

Раздел I. Информационные технологии и защита информации

УДК 004.054; 519.81

DOI 10.18522/2311-3103-2016-8-414

В.В. Коробкин, А.Е. Колоденкова, А.П. Кухаренко

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРЕЦЕДЕНТОВ НА ЭТАПЕ ПРЕДПРОЕКТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ СНИЖЕНИЯ РИСКОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ*

Подчеркивается, что для обеспечения безопасности и функционирования программного обеспечения распределенных информационно-управляющих систем (ПО РИУС) необходимо в начале жизненного цикла ПО РИУС проводить предпроектные исследования, одной из задач которого является выявление, анализ рисков и выработка критериев управления рисками в условиях неполных, нечетких исходных данных. Рассматриваются ключевые понятия, используемые при создании ПО РИУС, а также основные причины отсутствия единого понимания категории риска, методического подхода к определению факторов, обуславливающих возникновение риска и общепринятых методов оценки рисков. Приводится обобщенная схема управления проектными рисками при создании ПО РИУС с подробным описанием каждого этапа управления. Для снижения риска на этапе предпроектного исследования при создании ПО РИУС предлагается использовать метод прецедентов, который позволяет повысить качество и эффективность полученных решений при разработке новых проектов путем адаптации решений, которые использовались ранее в аналогичных ситуациях. Предлагается модель снижения риска на этапе предпроектного исследования при создании ПО РИУС с использованием метода прецедентов, а также физическая модель базы прецедентов в нотации IDEF1X. Для корректного извлечения прецедентов из базы прецедентов предлагается метод «ближайшего соседа». Рассматривается небольшой пример применения метода прецедентов при создании ПО РИУС, позволяющий руководителям проекта выбирать приемлемые альтернативы проектирования ПО в условиях, когда невозможно или не целесообразно построение математических моделей с применением разработанной авторами программной системы.

Распределенная информационно-управляющая система; предпроектные исследования; проектные риски; неопределенность исходных данных; метод прецедентов.

V.V. Korobkin, A.E. Kolodenkova, A.P. Kuharenko

APPLICATION OF THE METHOD OF PRECEDENTS FOR PRE-DESIGN STUDY IN ORDER TO REDUCE THE RISK IN DESIGN SOFTWARE DISTRIBUTED INFORMATION-CONTROL SYSTEMS

It is emphasized that for the safety and operation of the software distributed information-control systems (software DICS) it is necessary at an early stage of the life cycle design (creation) of software DICS to conduct a pre-investigation, one of the tasks of which is to identify and analyze risks and develop the criteria for risk management in the condition of single-parent, interval uncertainty initial data. We consider the key concepts used in creating of software DICS, as well as the main reasons for the lack of a common understanding of the risk categories, methodical

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-08-06129 А.

approach to determining the factors causing the occurrence of risk and generally accepted risk assessment techniques. We present a generalized scheme of project risk management software for creating the DICS with a detailed description of each stage of the management. To reduce the risk at the stage of pre-project studies in creating the DICS software it is proposed to use the method of precedents that can improve the quality and efficiency of the solutions in the development of new projects by adapting solutions that have been used previously in similar situations. Proposed is the model of risk reduction at the stage of pre-project studies in creating the DICS software using the method of precedents, as well as the physical model of the precedents database in IDEFIX notation. To correctly extract the precedents from the database the "nearest neighbor" method is offered. We consider a small example of the method of precedents application in creating the DICS software, which allows the project managers to choose acceptable alternatives to software development in the conditions when it is impossible or not advisable to construct mathematical models with application of the program system developed by authors.

Distributed information-control systems; pre-design study; project risks; uncertainty initial data; method of precedents.

Введение. Управление процессом проектирования ПО РИУС с учетом возможных рисков [1] представляет собой одну из сторон проекта разработки систем, которая непосредственно влияет на конечный успех ее создания и представляет собой достаточно сложную задачу, качественное решение которой обеспечивает основу управления процессом проектирования и гарантирует, что после завершения разработки система будет полностью удовлетворять потребностям заказчика [2]. Выявление рисков и управление ими на этапе предпроектных исследований позволяет свести к минимуму предпосылки появления аварийных ситуаций на сложных технических объектах, в которых применяются РИУС, а также повысить надежность и безопасность функционирования ПО РИУС [3–6].

В связи этим на в самом начале жизненного цикла ПО РИУС важная роль отводится предпроектным исследованиям, одной из задач которых является выявление, анализ рисков и выработка критериев управления рисками в условиях интервальных, нечетких исходных данных [7].

Управление рисками – ключ к успеху проекта по созданию ПО РИУС. Под *проектными рисками* понимаются риски, связанные с ошибками календарного планирования, проблемой обеспеченности необходимыми кадрами, изменением исходных требований, принятием проектных решений, сроков и объема выделяемых ресурсов на проектирование.

Отметим, что на сегодняшний день не существует единого понимания категории риска, методического подхода к определению факторов, обуславливающих возникновение риска и общепринятых методов оценки рисков. Причинами такого отсутствия являются [8–12]:

- 1) особенности предметной области, поскольку функционирование сложных технических объектов происходит в трудно формализуемых условиях, для которых создание ПО РИУС является крайне затруднительным;
- 2) разнообразии факторов внутренней и внешней среды проекта, которые приводят либо к ухудшению основных качественных показателей проектируемого ПО, либо к превышению бюджетного ассигнования и/или нарушению сроков осуществления проекта по созданию ПО РИУС, либо к его провалу;
- 3) различная степень доверия руководителей проекта к количественным и качественным способам оценки факторов риска.

Далее рассматривается обобщенная схема управления проектными рисками (рис. 1).

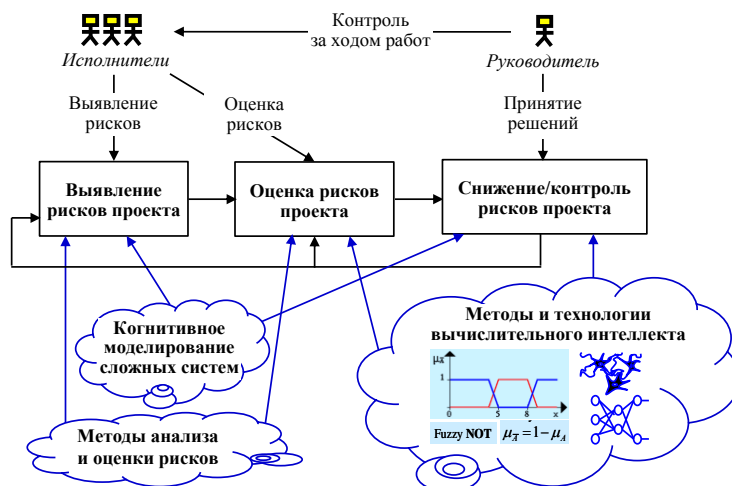


Рис. 1. Обобщенная схема управления проектными рисками при создании ПО РИУС

Под *управлением проектными рисками* понимается принимаемый комплекс мер, направленных на своевременное выявление, анализ, оценку и предупреждение событий случайного и непредсказуемого характера, особенно в условиях интервальных, нечетких исходных данных, способных прервать приемлемый ход выполнения проекта.

На рис. 1 выделены следующие этапы управления проектными рисками:

1. *Выявление (анализ) рисков проекта.* Осуществляется выявление полного перечня проектных рисков, способных повлиять на успех проекта при создании ПО РИУС.
2. *Оценка рисков проекта.* Формирование качественных и количественных показателей риска, на основе которых будут базироваться управленческие решения.
3. *Снижение/контроль рисков проекта* за счет разработки новых подходов.

Любой руководитель в процессе выполнения проекта по созданию ПО РИУС анализирует ситуацию в целом, накапливает знания, навыки в управлении проектами, а также вспоминает, какие решения принимались ранее в подобных ситуациях (часто непосредственно использует эти решения, либо, при необходимости, адаптирует их к обстоятельствам, изменившимся для конкретной проблемы). В связи с этим целесообразным является применение *метода прецедентов* (*Case-Based Reasoning, CBR-метод*) [13]. 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. К основным преимуществам *CBR-метода* можно отнести улучшение работы за счет использования прежнего опыта подобных ситуаций, и приспособивая их к новым проблемам, тем самым, исключая возможность получения повторного ошибочного решения.

Метод прецедентов активно применяется для решения задач планирования, оценки, диагностики, проектирования и подбора персонала в таких областях, как юриспруденция, медицинская диагностика, мониторинг и диагностика технических систем, электронная коммерция, авиация, атомная энергетика, поиск решения в проблемных ситуациях и др. [14–17].

Метод прецедентов для снижения рисков при создании ПО РИУС в условиях неопределенности. Для снижения рисков на этапе предпроектных исследований при создании ПО РИУС предлагается модель с использованием методов прецедентов, представленная на рис. 2 [7].

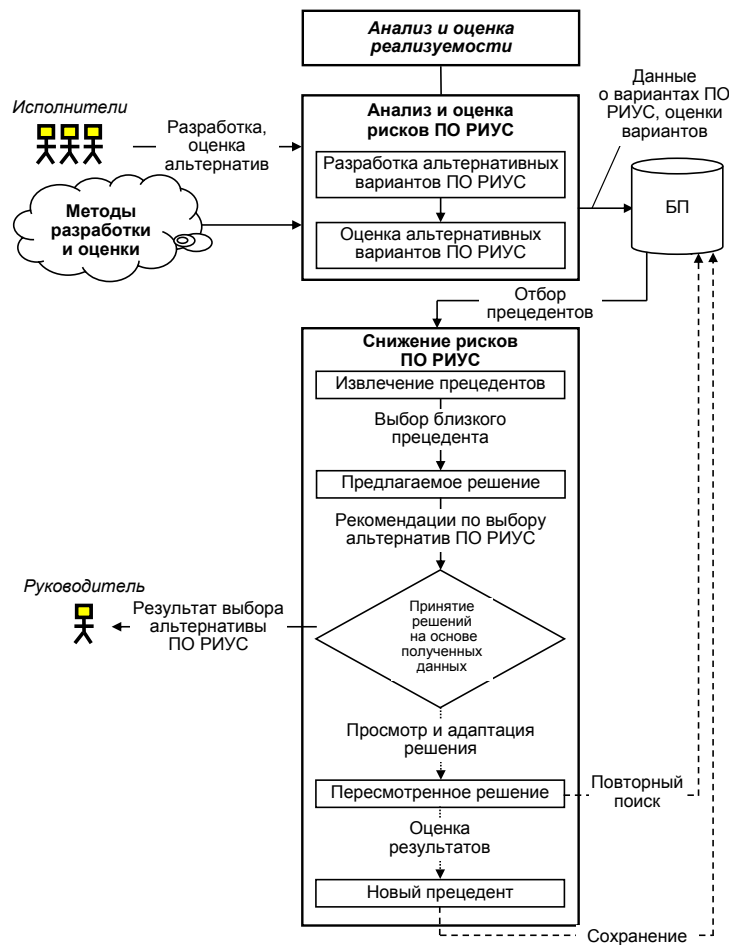


Рис. 2. Модель снижения рисков на этапе предпроектного исследования при создании ПО РИУС с использованием метода прецедентов

Из рис. 2 видно, что этап анализа и оценки рисков ПО РИУС выполняется исполнителями для руководителя с целью выбора наилучшей альтернативы разработки ПО. Здесь исходные данные для оценки реализуемости могут быть представлены в виде как интервальных, так и точных значений. Важно подчеркнуть, что на данном этапе существует необходимость нормализации исходных данных, которая обусловлена тем, что их численные значения отличаются единицами измерения и порядком величин, что затрудняет дальнейшие операции с ними.

На следующем этапе (снижение рисков ПО РИУС) выполняется поиск решения на основе прецедентов, заключающийся в определении меры сходства текущей ситуации (S) с прецедентами (P) из базы прецедентов (БП) и последующим их извлечением с целью определения возможных решений.

Прецедент в задаче выбора наилучшего альтернативного варианта создания ПО РИУС представлен в виде набора параметров с конкретными значениями и решением:

$$\text{Прецедент} = (x_1, x_2, \dots, x_n, R),$$

где x_1, x_2, \dots, x_n – параметры ситуации, описывающей данный прецедент ($x_i \in X_i, i = \overline{1, n}$); n – количество параметров для описания прецедента; R – результат (решение) или рекомендации руководителю проекта. Причем может присутствовать дополнительная информация по найденному результату, например, рекомендуемые и принятые мероприятия по устранению отставания проекта от графика.

Заметим, что руководитель проекта может принять решение либо отказаться от анализируемого варианта создания ПО РИУС, либо сформировать новые альтернативные варианты. Состояние проектов по созданию ПО РИУС можно охарактеризовать следующими типами параметров: временем выполнения проекта; стоимостью проекта; сроком окупаемости; вероятностью успеха проекта, надежность программных средств и др. При этом каждому параметру руководитель назначает вес (w_1, \dots, w_n), определяющий его важность.

Для успешной реализации рассуждений на основе прецедентов необходимо обеспечить корректное извлечение прецедентов из БП. Для извлечения прецедентов используется метод «ближайшего соседа» [18], алгоритм которого состоит из семи шагов [15, 19].

Входными данными является БП с множеством прецедентов NP ; текущая ситуация S ; весовые коэффициенты W_n параметров проекта. Выходными данными является множество отобранных на основании алгоритма прецедентов LP .

Шаг 1. Если множество непросмотренных NP прецедентов не пусто, выбирается очередной прецедент P из БП и переходим к шагу 2. Иначе переходим к шагу 7.

Шаг 2. Вычисляется расстояние d_{PS} [14] между прецедентом P и текущей ситуацией S , с помощью соответствующей метрики $f(x^S, x^P)$, учитывая весовые коэффициенты W для каждого параметра:

- ♦ евклидова метрика $d_{PS} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i^P - x_i^S)^2}$,
- ♦ расстояние Чебышева $d_{PS} = \max_i |x_i^P - x_i^S|$,
- ♦ квадрат евклидова расстояния $d_{PS} = \sum_{i=1}^n (x_i^P - x_i^S)^2$,

где x_i^P – значение i -го параметра прецедента P ; x_i^S – значение i -го параметра текущей ситуации S , ($i = \overline{1, n}$).

Здесь $x^P = (x_1^P, x_n^P)$ и $x^S = (x_1^S, x_n^S)$ – векторы параметров соответственно прецедента и текущей ситуации; $W = w_1, \dots, w_n$ – вектор весовых коэффициентов; n – количество параметров в прецеденте.

В случае отсутствия значения параметра x_i^P в прецеденте вычисление продолжается с учетом, что $x_i^P = x_i^S$. Если же отсутствует значения параметра x_i^S в текущей, то вычисления проводятся, учитывая, что $x_i^S = \max\{(x_i^{\max} - x_i^P), (x_i^P - x_i^{\min})\}$, где x_i^{\max} , x_i^{\min} – границы параметра прецедента.

Шаг 3. Вычисляется максимальное возможное расстояние для всех прецедентов d_{\max} с помощью соответствующей метрики $f(x^{\max}, x^{\min})$, где $x^{\max} = (x_1^{\max}, x_n^{\max})$ и $x^{\min} = (x_1^{\min}, x_n^{\min})$ – векторы граничных значений для параметров; n – количество параметров в прецеденте.

Шаг 4. Вычисляется мера сходства между текущей ситуацией S и прецедентом P : $S(P, S) = 1 - \frac{d_{PS}}{d_{\max}}$.

Шаг 5. Если $S(P, S) \geq K$ (где K – пороговое значение), то добавляется прецедент P в список LP .

Шаг 6. Переходим к шагу 1.

Шаг 7. Конец алгоритма.

В качестве результата данного этапа руководитель получает набор аналогов, упорядоченных в соответствии с мерой сходства описаний. Руководствуясь этим набором, руководитель получает возможность ознакомиться с перечнем рекомендаций по выбору альтернативных вариантов ПО РИУС и на основании этих сведений и своих личных знаний и опыта принять решение о ее выборе.

В случае отсутствия подобной ситуации в БП руководитель принятое решение может пересмотреть, тем самым осуществить повторный поиск прецедента с учетом внесенных изменений либо сохранить его в БП в качестве нового прецедента, что может быть полезным в дальнейшем при решении аналогичных задач.

На рис. 3 представлена физическая модель базы прецедентов в нотации *IDEF1X*. Сущность «*Прецедент*» содержит данные о прецедентах. Сущность «*Параметры*» содержит значения параметров. Данная сущность является зависимой, поскольку каждое значение параметра характеризует конкретный экземпляр прецедента. Сущность «*Руководитель*» содержит данные о руководителе. Сущность «*Характеристики параметра*» содержит данные об имеющихся типах параметров (времени выполнения проекта, стоимости проекта, времени окупаемости проекта, вероятности успеха проекта).

Связь «*Прецедент-Параметр*» показывает наличие у прецедента нескольких количественных параметров. Связь «*Характеристики параметра – Параметр*» показывает наличие у параметра характеристик. Связь «*Руководитель-Прецедент*» указывает на то, что у каждого проекта есть руководитель и является не идентифицирующей, из чего следует, что проект можно найти (идентифицировать), не зная данных о привязанном к нему руководителе.

Спроектированная БП соответствует третьей нормальной форме и требованиям, предъявляемым к ней с точки зрения использования в разрабатываемой программной системе. Также БП является легкорасширяемой, поскольку требуется минимум усилий для добавления очередного числового параметра к структуре прецедента. Для этого нужно только добавить его в БП, и после перезапуска программы пользователь может работать с текущим набором параметров.

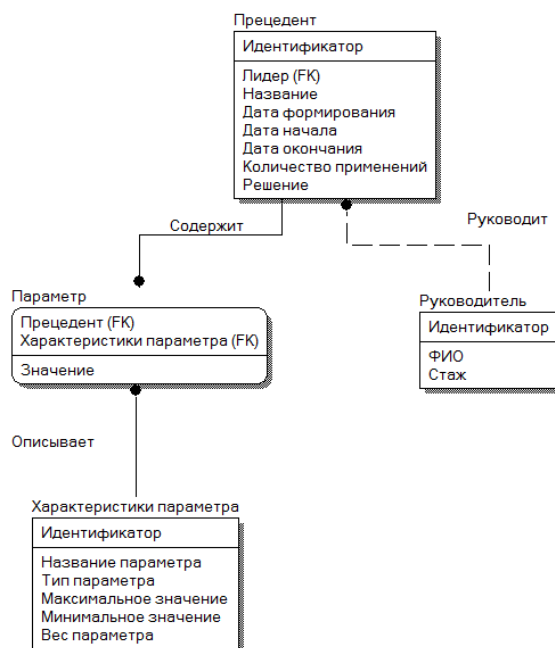


Рис. 3. Физическая модель базы прецедентов в нотации IDEF1X

Далее рассмотрим небольшой пример применения данного подхода с применением разработанной программной системы [20]. Сначала опишем новый прецедент, указав параметры (критерии оценки проекта) отбора прецедентов (поиска решений) (рис. 4), а затем выполним поиск аналогов. В целях сохранения коммерческой тайны, данные были предварительно изменены с сохранением пропорций.

Рис. 4. Фрагмент формы для задания параметров отбора прецедентов

Из рис. 4 видно, что руководитель проекта имеет возможность исключить один или несколько параметров из алгоритма выбора. В этом случае алгоритм выбора прецедентов будет основываться только на оставшихся параметрах. Заметим, что на рис. 4 представлен лишь фрагмент параметров отбора прецедентов, участвующих при поиске аналогов.

В результате найдено пять аналогий (рис. 5) с различными степенями сходства, полученными с учетом пороговой степени сходства. Наиболее приемлемым вариантом создания ИУС является проект 27, поскольку имеет наибольшую степень сходства – 73 %.

Название прецедента	Руководитель	Степень сходства (%)	Решение
Проект 36	Иванов К.Н.	65.03372003940639	Отставание
Проект 73	Иванов К.Н.	67.53267297710796	В срок
Проект 143	Петров В.К.	72.43641030709236	Отставание
Проект 27	Петров В.К.	73.23026008297077	В срок
Проект 152	Иванов К.Н.	69.4073002313883	Отставание

Время разработки проекта	238.0
Зарботная плата	40807.0
Срок окупаемости	689.0
Стартовые затраты	24309.0
Стоимость разработки проекта	155508.0
Число исполнителей	3

Рис. 5. Фрагмент формы вывода результатов

Руководитель проекта имеет возможность просмотреть решения, принятые по аналогичным проектам, в том числе и по проекту 27, и принять решение в условиях интервальных исходных данных.

Заключение. Таким образом, на раннем этапе жизненного цикла создания ПО ИУС необходимо проводить предпроектные исследования для выявления рисков и управления ими, что позволяет принять грамотные и экономически обоснованные управленческие решения. Для снижения рисков применяется метод прецедентов, позволяющий выбирать приемлемые альтернативы разработки ПО ИУС в условиях, когда невозможно или нецелесообразно построение математических моделей.

Результаты работы могут использоваться для оценки рисков перспективных ИУС и систем обработки информации для военной и специальной техники, предупреждения чрезвычайных ситуаций, обеспечения правопорядка и общественной безопасности, а также при разработке новых технологических решений и программных средств, представляющих собой сложные ИУС, где исходная информация является нечеткой и неполной.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТР 51901.1-2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем. ГОС СТАНДАРТ РОССИИ. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 28 с.
2. ИСО/МЭК 19760:2003 (ISO/IEC TR 19760). Проектирование систем. – Руководство по применению ISO/IEC 15288 (Процессы жизненного цикла системы). – Технорматив, 2005.
3. Колоденкова А.Е. Оценка рисков создания программного обеспечения информационно-управляющих систем для высокорисковых промышленных предприятий в условиях интервальной неопределенности исходных данных // Вестник УГАТУ. – 2015. – Т. 19, № 1. – С. 192-199.
4. Колоденкова А.Е. Оценка реализуемости создания программного обеспечения информационно-управляющих систем атомных станций при интервальном характере исходных данных // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2015. – № 4 (185). – С. 28-34.
5. Липаев В.В. Проблемы программной инженерии: качество, безопасность, риски, экономика // Программная инженерия. – 2010. – № 1. – С. 7-20.
6. Липаев В.В. Техничко-экономическое обоснование проектов сложных программных средств. – М.: СИНТЕГ, 2004. – 284 с.

7. Коробкин В.В., Колоденкова А.Е. Диагностика проектов по разработке программного обеспечения на основе использования прецедентов // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD-2013: Труды седьмой международной конференции. – М.: ИПУ РАН, 2013. – Т. 1. – С. 176-182.
8. Колоденкова А.Е. Предпроектные исследования по созданию информационно-управляющих систем атомных станций в условиях неопределенности // Глобальная ядерная безопасность. 2016. – № 1 (18). – С. 26-33.
9. Колоденкова А.Е. Комплексный подход к оценке рисков создания программного обеспечения информационно-управляющих систем для атомных станций // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2015. – № 2 (128). – С. 15-20.
10. Макконнелл С. Сколько стоит программный проект. – М.: Русская редакция, СПб.: Питер, 2007. – 297 с.
11. Архипенков С.Я. Лекции по управлению программными проектами. – М., 2009. – URL: http://www.arkhipenkov.ru/resources/sw_project_management.pdf (дата обращения 16.01.16).
12. Луцаев В.В. Программная инженерия. Методологические основы: учебник. – М.: ГУ-ВШЭ, ТЕИС, 2006. – 603 с.
13. Amotd A., Plaza E. Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches // AI Communications. – 1994. – Vol. 7. – P. 39-59.
14. Карпов Л.Е., Юдин В.Н. Методы добычи данных при построении локальной метрики в системах вывода по прецедентам. – М.: ИСП РАН, препринт № 18, 2006. – 42 с.
15. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений. – URL: <http://www.aidt.ru/images/documents/2009-02/45-57.pdf> (дата обращения 07.11.16).
16. Яшина Е.С., Лутай Л.Н. Планирование портфеля научно-технических проектов с использованием аналогичных технических и управленческих решений. – URL: <http://www.khai.edu/csp/nauchportal/Arhiv/REKS/2009/REKS309/Yashina.pdf> (дата обращения 07.11.16).
17. Rosina Weber, Michael Waller, June Verner, William Evancho. Predicting software development project outcomes. – URL: <http://www.pages.drexel.edu/~rw37/iccbr03.pdf> (дата обращения 07.11.16).
18. Anand S.S., Hughes J.G., Bell D.A. Utilising Censored Neighbours in Prognostication. Denmark: Workshop on Prognostic Models in Medicine, 1999. – P. 15-20.
19. Люгер Д.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 864 с.
20. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2016618078. Диагностика проектов по созданию информационно-управляющих систем на основе метода прецедентов при интервальной неопределенности / А.Е. Колоденкова, В.В. Коробкин, Е.А. Халикова. Зарег. 20.07.2016. – М.: Роспатент, 2016.

REFERENCES

1. GOSTR 51901.1-2002. Menedzhment riska. Analiz riska tekhnologicheskikh sistem. GOS STANDART ROSSII [The management of risk. Risk analysis of technological systems. STATE STANDARD of RUSSIA]. Moscow: IPK Izd-vo standartov, 2002, 28 p.
2. ISO/MEK 19760:2003 (ISO/IEC TR 19760). Proektirovanie sistem. Rukovodstvo po primeneniyu ISO/IEC 15288 (Protssy zhiznennogo tsikla sistemy) [ISO/IEC 19760:2003 (ISO/IEC TR 19760). Designing systems – Guidance on the application of ISO/IEC 15288 (life cycle Processes)]. Tekhnormativ, 2005.
3. Kolodenkova A.E. Otsenka riskov sozdaniya programmogo obespecheniya informatsionno-upravlyayushchikh sistem dlya vysokoriskovykh promyshlennykh predpriyatiy v usloviyakh interval'noy neopredelennosti iskhodnykh dannykh [Risk assessment of software security information-control systems for high-risk industrial enterprises in conditions of interval uncertainty of initial data], *Vestnik UGATU* [Vestnik USATU], 2015, Vol. 19, No. 1, pp. 192-199.
4. Kolodenkova A.E. Otsenka realizuemosti sozdaniya programmogo obespecheniya informatsionno-upravlyayushchikh sistem atomnykh stantsiy pri interval'nom kharaktere iskhodnykh dannykh [Assess implementation of creating software for information and control systems nuclear power plants at interval nature of the source data], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki* [University News. North-Caucasian Region. Technical Sciences Series], 2015, No. 4 (185), pp. 28-34.

5. Lipaev V.V. Problemy programmnoy inzhenerii: kachestvo, bezopasnost', riski, ekonomika [The problems of software engineering: quality, safety, risk, economy], *Programmnoy inzheneriya* [Software engineering], 2010, No. 1, pp. 7-20.
6. Lipaev V.V. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie proektov slozhnykh programmnykh sredstv [Feasibility study of complex software projects]. Moscow: SINTEG, 2004, 284 p.
7. Korobkin V.V., Kolodenkova A.E. Diagnostika proektov po razrabotke programmno obespecheniya na osnove ispol'zovaniya pretsedentov [Diagnostics projects for software development based on the use of precedents], *Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnykh sistem MLS-D-2013: Trudy sed'moy mezhdunarodnoy konferentsii* [Management of large-scale systems development MLS-D-2013: proceedings of the seventh international conference]. Moscow: IPU RAN, 2013, Vol. 1, pp. 176-182.
8. Kolodenkova A.E. Predproektnye issledovaniya po sozdaniyu informatsionno-upravlyayushchikh sistem atomnykh stantsiy v usloviyakh neopredelennosti [Exploratory researches in creating information-control systems for nuclear power plants under uncertainty], *Global'naya yadernaya bezopasnost'* [Global nuclear safety], 2016, No. 1 (18), pp. 26-33.
9. Kolodenkova A.E. Kompleksnyy podkhod k otsenke riskov sozdaniya programmno obespecheniya informatsionno-upravlyayushchikh sistem dlya atomnykh stantsiy [Complex approach to an assessment risks creation of the software development information and control systems for nuclear power plants], *Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologiy* [Herald of computer and information technologies], 2015, No. 2 (128), pp. 15-20.
10. Makkonnell S. Skol'ko stoit programmnyy proekt [How much is a software project]. Moscow: Russkaya redaktsiya, St. Petersburg: Piter, 2007, 297 p.
11. Arkhipenkov S.Ya. Lektsii po upravleniyu programmnyimi proektami [Lectures on software project management]. Moscow, 2009. Available at: http://www.arkhipenkov.ru/resources/sw_project_management.pdf (accessed 16 January 16).
12. Lipaev V.V. Programmnoy inzheneriya. Metodologicheskie osnovy: uchebnik [Software Engineering. Methodological bases: Textbook]. Moscow: GU-VShE, TEIS, 2006, 603 p.
13. Amodt A., Plaza E. Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches, *AI Communications*, 1994, Vol. 7, pp. 39-59.
14. Karpov L.E., Yudin V.N. Metody dobychi dannykh pri postroenii lokal'noy metriki v sistemakh vyvoda po pretsedentam [Data mining techniques in constructing local metrics in the systems output by precedents]. Moscow: ISP RAN, Preprint No. 18, 2006, 42 p.
15. Varshavskiy P.R., Ereemeev A.P. Modelirovanie rassuzhdeniy na osnove pretsedentov v intellektual'nykh sistemakh podderzhki prinyatiya resheniy [Modeling of reasoning on the basis of precedents in intellectual systems of decision support]. Available at: <http://www.aidt.ru/images/documents/2009-02/45-57.pdf> (accessed 07 November 16).
16. Yashina E.S., Lutay L.N. Planirovanie portfelya nauchno-tekhnicheskikh proektov s ispol'zovaniem analogichnykh tekhnicheskikh i upravlencheskikh resheniy [Planning portfolio of research projects using similar technical and managerial solutions]. Available at: <http://www.khai.edu/csp/nauchportal/Arhiv/REKS/2009/REKS309/Yashina.pdf> (accessed 07 November 16).
17. Rosina Weber, Michael Waller, June Verner, William Evanco. Predicting software development project outcomes. Available at: <http://www.pages.drexel.edu/~rw37/icbr03.pdf> (accessed 07 November 16).
18. Anand S.S., Hughes J.G., Bell D.A. Utilising Censored Neighbours in Prognostication. Denmark: Workshop on Prognostic Models in Medicine, 1999, pp. 15-20.
19. Lyuger D.F. Iskusstvennyy intellekt: strategii i metody resheniya slozhnykh problem [Artificial intelligence: strategies and methods for solving complex problems]. Moscow: Izdatel'skiy dom «Vil'yams», 2003, 864 p.
20. Kolodenkova A.E., Korobkin V.V., Khalikova E.A. Svid. ob ofits. reg. programmy dlya EVM № 2016618078. Diagnostika proektov po sozdaniyu informatsionno-upravlyayushchikh sistem na osnove metoda pretsedentov pri interval'noy neopredelennosti [The certificate of official registration program for computer No. 2016618078. Diagnosis of projects on creation of information management systems based on the precedent method under interval uncertainty] Higher 20.07.2016. Moscow: Rospatent, 2016.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор И.И. Левин.

Коробкин Владимир Владимирович – НИИ МВС ЮФУ; e-mail: vvk@niimvs.ru; г. Таганрог, ул. Чехова, 2; к.т.н.; главный конструктор по направлению; зав. лабораторией.

Кухаренко Анатолий Павлович – e-mail: ss@mvs.sfedu.ru; к.т.н.; доцент; заместитель директора НИИ МВС ЮФУ.

Колоденкова Анна Евгеньевна – Уфимский государственный авиационный технический университет; e-mail: anna82_42@mail.ru; 450008, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12; тел.: +73472730763; кафедра технологии машиностроения; к.т.н.; доцент.

Korobkin Vladimir Vladimirovich – Academician A.V. Kalyaev SRI multiprocessor computer system at Southern Federal University; e-mail: vvk@niimvs.ru; 2, Chekhov street, Taganrog, Russia; cand. of eng. sc.; chief designer in the direction; head laboratory.

Kukharenko Anatoly Pavlovich – e-mail: ss@mvs.sfedu.ru; cand. of eng. sc.; associate professor; deputy director Scientific Research Institute of Multiprocessor Computer Systems.

Kolodenkova Anna Evgen'evna – Ufa State Aviation Technical University; e-mail: anna82_42@mail.ru; 12, K. Marksa street, Ufa, 450008, Russia; phone: +73472730763; the department of engineering technology; cand. of eng. sc.; associate professor.

УДК 681.3.014

DOI 10.18522/2311-3103-2016-8-1426

С.В. Скороход, Н.Ш. Хусаинов**ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДСТВ JPWL В УСЛОВИЯХ КОРРЕКЦИИ ПАКЕТНЫХ ОШИБОК ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ВИДЕО В ФОРМАТЕ JPEG 2000***

Рассматривается задача передачи видео в формате jpeg 2000 с применением средств помехоустойчивого кодирования JPWL по зашумленному каналу в условиях возникновения пакетных ошибок. Основная проблема – восстановление потерянного пакета данных средствами JPWL. Поставлена задача проведения экспериментального исследования способности средств JPWL корректировать пакетные ошибки. Методика исследования заключается в моделировании передачи защищенного средствами JPWL видео, состоящего из 1000 кадров одного и того же изображения размером 1024x768 пикселей. Варьируемыми параметрами исследования являются: применяемые для защиты коды Рида-Соломона, количество тайлов изображения, процент потерь RTP пакетов. Рассматривается стандартный вариант защиты и комбинация стандартного варианта с алгоритмом чередования. Конечными результатами эксперимента выступают среднее значения процента полностью и частично восстановленных тайлов от количества тайлов в кодовом потоке. Описан разработанный для проведения исследования программный комплекс, в который включаются кодер и декодер JPWL, средства разбиения кодового потока на RTP пакеты, средства моделирования пакетных потерь, средства сборки кадров из RTP пакетов. Описаны укрупненная схема функционирования кодера и декодера JPWL. Предложен метод чередования кодового потока, предназначенный для повышения его устойчивости к пакетным ошибкам. В процессе исследования выдвинуты две гипотезы, которые были подтверждены полученными экспериментальными результатами. Гипотеза 1: стандартные средства JPWL не способны корректировать пакетные ошибки. Гипотеза 2: стандарт-

* Работа выполнена в рамках выполнения базовой части государственного задания "Информационно-алгоритмическое обеспечение систем цифрового управления, автономной высокоточной навигации и технического зрения для перспективных летательных аппаратов: разработка теоретических основ проектирования, алгоритмов, способов эффективной и надежной программной реализации, использование высокопроизводительной вычислительной инфраструктуры для экспериментального моделирования".