются в виде вершин, а запросы и ответы между устройствами, поступающие от исполнителей, в виде ориентированных ребер.

Важной характеристикой работы исполнителей, проектирующих устройства, является ее объем, который определяется на основе норма-

тивов, экспертных оценок или имеющегося опыта.

В работе объем работ измеряется количеством запросов, необходимых для проектирования устройств, и представлен в виде трапецевидных нечетких чисел.

Следующей характеристикой работы является производительность исполнителей, обслуживающих запросы и ответы, поступающие от одного устройства к другому. Заметим, что производительность исполнителей также представлена в виде трапецевидных нечетких чисел.

В силу неоднозначности выделения количества запросов, поступающих от одного устрой-

ства к другому, одному и тому же проекту по созданию ПО можно поставить в соответствие различные k -е альтернативы $A^{(k)}$, $k = \overline{1; m}$, состоящие из устройств $Y_i^{(k)}$ (где m – число альтернатив реализации ПО; i – число устройств в каждой k -й альтернативе $i = \overline{1; s}$).

Расчет времени, затраченного на проектирование каждого устройства $T_{Y_i^{(k)}}$ альтернативы создания ПО и общего времени разработки каждой альтернативы $T^{(k)}$ осуществляется на основе подхода, предложенного автором и изложенного ниже.

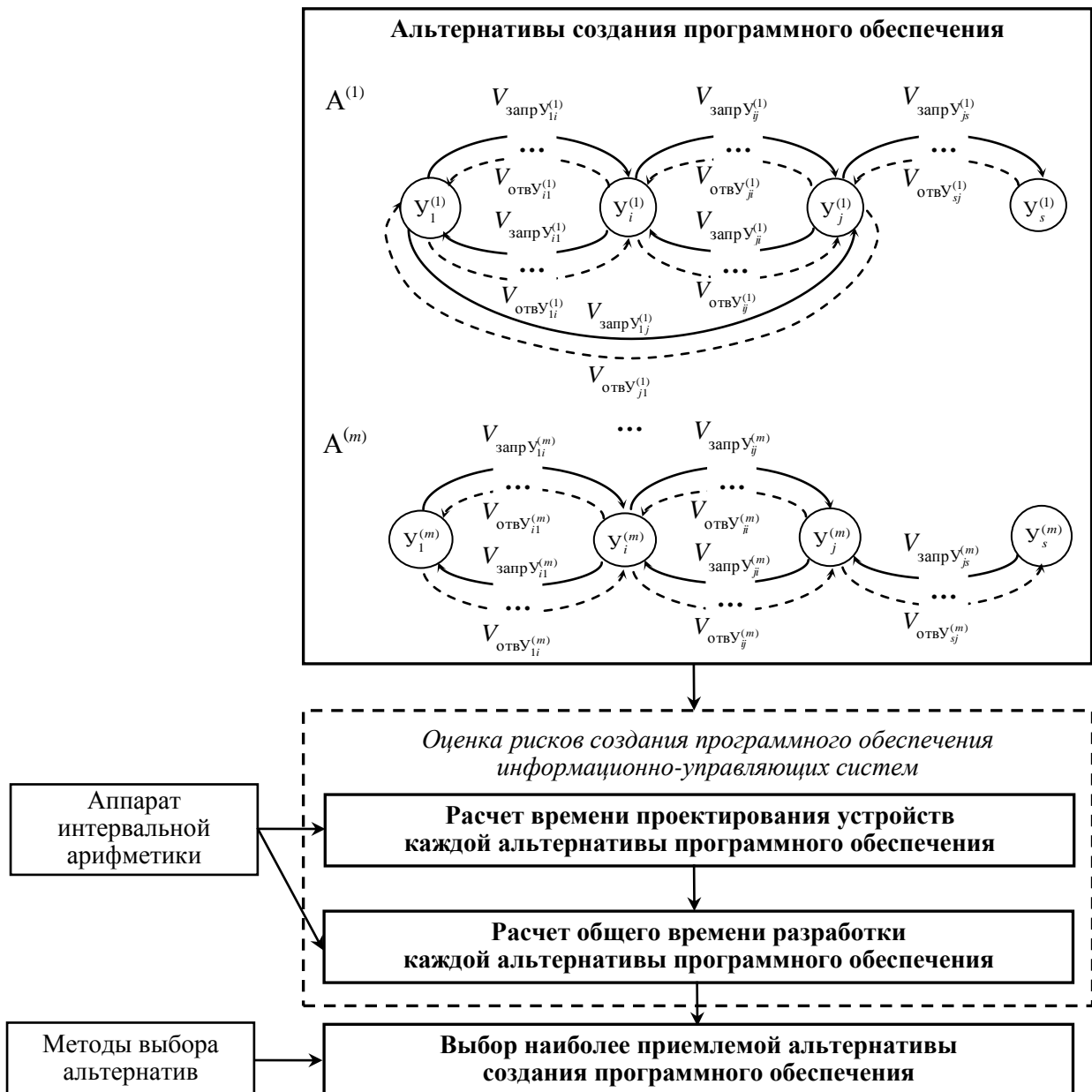


Рис. 2. Структурная схема оценки рисков создания программного обеспечения информационно-управляющих систем с использованием аппарата интервальной арифметики

Задача выбора приемлемой альтернативы создания ПО ИУС на практике является гораздо более сложной, чем кажется на первый взгляд.

Дело в том, что задача выбора альтернативы корректна только в случае, если границы интервалов частных критериев не пересекаются, т.е. устанавливаются отношения между интервалами «больше» либо «меньше». В случае невыполнения данного условия задача становится некорректной, так как не имеет единственного решения. В настоящее время известны и широко используются методы, позволяющие упорядочивать интервальные оценки, представленные в виде трапециевидных нечетких чисел, в соответствии с приспущенным им рейтингом. Для сравнения нечетких чисел предлагаются методы Чью–Парка, Чанга, Кауфмана–Гупты [7].

Прежде чем приступать к описанию формальной структурной схемы оценки рисков создания ПО ИУС, опишем вводимые предположения и допущения:

- альтернатива реализует единственное конкретное ПО;
- количество устройств равно количеству исполнителей, причем каждый исполнитель отвечает только за проектирование одного устройства, и исполнители не могут заменять друг друга;
- количество устройств в каждой альтернативе создания конкретного ПО должно быть одинаковым;
- возможны различные связи между устройствами.

ПОСТАНОВКА И АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ РИСКОВ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Пусть заданы альтернативы $A^{(k)}$, $k = \overline{1; m}$ создания ПО в виде орграфа с указанием объема работ поступающего от i -го устройства к j -му в виде трапециевидного нечеткого числа:

$$V_{\text{запр}Y_{ij}^{(k)}} = (V_{\text{запр}Y_{ij1}^{(k)}}, V_{\text{запр}Y_{ij2}^{(k)}}, V_{\text{запр}Y_{ij3}^{(k)}}, V_{\text{запр}Y_{ij4}^{(k)}}),$$

где $V_{\text{запр}Y_{ij1}^{(k)}}$ – пессимистическая оценка поступления объема работ, $[V_{\text{запр}Y_{ij2}^{(k)}}, V_{\text{запр}Y_{ij3}^{(k)}}]$ – интервал возможного поступления объема работ,

$V_{\text{запр}Y_{ij4}^{(k)}}$ – оптимистическая оценка поступления объема работ. Пусть также задана производительность исполнителей (скорость обслуживания одного запроса в час) в виде трапециевидного нечеткого числа. Ставится задача нахо-

ждения времени проектирования устройств каждой альтернативы ПО, общего времени разработки каждой альтернативы ПО, а также выбора наиболее приемлемой альтернативы создания ПО.

Для решения данной задачи предлагается алгоритм, который содержит следующие **пять этапов**:

На первом этапе рассчитывается время, затрачиваемое на запросы от i -го устройства j -му $T_{\text{запр}Y_{ij}^{(k)}}$.

$$T_{\text{запр}Y_{ij}^{(k)}} = \frac{V_{\text{запр}Y_{ij}^{(k)}}}{P_{Y_j}}, \quad i = \overline{1; s}, \quad j = \overline{1; s}, \quad i \neq j. \quad (1)$$

На втором этапе рассчитывается время, затрачиваемое на ответы от j -го устройства к i -му $T_{\text{отв}Y_{ji}^{(k)}}$.

$$T_{\text{отв}Y_{ji}^{(k)}} = \frac{V_{\text{отв}Y_{ji}^{(k)}}}{P_{Y_i}}, \quad i = \overline{1; s}, \quad j = \overline{1; s}, \quad i \neq j. \quad (2)$$

На третьем этапе рассчитывается время, затрачиваемое на проектирование устройства $Y_i^{(k)}$:

$$T_{Y_i^{(k)}} = \sum_{\substack{j=1, \\ j \neq i}}^s T_{\text{запр}Y_{ij}^{(k)}} + \sum_{\substack{j=1, \\ j \neq i}}^s T_{\text{отв}Y_{ji}^{(k)}}. \quad (3)$$

На четвертом этапе рассчитывается общее время, затрачиваемое на разработку альтернативы ПО:

$$T^{(k)} = \sum_{i=1}^s T_{Y_i^{(k)}}.$$

На пятом этапе осуществляется выбор приемлемой альтернативы создания ПО, для которой интервальная оценка имеет наибольшее значение.

ПРИМЕР РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ И ВЫБОРА ПРИЕМЛЕМОЙ АЛЬТЕРНАТИВЫ

Рассмотрим численный пример, поясняющий изложенный подход. Пусть имеются три альтернативы ($A^{(1)}$, $A^{(2)}$, $A^{(3)}$) создания ПО, содержащие по три устройства (рис. 3).

Ставится задача нахождения времени проектирования устройств каждой альтернативы ПО, общего времени разработки каждой альтернативы ПО, а также выбора наиболее приемлемой альтернативы создания ПО.

Предположим, что известны следующие объемы работ:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{запр}Y_{12}^{(1)}} &= V_{\text{запр}Y_{12}^{(2)}} = [3, 5, 7, 10]; \\
 V_{\text{запр}Y_{21}^{(1)}} &= V_{\text{запр}Y_{21}^{(2)}} = V_{\text{запр}Y_{21}^{(3)}} = [2, 7, 10, 13]; \\
 V_{\text{запр}Y_{13}^{(1)}} &= V_{\text{запр}Y_{13}^{(3)}} = [2, 4, 7, 8]; \\
 V_{\text{запр}Y_{23}^{(1)}} &= V_{\text{запр}Y_{23}^{(2)}} = V_{\text{запр}Y_{23}^{(3)}} = [5, 7, 11, 15]; \\
 V_{\text{запр}Y_{32}^{(1)}} &= V_{\text{запр}Y_{32}^{(2)}} = V_{\text{запр}Y_{32}^{(3)}} = [4, 6, 8, 10]; \\
 V_{\text{запр}Y_{31}^{(3)}} &= [3, 5, 9, 12],
 \end{aligned}$$

а также производительности трех исполнителей:

$$\begin{aligned}
 P_{Y_1} &= [1, 2, 3, 4]; \quad P_{Y_2} = [1, 2, 4, 5]; \\
 P_{Y_3} &= [2, 3, 4, 5].
 \end{aligned}$$

Для устройства $Y_1^{(1)}$ на основе имеющихся данных по формуле (1) рассчитывается время, затрачиваемое на запросы:

$$\begin{aligned}
 T_{\text{запр}Y_{12}^{(1)}} &= [0,6, 1,25, 3,5 \ 10], \\
 T_{\text{запр}Y_{13}^{(1)}} &= [0,4, 1, 2,3 \ 4].
 \end{aligned}$$

Далее для устройства $Y_1^{(1)}$ по формуле (2) рассчитывается время, затрачиваемое на ответы:

$$\begin{aligned}
 T_{\text{отв}Y_{21}^{(1)}} &= [0,75, 1,67, 3,5 \ 10], \\
 T_{\text{отв}Y_{31}^{(1)}} &= [0,5, 1,33, 3,5 \ 8].
 \end{aligned}$$

Затем по формуле (3) рассчитывается время, затрачиваемое на проектирование устройства $Y_1^{(1)}$:

$$T_{Y_1^{(1)}} = [2,25, 5,25, 12,8 \ 32],$$

т. е. возможное время проектирования устройства $Y_1^{(1)}$ составит от 5,25 до 12,8 часов.

Аналогичные действия производятся для остальных устройств альтернатив $A^{(1)}$, $A^{(2)}$, $A^{(3)}$, на основании которых рассчитывается общее время, затрачиваемое на разработку альтернатив ПО:

$$\begin{aligned}
 T^{(1)} &= [6,75, 15,83, 38,64 \ 95,5], \\
 T^{(2)} &= [5,85, 13,5, 32,84 \ 83,5], \\
 T^{(3)} &= [6,75, 15,83, 39,14 \ 84,5].
 \end{aligned}$$

Таким образом, возможное время разработки альтернативы $A^{(1)}$ составит от 15,83 до 38,64,5 часов; $A^{(2)}$ – от 13,5 до 32,84,5 часов; $A^{(3)}$ – от 15,83 до 39,14 часов.

Поскольку интервалы времени разработки альтернатив пересекаются, то в данном примере для выбора наилучшей альтернативы ПО применяется метод Чью–Парка, позволяющий каждому трапециевидному числу поставить в соответствии четкое число:

$$\begin{aligned}
 \text{Ср}(T^{(1)}) &= 66,19; \quad \text{Ср}(T^{(2)}) = 57,09; \\
 \text{Ср}(T^{(3)}) &= 64,05.
 \end{aligned}$$

Таким образом, наилучшей альтернативой ПО является альтернатива $A^{(1)}$, за которой следует альтернатива $A^{(3)}$.

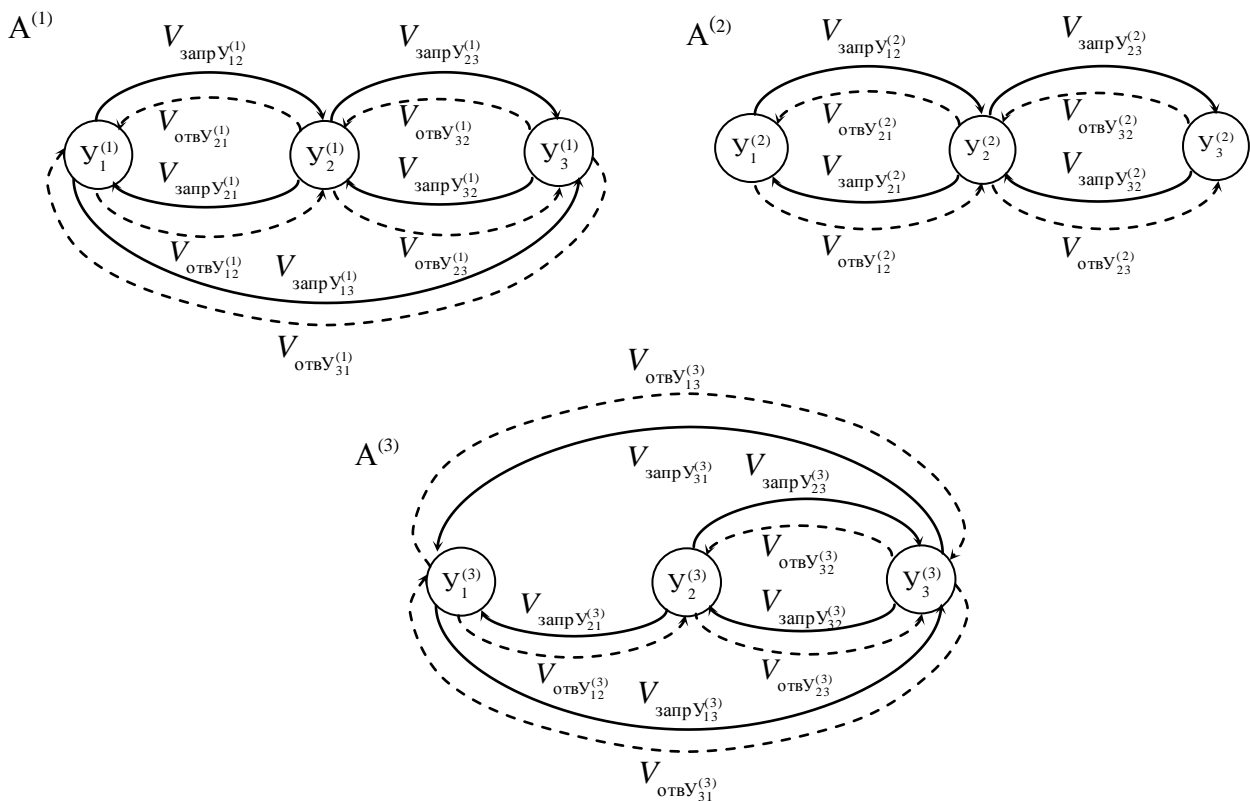


Рис. 3. Альтернативы создания программного обеспечения в виде орграфа

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложен подход к оценке рисков создания ПО ИУС, в основе которого лежит расчет времени, затрачиваемого на проектирование устройств каждой альтернативы, а также выбор приемлемой альтернативы для дальнейшего создания ПО с применением аппарата интервальной арифметики.

Предлагаемый подход позволит сократить управленческие ошибки, принимаемые руководителем проекта в условиях интервальной неопределенности исходных данных, тем самым, повысить безопасность функционирования ИУС, важных для безопасности на высокорисковых промышленных предприятиях, а также формализовать процедуру оценки рисков создания ПО, что делает ее возможным реализовать в виде программной компоненты.

Данный подход к оценке рисков создания ПО ИУС опробован в инновационно-технологическом центре «Ядерная энергетика» ЮФУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Документ NS-R-1** Безопасность атомных электростанций: проектирование. Требования. Вена: МАГАТЭ, 2003. 92 с. [[IAEA Safety Standards Series NS-R-1. Safety of Nuclear Power Plants: Design. Vienna, 2008.]]
2. **Коробкин В. В., Колоденкова А. Е.** Один из подходов к оценке безопасности и рисков информационно-управляющих систем для атомных станций // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014: труды [Электронный ресурс]. URL: <http://vspu2014.ipu.ru/node/8581.pdf> (дата обращения: 15.09.2014). [[V. V. Korobkin and A. E. Kolodenkova (2014, Sep. 09). *One of the approaches to an estimation of safety and risks information-operating systems for nuclear power plants* [Online]. Available: <http://vspu2014.ipu.ru/node/8581.pdf>]]
3. **Ершов Г. А., Козлов Ю. И., Солодовников А. С., Можяев А. С.** Оценка безопасности атомных энергетических объектов на стадии проектирования. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.szma.com/art36.pdf> (дата обращения: 15.09.2014). [[G. A. Ershov, U. I. Kozlov, A. S. Solodovnikov, and A. S. Mozhaev (2014, Sep. 09), *Estimation of safety of nuclear power objects at a design stage* [Online]. Available: <http://www.szma.com/art36.pdf>]]
4. **Бахметьев А. М., Былов И. А., Звягин Е. А., Абрамов Л.** Программно-методическое обеспечение для вероятностного анализа безопасности объектов энергетики при разработке и эксплуатации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nntu.ru/trudy/2012/03/136-142.pdf>. (дата обращения: 15.09.2014). [[A. Bakhmeyev, I. Bylov, E. Zvyagin, and L. Abramov (2014, Sep. 09). *Methods and software for power utilities probabilistic safety assessment under design and operating* [Online]. Available: <http://www.nntu.ru/trudy/2012/03/136-142.pdf>]]
5. **Колоденкова А. Е.** Один из подходов к оценке безопасности и рисков информационно-управляющих систем для атомных станций Стохастическая парадигма учета неопределенности в задачах оценки жизнеспособности проектов // Проблемы управления и моделирования в сложных

системах: XV Междунар. конф. (Самара, 25–28 июня 2013): тр. конф. Самара: Самарский научный центр РАН, 2013. С. 433–438. [[A. E. Kolodenkova, “Stochastic paradigm of the uncertainty treatment in problems of projects viability estimation,” (in Russian), in *Proc. XV Int. Conference Complex System: Control and Modeling Problems (CSCMP-2013)*, Samara, Russia, 2013, pp. 433-438.]]

6. **Алимов Ю. И.** Альтернатива методу математической статистики. М.: Знание, 1980. 63 с. [[U. I. Alimov, *Alternative to a method of mathematical statistics*, (in Russian). Moscow: Znanie, 1980.]]

7. **Аншин В. М., Демкин И. В., Никонов И. М., Царьков И. Н.** Применение теории нечетких множеств к задаче формирования портфеля проектов // Проблемы анализа риска. 2008. Т. 5. № 3. С. 8–21. [[V. M. Anshin, I. V. Dyomkin, I. N. Tsarkov, and I. M. Nikonov, “On application of fuzzy set theory to the problem of project portfolio selection,” (in Russian), in *Problems of the analysis of risk*, vol. 5, no. 3, pp. 8-21, 2008.]]

ОБ АВТОРАХ

КОЛОДЕНКОВА Анна Евгеньевна, доц. каф. технологии машиностроения. Дипл. инж.-с/техн. по АСОИУ (УГАТУ, 2004). Канд. техн. наук (УГАТУ, 2007). Иссл. в обл. атомн. энергетики, прогр. инженерии, сист. анализа.

METADATA

Title: Risk assessment software information and control systems for high-risk industrial enterprises in terms of interval of initial data vagueness

Authors: A. E. Kolodenkova

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: anna82_42@mail.ru.

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 19, no. 1 (67), pp. 171-178, 2014. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: Provides an overview of the methods and techniques of soft computing for risk assessment in software development information and control systems for high-risk industrial enterprises. To solve this problem the authors propose an approach based on the comparison of different variants of software development with use of interval arithmetic. The criterion of selecting the most appropriate options for creating software is the total time spent to create alternatives. The proposed approach allows to increase the validity of the decision on the possibility of implementation of a project to create software information and control systems and to reduce the risk of an unsuccessful completion.

Key words: soft computing; alternative software development; design process; interval arithmetic; interval uncertainty.

About the author:

KOLODENKOVA, Anna Evgenievna, Associate professor, Dept. of Mechanical engineering technology. Dipl. engineer system analyst of ASIPM (UGATU, 2004). Cand. of Tech. Sci. (UGATU, 2007).