



О.А. СЛАБОСПИЦКАЯ, Г.И. КОВАЛЬ

УДК 681.3.06, 519.584

**ИНТЕГРИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ
РИСКАМИ ПРОГРАММНЫХ ПРОЕКТОВ**

Ключевые слова: *программная система, процесс разработки, риск проекта, цикл снижения рисков, задача оценивания, задача управления риском, дерево ценности, обоснованность экспертного решения.*

Введение. Начиная с 1980-х годов, в технологии программирования сформировалось отдельное направление — разработка программного продукта за счет формального аппарата его спецификации и проектирования. Значительный вклад в его развитие внесли чл.-кор. НАН Украины Е.Л. Ющенко и ее коллеги [1]. Но управление программными проектами все еще оставалось искусством практиков, не являясь предметом научных исследований.

В современных проектах сложных распределенных программных систем (ПС) даже мощный аппарат теоретического программирования, развитый на основе результатов Е.Л. Ющенко, может быть эффективным только при развертывании в организации-исполнителе процесса упреждающего, полноаспектного и непрерывного управления рисками бизнес-среды проектов [2, 3]. Именно он способен обеспечить своевременное выявление нештатных ситуаций в проектах и процессах жизненного цикла (ЖЦ) ПС и принятие для них обоснованных, информационно преемственных и ресурсно сбалансированных решений. Он перспективен и для совершенствования процессов ЖЦ и их продуктов, декларируемого современной парадигмой качества ПС [2], — при интеллектуализации адекватными функциями и формальными средствами.

Создание технологии процесса интеллектуального управления рисками (ПИР), интегрирующей эти новые функции и традиционные функции ПИР [4], составляет цель работы. Для ее достижения решена задача интеграции в ПИР процесса экспертного оценивания в ЖЦ ПС — основного конструкта экспертного оценивания в программной инженерии [5], развиваемого авторами под руководством Е.М. Лаврищевой.

Основы технологии. Сопоставляя особенности программных проектов (фиксированный круг концептуально разных точек зрения участников на проблему, ограничения коммуникации, итеративные и гибкие методологии разработки ПС, неклассические модели организационной структуры и ЖЦ ПС) с требованиями мощности и зрелости процессов ЖЦ ПС в организации-исполнителе, можно определить новые функции ПИР:

Ф₁ — формирование единой информационной среды процесса разработки ПС для эффективной коммуникации его агентов;

Ф₂ — создание условий повышения эффективности индивидуальной и коллективной деятельности этих агентов в сформированной среде;

Ф₃ — накопление и эффективное использование опыта разработки ПС для постоянного совершенствования процессов ЖЦ ПС.

© О.А. Слабоспицкая, Г.И. Коваль, 2009

Анализ подходов к обработке рисков программных проектов — от конструкторов Software Engineering Institute (SEI), таких как Software Risk Evaluation Method (SRE) [2, 3, 5–7] и Software Risk Management (SRM) [4] до «авторских» методов [6–9] — проясняет их методологические и ресурсные ограничения при выявлении, снижении и нейтрализации последствий рисков [4]. Он также демонстрирует предпочтительность SRE и SRM для поддержки этих традиционных функций ПИР и потребность в адекватном развитии для интеграции с ними функций Φ_1 – Φ_3 . Поэтому технология ПИР формируется на основе SRE и принципов управления рисками (PR) в SRM.

Интеграция функций Φ_1 – Φ_3 и традиционных функций ПИР использует:

а) определение риска проекта (RD) как отличия реального состояния целей организации-исполнителя от ожидаемого, предложенное ISO/IEC [10];

б) дисциплину управления рисками в методологии Microsoft Solution Framework [11];

в) конструкторы математического аппарата экспертного оценивания в ЖЦ ПС – постановки задачи экспертного оценивания (Z_1), технологическая модель (EM) и методы (ET) процесса экспертного оценивания (ПЭО) [5].

Технологическая модель ПЭО — это кортеж

$$EM = \langle AX, AG, EE, ECM \rangle, EE = O \cup R, \quad (1)$$

где AX — аксиомы о задании типов целей процесса разработки ПС и оцениваемых объектов с их характеристиками в корпоративной концепции его предметной области (ПЖЦ), а также о реализации в ЖЦ ПС фаз накопления опыта (при фиксации концепции ПЖЦ) и его реализации (при ее пересмотре); AG — типовый состав ролей агентов процесса разработки ПС [2]; EE — информационная среда ПЭО в составе онтологии O знаний о ПЖЦ и ретроспективы R результатов решения задач оценивания в постановке Z_1 , структурированных в виде протоколов оценивания $ep(Z_1)$, введенных в [5]; ECM — подмодель координации операций выполнения ПЭО [5].

Модель EM (1) определяет ПЭО как пополняемую систему унифицированных подпроцессов. Они реализуют акты экспертного решения задачи Z_1 при заданных начальных данных на фазах фиксации концепции ПЖЦ в соответствующей ей среде EE . При этом формируется система экспертиз, информационно взаимосвязанных для оцениваемых объектов: многократно контролируемых в ЖЦ ПС; связанных аналогиями и отношениями классификации; обладающих связанными оцениваемыми характеристиками.

На четырех этапах подпроцесса технологические процедуры оценивания продуцируют промежуточные результаты решения задачи Z_1 и ее окончательное решение в протоколе $ep(Z_1)$ с помощью методов оценивания (MF), обеспечивающих постоянное повышение формализованной обоснованности оценок [5]. Одновременно концепция ПЖЦ пополняется элементами этих результатов, интерактивно вводимыми в процедурах ее актуализации (методами MA). Предусматривается также процедура пересмотра EE по результатам экспертиз (на фазах реализации опыта разработки ПС). Перечисленные процедуры выполняют соответствующие операции ПЭО, взаимосвязи которых формализованы в модели координации ECM из (1).

Предложенная для ПЭО модель (1) обеспечивает:

а) сопоставление ролевых взглядов агентов процессов ЖЦ на задачи Z_1 ;

б) учет уровня их информированности об оцениваемых объектах;

в) повторное использование знаний всеми агентами всех подпроцессов;

г) постоянное повышение обоснованности получаемых оценок.

Именно они допускают интеллектуальное управление рисками как поддержку новых функций Φ_1 – Φ_3 за счет интеграции ПЭО в ПИР.

Описание технологии ПИР. Построена технологическая модель (RM) и определены процедуры как совокупности человеко-машинных действий агентов AG по реализации операций RM в среде EE (см. (1)). Модель RM сформирована на основе модели EM (1) для ПЭО с помощью:

- декомпозиции каждого из шести шагов управления рисками в дисциплине MSF [11] на два уровня: проекта разработки ПС и организации;
- введения операций формирования инфраструктуры ПИР в организации;
- технологической детализации фаз SRE [2, 3, 7] согласно модели ПЭО (1);
- пополнения методов ПЭО $ET = MF \cup MA$ постановками задач управления риском (Z_2-Z_5) и методами их решения, описанными ниже.

Полученная модель на рис. 1 представлена последовательностью циклов снижения рисков проектов: от их выявления до коррекции плана управления по результатам цикла и сохранения приобретенного опыта в среде EE . Циклы взаимосвязаны на уровнях проекта и организации унифицированными операциями управления рисками, которые интегрируют операции ПЭО. Взаимосвязи операций задаются подмоделями их координации: RCM — для ПИР и ECM из формулы (1) — для ПЭО.

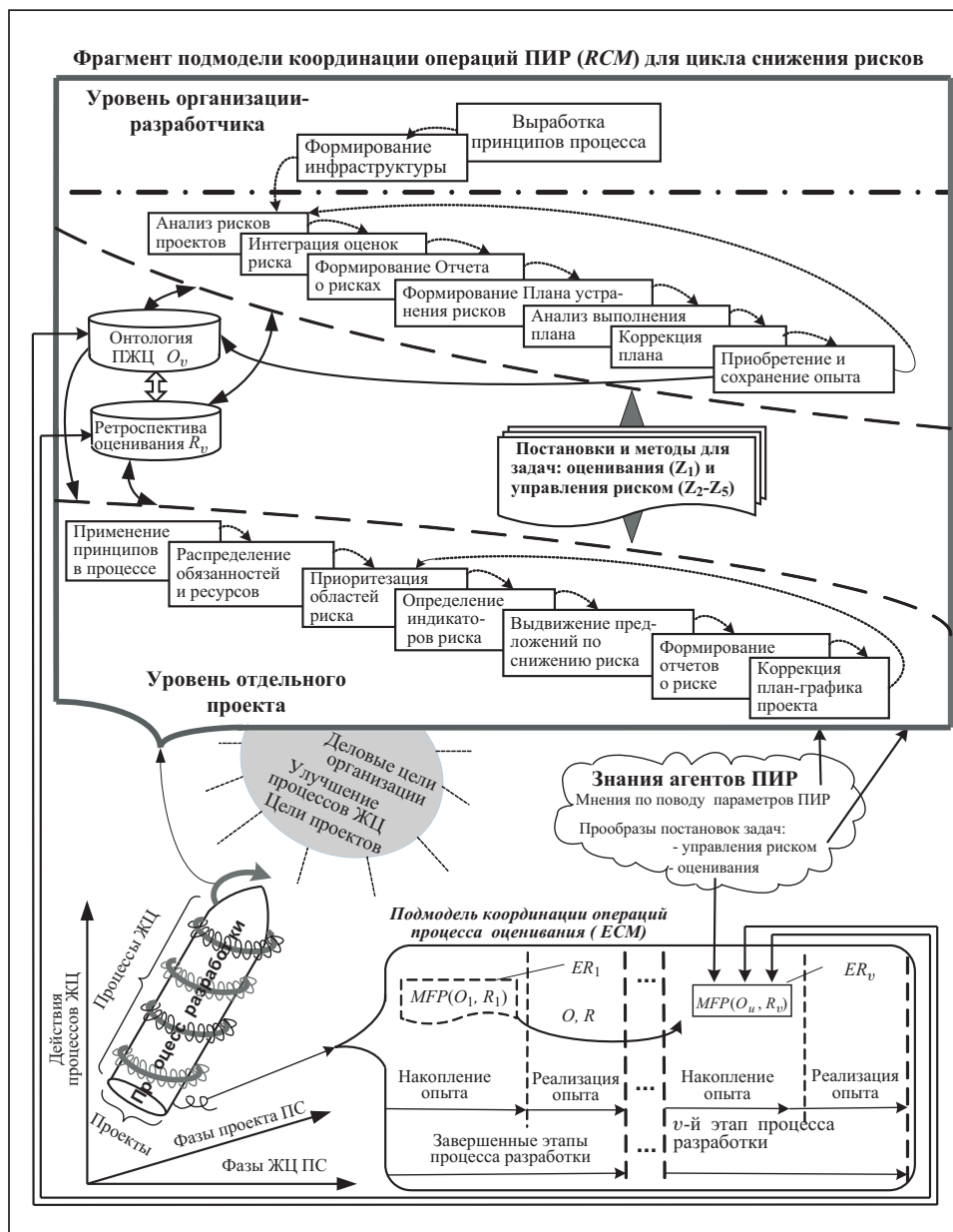


Рис. 1. Взаимосвязи и среда операций технологической модели ПИР

В подмодели *RCM* точечные и обычные стрелки указывают взаимосвязи операций ПИР: между собой в цикле; с онтологией ПЖЦ (O_v) и ретроспективной результатов ПЭО (R_v) из *EE*, соответствующими концепции ПЖЦ на v -й фазе накопления опыта до v -й операции пересмотра ПЖЦ (ER_v). Треугольные стрелки идентифицируют постановки решаемых задач Z_1-Z_5 .

В подмодели *ECM* «вогнутая» стрелка подчеркивает постоянное совершенствование ПЭО (вместе с ним ПИР и процесса разработки ПС в целом) в аспекте повышения формализованной обоснованности получаемых оценок и создания условий для повышения эффективности агентов *AG* по мере пополнения множества листьев *ECM* ($MFP(O_v, R_v)$).

Операции ПЭО реализуют функции $\Phi_1-\Phi_3$, а также формируют входные данные и контекст операций управления рисками при решении задач Z_1 . В операциях управления рисками решаются задачи Z_2-Z_5 на основе результатов операций ПЭО в поддержку традиционных функций ПИР.

Начальные операции цикла уровня проекта ПС (см. рис. 1) реализуют фазы метода *SRE* в виде подпроцесса оценивания риска управляемого программного проекта, формирующего для него ветку в протоколе $ep(Z_1)$ [5]. При инициации группой координации ПИР аналогичные подпроцессы разворачиваются также относительно задач оценивания релевантных характеристик: перспективности варианта плана снижения рисков, целесообразности привлечения специалиста к коллективной проверке и т.п.

В цикле уровня организации начальные операции предназначены для осуществления координационной группой пересмотра, согласования и регистрации экспертно выявленных рисков; пересмотра и интеграции их оценок; формирования сводного Отчета о рисках и Плана их снижения. Конечные операции поддерживают: коррекцию Плана на основании оценок зарегистрированных рисков после его выполнения (формируемых в конечных операциях цикла уровня проекта ПС); вычисление метрик усовершенствования процесса разработки; сохранение опыта цикла.

Как свидетельствует рис. 1, ПИР — это развертывающаяся двойная спираль, «малые» витки которой соответствуют подпроцессам оценивания, а «большие» — циклам снижения рисков. Благодаря структуре подмодели координации *ECM* в (1) и методам *ET* сохранение и использование опыта оценивания (в «малых» витках) происходит на обоих уровнях цикла снижения рисков (в «большом» витке). В свою очередь, использование приобретенного опыта при управлении риском обеспечивается за счет структуры подмодели координации *RCM*, формализованной ниже.

Формальным представлением технологии ПИР является структурированный кортеж

$$\begin{aligned} IRT = \langle GR, OB, RM, MT \rangle, \quad GR = \langle RD, PR, AX \rangle; \quad OB = Imp \cup Str \cup Prj, \\ RM = \langle AG, EE, ECM, RCM \rangle; \quad MT = ET \cup RT \cup \{Z_i, i = 1, \dots, 5\}; \\ RCM = \langle ro_1, ro_2, \langle ro_i, rs_{ij}, j = 1, \dots, n_i \rangle, i = 3, \dots, 9 \rangle; \\ \forall op \in \{ro_i\} \cup \{rs_{ij}\} \quad op = \langle ag, in, out, T \rangle. \end{aligned} \quad (2)$$

В (2) *GR* — основания технологии; *OB* — поддерживаемые ею цели (совершенствование процессов ЖЦ (*Imp*), деловые цели организации (*Str*) и цели проектов (*Prj*); *RT* — математические методы решения задач управления рисками Z_2-Z_5 ; ro_i и rs_{ij} — операции ПИР уровня организации и проекта; $ag \subseteq AG$ — агенты операции *op*; $in \in EE \cup ND$ — входные данные *op* или ее контекст; $out \subseteq EE$ — результаты *op*; $T \subseteq \{Z_i, i = 1, \dots, 5\}$ — постановки задач оценивания/управления, решаемых посредством операции *op*.

Технология ПИР обеспечивает:

- а) оперирование рисками как потенциальными источниками не только ущерба, но и перспектив совершенствования ПЭО, ПИР и процессов ЖЦ;
- б) использование в ПИР формального аппарата программно-целевого управления для достижения деловых целей организации и проектов;

в) согласованное сохранение и эффективное использование опыта выполнения ПЭО, ПИР и разработки ПС на уровнях проектов ПС и организации благодаря общей информационной среде ПЭО и ПИР;

г) повышение обоснованности решений в ходе ПЭО и ПИР.

Представление (2) и рис. 1 демонстрируют инвариантность предложенной технологии к модели ЖЦ и уровню зрелости организации. Однако возможности в), г) делают ее наиболее эффективной для организаций с уровнем зрелости выше второго и проектов с итерационной моделью ЖЦ ПС.

Математический аппарат технологии. Согласно представлению (2) и рис. 1 элементы ядра аппарата — это типовые постановки задачи экспертного оценивания (Z_1) и системы математических методов ПЭО (ET) [5]. Его оболочку RT образуют типовые постановки и методы решения задач управления рисками проектов ПС: определения приоритетов (Z_2) и интеграции (Z_3) рисков; максимизации их планируемого снижения (Z_4); оценки достигнутого совершенствования процесса разработки ПС (Z_5).

Согласно вариантам SRE [7] для задачи оценивания текущего риска элементы ее общих постановок $gs_i = \langle et_i, ch_i, md_i, D_i^g \rangle$, $i = 1, 2$, имеют вид

$$et_i = \text{«Проект»}, ch_i = \text{«Риск»}, i = 1, 2; md_1 = \text{«Вероятность»} \times \text{«Влияние»}; (3)$$

$$md_2 = \text{«Риск»}, D_i^g = \{\text{«руководство SEI [7]»}\}, i = 1, 2.$$

Для общей постановки gs_1 из (3) приняты две типовые детализированные постановки, где аргументированное дерево [5] редуцировано до характеристик «Вероятность» и «Влияние». В этих постановках контексты оценивания образованы ветвями вопросника SEI TBQ [2, 3, 7] в составе Класса, Элемента, Атрибута и Вопросы. Типами ожидаемых от экспертов замечаний являются Утверждение о риске (УР) [2, 3, 7] и Предложение относительно действий с ним.

Для общей постановки gs_2 из (3) типовая детализированная постановка содержит представление TBQ аргументированным деревом — введенной в [5] моделью предпочтений, пополняющей классическое дерево ценности аргументацией его структуры. Корню дерева — индикатору риска — сопоставлена шкала [0; 100], вершинами являются элементы TBQ, а структура аргументирована руководством SEI [7]. Листья дерева оцениваются по вербально-числовой шкале с градациями «Да» (0), «Частично» (5), «Нет» (10). Контекст оценивания листьев образуют документы системы менеджмента качества (при ее наличии в организации). Ожидаемые замечания имеют те же типы, что и для общей постановки gs_1 .

Постановки задачи оценивания ожидаемого риска для варианта плана отличаются от gs_1 (3) только элементом $et = \text{«(Проект; Вариант плана)»}$.

Типовые общие постановки остальных задач оценивания имеют вид

$$et_3 = \text{«Специалист»}; ch_3 = md_3 = \text{«Перспективность как эксперта»}; D_3^g = \emptyset;$$

$$et_4 = \text{«Вариант плана снижения рисков»}; ch_4 = md_4 = \text{«Перспективность»};$$

$$D_4^g = \{\text{Руководство SEI [7]}\}.$$

Постановка задачи оценивания приоритетов проектов (типа Z_2) — кортеж

$$Z_2 = \langle SG, PR; pr(SG), pr(PR) \rangle, SG \subseteq OB, (4)$$

где SG — деловые цели ПИР; $PR = \{i, i = 1, \dots, n\}$ — шифры проектов ПС; $pr(SG)$ и $pr(PR) = \{pr_i, i = 1, \dots, n\}$ — приоритеты целей и проектов относительно целей.

Для задачи (4) введен метод анализа иерархий Т. Саати с фундаментальной шкалой отношений, применяемый соответственно к задачам и проектам ПС.

Задачам определения интегральных уровней риска проектов и организации в целом (типа Z_3) сопоставлено две постановки:

$$Z_{31} = \langle \langle TR_{ui}(AR_{ui}, TP_{ui}, Cn_{ui}, P_{ui}, Im_{ui}, M_{ui}), u \in U_i; R_i, i = 1, \dots, n \rangle; IR \rangle; (5)$$

$$Z_{32} = \langle \langle R_i, i = 1, \dots, n \rangle, pr(PR); IR \rangle.$$

Здесь TR_{ui} — u -е утверждение о риске проекта i , AR_{ui} — его область, TP_{ui} — позиция в ТВQ [7], Cn_{ui} — контекст, P_{ui} — вероятность, Im_{ui} — влияние, M_{ui} — уровень; R_{ui} , $IR \in [0; 100]$ — искомые индикаторы риска соответственно проекта i и процесса разработки ПС в целом.

Метод решения задачи в постановке Z_{31} включает три шага.

1. Построение для проектов $i=1, \dots, n$ аналога надежностной схемы — разбиения $\{TR_{ui}, u \in U_i\}$ (5) на подмножества $GR_{vi} = \{TR_{ui}, u \in U_{vi} \subseteq U_i\}$, $v \in V_i$. Каждому GR_{vi} , независимо от остальных, соответствует событие риска, неблагоприятное для проекта i , причем оно имеет место только при одновременном осуществлении всех событий, определенных последствиями в УР $TR_{ui} \subseteq GR_{vi}$. Шаг реализует разработанный SEI [7] алгоритм формирования бинарного графа взаимосвязей (Interrelationship Digraph) областей риска при обсуждении TR_{ui} в координационной группе ПИР.

2. Повторение шага 1 для объединенного множества $\bigcup_{i=1, \dots, n} \{TR_{ui}, u \in U_i\}$.

3. Вычисление индикаторов риска по аксиомам теории вероятности

$$R_i = \left(\sum_{v \in V_i} \left(\prod_{u \in U_{vi}} P_{ui} \right) \right) \max_{v \in V_i} \left(\sum_{u \in U_{vi}} Im_{ui} \right), \quad i=1, \dots, n; \quad (6)$$

$$IR = \left(\sum_{v \in V} \left(\prod_{u \in U_v} P_u \right) \right) \max_{v \in V} \left(\sum_{u \in U_v} Im_u \right).$$

Постановке Z_{32} соответствует метод линейной свертки рисков проектов

$$IR = \left(\sum_{i=1, \dots, n} pr_i R_i \right) / \left(\sum_{i=1, \dots, n} pr_i \right). \quad (7)$$

Введение нескольких методов для вычисления индикаторов риска R_i (6) и IR (7) поддерживает приобретение опыта эффективной организации ПИР путем сопоставления результатов их применения.

Для задачи типа Z_4 — максимизации снижения рисков, ожидаемого при действиях $MP \subseteq PP = \{\alpha\}$, предложена оптимизационная постановка

$$\sum_{\alpha \in MP} \left[\left(\sum_{i=1, \dots, n} (R_i - R_i(\alpha)) pr_i \right) / \left(\sum_{i=1, \dots, n} pr_i \right) \right] \chi(\alpha, MP) \rightarrow \max,$$

$$\sum_{\alpha \in MP} v(\alpha) \chi(\alpha, MP) \leq V_0, \quad \chi(\alpha, MP) = 1 \leftrightarrow \alpha \in MP; \quad \chi(\alpha, MP) = 0 \leftrightarrow \alpha \notin MP, \quad (8)$$

$$\sum_{\alpha \in MP} \tau(p, \alpha) \chi(\alpha, MP) \leq \tau_0(p), \quad p \in PRS, \quad \sum_{\alpha \in MP} \chi(\alpha, MP) > 0,$$

причем $\max_{\alpha \in PP} \tau(p, \alpha) \leq \tau_0(p)$, $p \in PRS$; $\tau(p, \alpha) = \tau_0(p) = 0$ при отсутствии ограничений на сроки привлечения сотрудника p к участию в ПИР.

В (8) сохранены обозначения (4)–(7). Кроме того, $R_i(\alpha)$ — ожидаемый риск проекта i при действии $\alpha \in PP$; $v(\alpha)$ и V_0 — соответственно трудоемкость действия α и допустимая трудоемкость выполнения плана (в человеко-часах, усредненных по персоналиям PRS сотрудников организации); $\tau(p, \alpha)$, $\alpha \in PP$ и $\tau_0(p)$ — срок привлечения сотрудников p к действию α и допустимый срок привлечения p к участию в ПИР.

Для решения задачи (8) использован известный метод ветвей и границ.

Постановка последней задачи типа Z_5 — оценивания меры усовершенствования процесса разработки ПС — имеет вид $Z_5 = \langle \{TR(t_n), TR(t)\}; L_t \rangle$, где $TR(t)$ — множество УР (5) на момент t ; t_n — дата развертывания ПИР в организации; $L_t = \langle \Delta_t, \delta_t, \mu_t, \chi_t, \phi_t \rangle$ — искомая мера, где частичными метриками являются соответственно минимум, среднее и максимум относительной разницы исходных и текущих значений индикаторов риска проектов (Δ_t) и доли их рисков — соответственно устраненных, сниженных, отслеживаемых и выявленных, среди первичных рисков. Мету L_t вычисляют по результатам решения задач типа Z_{31} из (5).

Заключение. В программных проектах управление рисками сложно ограничить традиционными функциями упреждения, снижения и нейтрализации потенциальных негативных последствий. Необходима интеллектуализация новыми функциями, направленными на постоянное совершенствование как управления рисками, так и остальных процессов ЖЦ ПС. Это — функции формирования единой среды взаимодействия агентов в процессах ЖЦ, создания условий повышения эффективности деятельности агентов и постоянного использования опыта разработки ПС.

В поддержку этих функций предложена технология процесса интеллектуального управления рисками. Она непротиворечиво интегрирует адекватные подходы к обработке рисков и специальный процесс экспертного оценивания. Процесс управления рисками представлен двойной восходящей спиралью, «большие витки» которой отображают взаимосвязанные циклы снижения рисков на уровнях организации и проекта ПС. «Малые» задают подпроцессы экспертного оценивания, обеспечивающие постоянное повышение обоснованности и информационную преемственность управленческих решений, формируемых в «больших витках». Благодаря этому новые функции согласованы с традиционными, а совершенствование процессов ЖЦ ПС реализуется совместно с целями проектов и бизнес-целями организации.

Технология предоставляет единую информационную среду и методологические основы выполнения программных проектов, обеспечивающие оценивание, сравнение, обоснованный выбор и ресурсно эффективное использование формальных методов программирования, наработанных Е.Л. Ющенко и ее последователями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ющенко Е.Л., Цейтлин Г.Е., Грицай В.П., Терзян Т.К. Многоуровневое структурное проектирование программ. Теоретические основы, инструментарий. — М.: Финансы и статистика, 1989. — 208 с.
2. Основы инженерии качества программных систем: 2-е изд. / Ф.И. Андон, Г.И. Коваль, Т.М. Коротун, Е.М. Лаврищева, В.Ю. Суслов — Киев: Академперіодика, 2007. — 672 с.
3. Управление риском проектов программного обеспечения / Ф.И. Андон, В.Ю. Суслов, Т.М. Коротун, Г.И. Коваль, О.А. Слабоспицкая // Проблемы программирования. — 1999. — № 1. — С. 53–62.
4. Higuera R., Haines Y. Software risk management // CMU/SEI-96-TR-012, Pittsburg, Pa.: SEI, Carnegie Mellon University. — 1996. — 49 p.
5. Лаврищева Е.М., Слабоспицкая О.А. Подход к экспертному оцениванию в программной инженерии // Кибернетика и системный анализ. — 2009. — № 4. — С. 151–168.
6. Липаев В.В. Анализ и сокращение рисков проектов сложных программных средств. — М.: Синтер, 2005. — 208 с.
7. Williams R.C., Pandelios G.J., Behrens S.G. Software risk evaluation (SRE) method description (V. 2.0). — 100 p. — <http://www.sei.cmu.edu/pub/documents/99.reports/pdf/99tr029-app.pdf>.
8. Buttigieg A.D. Risk management in a software development life cycle. — <http://www.cis.um.edu.mt>.
9. Fenton N., Radlinski L., Neil M. Improved Bayesian networks for software project risk assessment using dynamic discretisation // Queen Mary, University of London, 2007.
10. Risk management — Vocabulary. ISO/IEC CD 2 Guide 73. — 2008. — 17 p.
11. MSF Risk Management Discipline. — 2002. — 1.1. — 54 p.

Поступила 24.06.2009