

МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ У ЖИТТЄВОМУ ЦИКЛІ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ

О.О. Слабоспицька

Інститут програмних систем НАН України,
03187, Київ, проспект Академіка Глушкова, 40.
Тел.: (044) 526 4579.

Побудовано модель процесу експертного оцінювання об'єктів життєвого циклу програмних систем, яка враховує особливості процесів прийняття рішень з його організації й надає можливостей несуперечної інтеграції методів оцінювання, ефективних за різних можливих умов виконання. Запропоновано формалізм відношення подібності елементів концептуального й інформаційного середовища оцінювання, який дозволяє встановити інформаційні взаємозв'язки між компонентами моделі й ефективно використовувати їх при постановці й розв'язанні задач оцінювання. Досліджено алгебраїчні властивості середовища.

The model for Software Process expert assessment is constructed considering the peculiarities of decision making as to Software Process management and opening up the possibilities for the assessment methods effective under the different possible situations self-consistent integration. The formalism for the assessment's conceptual and information environment elements' similarity relation is proposed allowing the model components' informational links establishing and effective using under the assessment tasks formulating and solving. The environment algebraic attributes are investigated.

Вступ

Розгортання та адекватна автоматизована підтримка процесу експертного оцінювання об'єктів життєвого циклу (ЖЦ) програмних систем (ПС) в організації-розробнику ПС є однією з істотних передумов ефективної організації перебігу ЖЦ, дійсно спрямованою на підвищення якості створюваних ПС [1–3]. Аналіз позиції експертного оцінювання у ЖЦ [2, 3] дозволяє виділити систему функцій процесу оцінювання, які насамперед потребують автоматизованої підтримки, та особливостей процесів прийняття рішень з керування ЖЦ ПС, врахування яких необхідне при організації підтримки функцій.

До першочергової автоматизації пропонуються такі функції процесу експертного оцінювання:

- а) пошук варіантів рішень з керування перебігом ЖЦ ПС із найвищим, середнім та найнижчим рівнем переваги для забезпечення й підвищення якості ПС, з позицій фіксованої системи поглядів агентів ЖЦ (Φ_1);
- б) моніторинг оцінок об'єкта ЖЦ ПС, які належать фіксованій системі поглядів агентів (Φ_2);
- в) виявлення ситуацій та аспектів розбіжності або тотожності поглядів на критерії переваг об'єкта ЖЦ ПС між відомчими, функціональними та фаховими групами агентів ЖЦ (Φ_3);
- г) виявлення у множині експертів об'єктів ЖЦ елементів, непридатних для зіставлення в межах однієї експертизи (Φ_4);
- д) побудова моделей оцінювання за допомогою виявлення й фіксації концептуальних поглядів агентів ЖЦ певної відомчої, функціональної або фахової приналежності на критерії переваг об'єкта ЖЦ (Φ_5).

До числа враховуваних особливостей належить:

- а) багаторазовість виконання дій – наявність різних процесів ЖЦ ПС і дій в їх складі, що стосуються одного й того ж об'єкта ЖЦ та/або його характеристики, а також дій з цим об'єктом, багаторазово виконуваних за різних умов і на різних етапах ЖЦ ПС (O_1);
- б) фіксованість актуальних поглядів – наявність фіксованого кола поглядів агентів ЖЦ на критерії переваг його об'єктів, які можуть мати розбіжності внаслідок різниці виконуваних функцій та наявних інтересів агентів, обумовленої їх різною фаховою й відомчою приналежністю та/або різними ролями у ЖЦ ПС (O_2);
- в) взаємопов'язаність об'єктів – наявність класифікаційних відношень та функціональних аналогій об'єктів ЖЦ внаслідок створення сімейств і лінійок програмних продуктів та їх повторного використання (O_3);
- г) альтернативність оцінювання – можливість використання альтернативних методів оцінювання для окремих характеристик об'єктів ЖЦ ПС (O_4);
- д) інформаційну обумовленість оцінювання – вплив на перебіг процесів ЖЦ ПС документів нормативного поля й інформації щодо об'єктів ЖЦ ПС та їх характеристик, яка може бути використана як довідкова (O_5);
- е) слабку формалізованість знань про оцінювані характеристики – відсутність загальноприйнятих шкал виміру для більшості характеристик об'єктів ЖЦ ПС та залежність їх значень від низки кількісних і не кількісних чинників, вигляд якої є невідомим (O_6).

Наведені функції Φ_1 - Φ_4 та особливості O_1 - O_6 обумовлюють значну неоднорідність (за методичними засадами, складом оброблюваної інформації, необхідними повноваженнями й обізнаністю суб'єктів і т.д.) математичних методів і технологічних рішень з їх реалізації, запропонованих у [3] для комплексної автоматизованої підтримки оцінювання. Внаслідок цього істотно утруднюється їх несуперечна інтеграція у складі відповідного методичного апарата й ефективного використання результатів оцінювання.

Для подолання зазначених труднощів пропонується побудова моделі процесу експертного оцінювання об'єктів ЖЦ ПС, якій надається статус інтегруючого конструкту створюваного методичного апарата. Така модель має враховувати структуру й особливості процесів прийняття рішень з керування ЖЦ та розподіл елементів діяльності, ролей, компетенції й повноважень агентів ЖЦ за її елементами, надаючи можливостей несуперечної інтеграції пропонованих у [3] методів та рішень.

Формальний опис такої моделі й дослідження її алгебраїчних властивостей складає мету роботи. Засобами її досягнення є використання формалізмів сімейства процесів (запропонованого Л. Остервейлом [4]), концептуальної моделі спеціального типу (розробленої О.П. Ільїною для предметних областей стратегічного керування [5–7]) та результатів у галузі загальної алгебри [8].

Компоненти моделі процесу експертного оцінювання об'єктів ЖЦ ПС

Адаптація формалізму сімейства процесів [4] до особливостей O_1 - O_6 процесів прийняття рішень у ЖЦ ПС дозволяє сформулювати

Означення 1. Моделлю процесу експертного оцінювання об'єктів ЖЦ ПС є кортеж

$$EPM = \langle EE; EP; AP; \rangle, EE = \langle AO; RE; DC \rangle, \quad (1)$$

де EE – концептуальне й інформаційне середовище процесу експертного оцінювання у ЖЦ ПС, яке складають:

AO – онтологія предметної області (ПрО) прийняття рішень з керування перебігом ЖЦ ПС (ПрЖЦ);

RE – ретроспектива результатів оцінювання об'єктів ЖЦ;

DC – множина нормативних документів ПрЖЦ, доступних і актуальних для всіх агентів ЖЦ;

EP – сімейство процесів розв'язання задач оцінювання об'єктів ЖЦ;

AP – сімейство процесів актуалізації середовища EE за результатами оцінювання.

Внутрішню структуру та взаємозв'язки компонентів моделі (1) показано на рис. 1.

Кожна із складових середовища EE (1) відіграє у процесі експертного оцінювання об'єктів ЖЦ ПС подвійну роль (відображену на рис.1 штрих-пунктирними стрілками). Зокрема, онтологія AO одночасно є зовнішнім джерелом початкової інформації для постановки й розв'язання задач оцінювання об'єктів ПрЖЦ та, відповідно, сховищем підсумкових результатів їх розв'язання. Ретроспектива RE являє собою внутрішнє інформаційне середовище перебігу процесів розв'язання задач оцінювання та джерело інформації для динамічного поповнення онтології AO . Множина нормативних документів DC служить джерелом інформації для побудови первинного подання онтології AO та для аргументування учасниками процесів розв'язання задач оцінювання своїх уявлень про критерії переваги оцінюваних об'єктів ЖЦ ПС.

У свою чергу, сімейства EP й AP відображають сукупності взаємопов'язаних локальних процесів, які реалізують діяльність двох типів, виконувану в процесі експертного оцінювання об'єктів ЖЦ ПС:

- цільове розв'язання задач оцінювання об'єктів ЖЦ ПС, підсумкові результати якого необхідні для прийняття рішень з ефективної організації перебігу ЖЦ [2, 3];

- подання зазначених результатів в онтології AO та синхронізованого ведення AO й RE .

Онтологія ПрЖЦ

Для формального опису концептуальної моделі (КМ) ПрЖЦ у складі онтології AO можуть бути використані окремі елементи формалізму КМ спеціального вигляду, запропонованого [5–7] для підтримки прийняття рішень у ПрО стратегічного управління. Їх вибір забезпечує можливість подання знань, відповідних особливостям O_1 - O_6 , за допомогою:

а) подання неповного й невизначеного знання про діяльність у ЖЦ ПС;

б) поєднання знань про класифікаційні й ситуаційні співвідношення об'єктів ЖЦ ПС;

в) одночасного подання об'єктів ЖЦ ПС, елементів діяльності й документів, пов'язаних з цими об'єктами;

г) формалізації класифікаційних відношень та функціональних аналогій між об'єктами ЖЦ ПС як на рівні КМ ПрЖЦ, так і на рівні ретроспективи RE .

Для підтримки можливостей а) – г) у формалізмі [5–7] передбачено:

- спеціальний спосіб формального опису елементів КМ;
- систему аксіом щодо складу та взаємозв'язків елементів КМ;
- визначення множини мета-відношень між елементами.

До складу КМ ПрЖЦ належать множина CC концептів C , віднесених до категорій $Cat(C) = \kappa \in K$ (які мають на рис. 1 номери 1)–9) та множина незалежних параметрів $PAR = \cup_c Par(C)$ (позначена номером 10).

Концепти є поданнями експертіваних класів об'єктів ЖЦ ПС та елементів діяльності з його виконання. Вони можуть мати екземпляри $EC = \cup_c Ex(C)$, відповідні конкретним об'єктам та елементам діяльності.

Параметри відображають такі елементарні властивості концептів, залежності між якими не потребують безпосереднього подання в КМ, та зіставляють екземплярам концептів значення цих властивостей.

Відповідно до [5–7], поданням параметру P в КМ ПрЖЦ є його найменування $N(P)$ та область значень $D(P)$. Для концепту спосіб опису полягає у специфікації його зв'язків (ситуаційних, класифікаційних, інформаційних, за складом та за функціонуванням) з іншими концептами й параметрами КМ за допомогою n -арних відношень визначення, типізованих для кожної категорії $\kappa \in K$, та відношення параметричного визначення D^{PAR} , актуального $\forall \kappa \in K$.

Означення 2. Для концепту $C \in CC(\kappa)$ категорії $Cat(C) = \kappa \in K$ відношення визначення (або, коротко, означення) $D^T(C)$ типу $T \in D(\kappa) \cup PAR$ має вигляд

$$D^T(C) = \langle L^T(C), BN^T(C), S(T,C) \rangle; \quad BN^T(C) = \theta, L^T \in \{d,n\}; \quad (2)$$

$$S(T,C) = \langle B(T,C), A^T(C), I^T(C), G^T(C) \rangle, L^T \in \{d,p\}, T \neq PAR; \quad (3)$$

$$S^{PAR}(C) = \langle B^{PAR}(C), I^{PAR}(C), G^{PAR}(C) \rangle, \text{ якщо } L^T \in \{d,p\}, S(T,C) = \theta, L^T \in \{u,n\},$$

де $L^T \in \{d,p,u,n\}$ – ступінь визначеності $S(T,C)$ (відповідно, повністю й частково визначене, невідоме й неактуальне для концепту C);

$B(T,C) = \{ \langle C'_i, r \rangle, I = 1, \dots, N^T(C) \}, C'_i \in CC(Cat(C)) \neq \emptyset$ – базис $D^T(C)$, тобто множина концептів (або параметрів при $T=PAR$) C'_i , з якими C є пов'язаним у КМ зв'язками, відповідними типу T ;

R – роль C'_i з множини ролей, фіксованої для аргументів відношення D^T ;

$BN^T(C) = \{ C''_i, i = 1, \dots, NN^T(C), C''_i \in CC(Cat(C)) \neq \emptyset, L^T \in \{u,p\}$ – негативний базис $D^T(C)$, тобто множина концептів (чи параметрів при $T=PAR$), що за будь-яких шляхів розвитку знань не можуть пояснювати C ;

θ – спеціальний символ, що позначає відсутність або неактуальність для C знань про його зв'язки типу T ;

$$A^T(C) = \{ \langle \langle V, ASB(C, C'_i, V) \rangle, V \in D(Cat(C'_i)) \rangle \}, C'_i \in B(T,C), \quad (4)$$

$$ASB(C, C'_i, V) = \{ C_j^* \in B(V, C'_i), j=1, \dots, N^V(C'_i) \} \supseteq \emptyset$$

– актуальний переріз базису $D^T(C)$, який для концептів $C'_i \in B(T,C)$ послідовно визначає склад типів V їх означень $D(V, C'_i)$ і підмножину концептів C_j^* з їх базисів $B(V, C'_i)$ (званих надалі актуальними для C), які належать до аргументів предикатів $I^T(C)$ та процедур $G^T(C)$ у виразі (4);

$I^T(C) \supseteq \emptyset$ – множина предикатів $Pr: B(T,C) \rightarrow \{0;1\}$, що визначають необхідні й достатні умови пов'язаності екземплярів концептів базису з екземпляром концепту C відношенням типу T ;

$G^T(C) \supseteq \emptyset$ – множина процедур породження екземплярів концептів базису $B(V,C)$ означень $V \in D(Cat(C)), V \neq C$ на підставі екземплярів концептів $B(T,C)$.

Формалізм [7] передбачає чотири типи аксіом:

1) симетрії, що зіставляють означенням S спряжені означення S^* :

$$\forall ((C,E) \in CC, S \in D(Cat(C)) | E \in B^S(C)) \exists S^* \in D(Cat(E) | C \in B^{S^*}(E); \quad (5)$$

2) коректності, що постулюють, для частково визначеного означення, неперетинність та одночасну непустоту його базису й негативного базису

$$\forall (C \in CC, S \in D(Cat(C))) B^T(C) \cap BN^T(C) = \emptyset, B^T(C) \cup BN^T(C) \neq \emptyset, L^T = p; \quad (6)$$

3) складу категорій КМ ПрЖЦ та типів означень для кожної них;

4) спадкування, що виокремлюють в базисах означень концепту X , який є частковим випадком концепту C , успадковані базиси – підмножини концептів, приналежних також базисам цих означень для концепту C .

Аналіз опису Про прийняття рішень з організації ЖЦ ПС [1] обумовлює доцільність включення до КМ ПрЖЦ тих елементів повної системи категорій КМ [5, 6], концепти яких:

а) відображають класи об'єктів ЖЦ ПС, що можуть потребувати експертного оцінювання у ЖЦ для досягнення певних цілей з організації ЖЦ, та оцінювані характеристики переваги таких об'єктів;

б) є необхідними для опису концептів, приналежних до категорій, зумовлених пунктом а).

Склад та онтологічне призначення обраних категорій наведено у таблиці (її перший стовпець містить номер категорії на рис. 1).

Таким чином, у КМ ПрЖЦ $K = \{1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$. Аксіоматично визначені переліки типів означень, актуальних для цих категорій, подано в [7]. Зазначимо, що оцінювану характеристику переваги об'єкта ЖЦ ПС у КМ ПрЖЦ поряд з оціночною характеристикою може відображати також виділений параметр того концепту (категорій $\kappa \in \{1,3,4,5,6,7\}$ з таблиці), який відображає у КМ згаданий об'єкт.

Потреби подальшого використання КМ ПрЖЦ визначають достатність вибору у множині мета-відношень [7] відношень “Рід-Вид” (IS_A), “частина-ціле” ($PART_OF$) та подібності різних форм (SIM).

Означення 3. Нехай $NC(\kappa)$ – концепти категорії $\kappa \in K$, означення яких відповідають аксіомам КМ ПрЖЦ.

$$\forall (C,D) \in NC(\kappa) IS_A(C,D) \Leftrightarrow C \in B(D,GEN); PART_OF(C,D) \Leftrightarrow C \in B(D,AGR), \quad (7)$$

де GEN та AGR – відповідно узагальнююче та агрегуюче [7] означення концепту D .

Використання допоміжного конструкту, запровадженого в [12] під назвою семантичного дерева $SF(A,T)$ концепту A в аспекті його означення типу $T \in D(\kappa)$ дозволяє узагальнити запропоновані в [12] означення слабкої й сильної, прямої й опосередкованої подібності для довільної парадигми π подібності концептів $C,D \in NC(\kappa)$:

- за базисом ($\pi = B$), що фіксує подібність складу базисів $B(C,T)$ і $B(D,T)$, тобто множин концептів, через які в КМ ПрЖЦ безпосередньо визначено концепти C,D згідно виразу (2);

- за актуальним перерізом ($\pi = A$), що відображає подібність актуальних перерізів $A^T(C), A^T(D)$ зазначених концептів незалежно від подібності їх базисів;

Таблиця. Склад категорій концептів онтології ПрЖЦ

№	Ім'я	Призначення в онтології	Приклад: концепт КМ ПрЖЦ
Категорії, концепти яких відображають експертвані класи об'єктів ЖЦ ПС			
1	Сутність -об'єкт	Подання об'єктів ЖЦ ПС, через керування якими здійснюється організація перебігу ЖЦ, їх складових та елементів ситуацій керування	Проект ПС Процес ЖЦ [9] Програмний продукт [10]
3	Агент	Елемент організаційної структури ЖЦ ПС або особа в її складі, що може бути учасником дій та комунікацій	Організація-розробник ПС Погляд (фаховий, функціональний, відомчий) Фахівець ПрЖЦ
4	Документ	Структуроване подання даних про параметри, характеристики і предметні відношення, які відображають реквізити документу	Програма забезпечення надійності ПС Звіт про експертизу Методика керування ризиком
5	Завдання	Відображає діяльність агентів з роллю "Виконавець" з досягнення певної цілі (визначеної оціночною характеристикою з роллю "Критерій виконання") з використанням певного ресурсу (поданого сутностями-об'єктами) протягом терміну виконання	Ідентифікація ризиків проекту ПС Реалізація стратегії усунення ризиків Тестування ПЗ під час випробувань
6	Комунікація	Взаємодія агентів, протягом якої відбувається обмін інформацією за певною тематикою і вироблення документів	Обговорення ризиків проекту ПС Вироблення стратегій зниження ризиків
7	Дія	Відображає перетворення сутностей-об'єктів в аспекті їх параметрів, оціночних характеристик або відношень, виконуване агентами з ролями "Виконавець", "Носій інтересів" та "Контролююча особа" за допомогою певних засобів виконання	Забезпечення надійності ПС Контроль виконання планів розроблення ПС
Категорії, концепти яких відображають характеристики переваги об'єктів ЖЦ			
2	Оціночна характеристика	Подання властивостей сутностей-об'єктів, які вимірюють ступінь переваги їх екземплярів для досягнення певної прагматичної цілі керування ЖЦ, та (на відміну від параметрів) мають власну структуру й можуть пов'язуватися відношеннями	Ризик проекту ПС [11] Потужність процесу [9] Якість програмного продукту [10]
Допоміжні категорії			
8	Ціль	Відображає бажане перетворення сутності-об'єкту, описуване характером результату (зниження, підвищення, оптимізація, стабілізація, встановлення) зміни параметрів, оціночних характеристик або відношень, виконуване агентом з роллю "Суб'єкт-носії"	Зниження ризику проекту ПС Підвищення якості програмного продукту Підвищення зрілості організації-розробника
9	Відношення	Подання предметних зв'язків між довільними концептами решти категорій, зокрема, при описі ситуацій керування	Придбання програмного забезпечення Формування контексту рішення

• за комплексною підставою ($\pi=W$), що характеризує одночасну подібність базисів та актуальних перерізів.

Згідно [12], $SF(A,T)$ є засобом ієрархічного впорядкування впливів, що справляють пояснюючі концепти на пояснюваний концепт A , і являє собою зв'язний орієнтований ациклічний граф (дерево) з коренем (A,T) . Вершина v_{ki} k -го рівня $SF(A,T)$, підлегла його вершині $(k-1)$ -го рівня $v_{(k-1)j}$, має вигляд кортежу

$$v_{ki} = \langle T_{q}^k, X_p^k, V_{pr}^k, Y_{prw}^k \rangle, \quad (8)$$

де $T_{q}^k \in D(\text{Cat}(Y_w^{(k-1)}))$ – тип деякого означення концепту $Y_w^{(k-1)} = e_4(v_{(k-1)j})$;

$X_p^k \in B(Y_{u}^{(k-1)}, S_q^k)$ – концепт з базису означення T_q^k , хоча б одне означення якого є актуальним для $Y_w^{(k-1)}$ (у сенсі, визначеному означенням 2);

$V_{pr}^k \in D(\text{Cat}(X_p^k))$ – тип деякого означення концепту X_p^k , актуального для $Y_w^{(k-1)}$;

$Y_{prw}^k \in ASB(Y_w^{(k-1)}, X_p^k, S_{pr}^k)$ – концепт Y^k з базису означення $V_{pr}^k(X_p^k)$;

$e_N(v_{ki})$ – підмножина елементів v_{ki} з номерами $k \in N \subseteq \{1,2,3,4\}$.

Означення 4. Концепти $(C,D) \in NC(\kappa)$ вважаються пов'язаними відношенням подібності в аспекті означення $T \in D(\kappa)$ за парадигмою $\pi \in \{B,A,W\}$, реалізовуваним на рівні $k \geq 1$, якщо у семантичних деревах $SF(C,T)$

та $SF(D,T)$ на рівні k наявні вершини v_{ku} та v_{kv} вигляду (8), у яких збігаються, відповідно:

- два перші елементи: $SIM^T_B(C,D;k) \Leftrightarrow e_{1,2}(v_{ku}) = e_{1,2}(v_{kv})$;
- два останні елементи: $SIM^T_A(C,D;k) \Leftrightarrow e_{3,4}(v_{ku}) = e_{3,4}(v_{kv})$;
- усі елементи: $SIM^T_W(C,D;k) \Leftrightarrow v_{ku} = v_{kv}$.

У реальній ситуації, коли концепти $(C,D) \in NC(\kappa)$ одночасно пов'язані відношеннями подібності за різними парадигмами $\pi \in \{B,A,W\}$ й означеннями $T \in TT^\pi$, які до того ж реалізуються на різних рівнях $K^T = (k^T_1, \dots, k^T_q)$, означення 4 потребує узагальнення.

Означення 5. Позначимо $\Phi = ((T, K^T), T \in TT^\pi \subseteq D(\kappa), \pi \in \Pi \subseteq \{B,A,W\})$. Концепти $(C,D) \in NC(\kappa)$ вважаються пов'язаними відношенням подібності форми Φ SIM^Φ , якщо для них одночасно мають місце відношення подібності за всіма аспектами й парадигмами, що є елементами вектору Φ :

$$SIM^\Phi(C,D) \Leftrightarrow \forall (k \in K^T, T \in TT^\pi(\Phi), \pi \in \Pi(\Phi)) SIM^T_\pi(C, D; k). \quad (9)$$

Формально поширимо означення 3 та означення 5 на множину параметрів КМ ПрЖЦ

$$\forall ((P,Q) \in PAR, \Phi) (IS_A(P,Q), PART_OF(P,Q), SIM^\Phi(P,Q)) \Leftrightarrow (N(P) = N(Q), D(P) = D(Q)).$$

Безпосередньо з означення 5 та відомого означення алгебраїчної моделі [8] випливає

Лема 1. Нехай

$$\begin{aligned} OB &= \langle \{C \in CC \mid Cat(C) \in \{1,3,4,5,7\}\}; IS_A, PART_OF, SIM^\Phi \rangle, DOC = \langle 2^{\{C \in CC \mid Cat(C)=4\}}; EQ \rangle, \\ CH &= \langle \{C \in CC \mid Cat(C)=2 \mid C \in PAR\}; IS_A, PART_OF, SIM^\Phi \rangle, \end{aligned} \quad (10)$$

– множини елементів КМ ПрЖЦ, що відображають, відповідно:

- експеровані класи об'єктів ЖЦ ПС;
 - підмножини документів ПрЖЦ, між якими визначено тривіальне відношення EQ ;
 - оцінювані характеристики переваги об'єктів ЖЦ ПС, приналежних до експерованих класів.
- Множини OB, DOC, CH являють собою алгебраїчні моделі типів $\langle 2,2,2 \rangle, \langle 2 \rangle$ та $\langle 2,2,2 \rangle$.

Ретроспектива результатів оцінювання

Як показано на рис. 1, Ретроспективу утворюють структури знань спеціального вигляду – протоколи оцінювання.

Означення 6. Протокол оцінювання являє собою структурований кортеж (дерево)

$$ep_u = \langle gs_u; \langle ps_v(gs_u); \langle sd_w(ps_v) \rangle, w \geq 1, v \geq 1, u \geq 1, \quad (11)$$

елементами якого є структури знань про поточні результати оцінювання gs_u, ps_v, sd_w , що мають типи:

- загальна постановка задачі оцінювання об'єкта ЖЦ ПС (gs)

$$gs_u = \langle ob_u, ch_u, D^s_u; r^s_u \rangle, D^s = \langle d^{ob}, d^{ch} \rangle; \quad (12)$$

- деталізована постановка задачі оцінювання (ps)

$$ps_v = \langle alt_v, mod_v, vf_v, mg_v, rg_v, D^p_v; r^p_v \rangle, D^p = \langle d^a, d^{md}, d^v, d^{mg}, d^{rg} \rangle; \quad (13)$$

- підсумкове рішення задачі оцінювання за деталізованою постановкою (sd)

$$sd_w = \langle g_w, id_w, tc_w, rc_w, ea_w; D^s_w; r^s_w \rangle. \quad (14)$$

Жирний шрифт позначає елементи структур (11) – (14), за наявності яких вони вважаються визначеними.

Елементи та взаємозв'язки структур (11) – (14) показано на рис. 2 (штрихуванням виділено обов'язкові елементи).

У виразі (12) використано такі позначення (тут і надалі індекси u, v, w вилучено для спрощення нотації):

$ob \in CC, Cat(ob) \in \{1,3,4,5,6,7\}$ – оцінюваний об'єкт (концепт КМ ПрЖЦ, що відображає певний клас об'єктів ЖЦ ПС, оцінювання яких складає розв'язувану задачу);

$ch \in CC, ch \in Par(ob) \mid Cat(ch) = 2$ – цільова характеристика (параметр концепту ob або концепт КМ ПрЖЦ категорії “оціночна характеристика”, приналежний до базису відповідного означення концепту ob , який відображає властивість об'єктів ЖЦ із класу ob , експертно оцінювану в межах розв'язуваної задачі).

Елементами деталізованої постановки задачі оцінювання (13) є:

$\emptyset \neq alt = \{ \langle n_i, t_i \rangle, i \geq 1 \}$ – множина альтернатив, тобто об'єктів ЖЦ ПС класу ob (позначених унікальними ідентифікаторами n_i), стан яких на момент t_i піддається експертному оцінюванню;

mod – модель оцінювання ch , подана з використанням формалізму аргументованого дерева цінності [14] з коренем ch , розвинутого автором. Додатково до [14] пропонується: зазначення у дереві критичних вершин CV (наявність оцінок яких для всіх альтернатив alt необхідна для прийнятності результату оцінювання всіма агентами ПрЖЦ), а також зіставлення всім листкам k додаткових реквізитів:

- контексту оцінювання $\emptyset \subseteq cn_k = doc^o_k \cup doc^p_k \subseteq DOC$ (підмножин документів ПрЖЦ, відповідно обов'язкових і заборонених для використання при оцінюванні альтернатив за k);
- процедур $\emptyset \subseteq PR_k$, що реалізують відомі у ПрЖЦ аналітичні методи оцінювання k на підставі cn_k ;

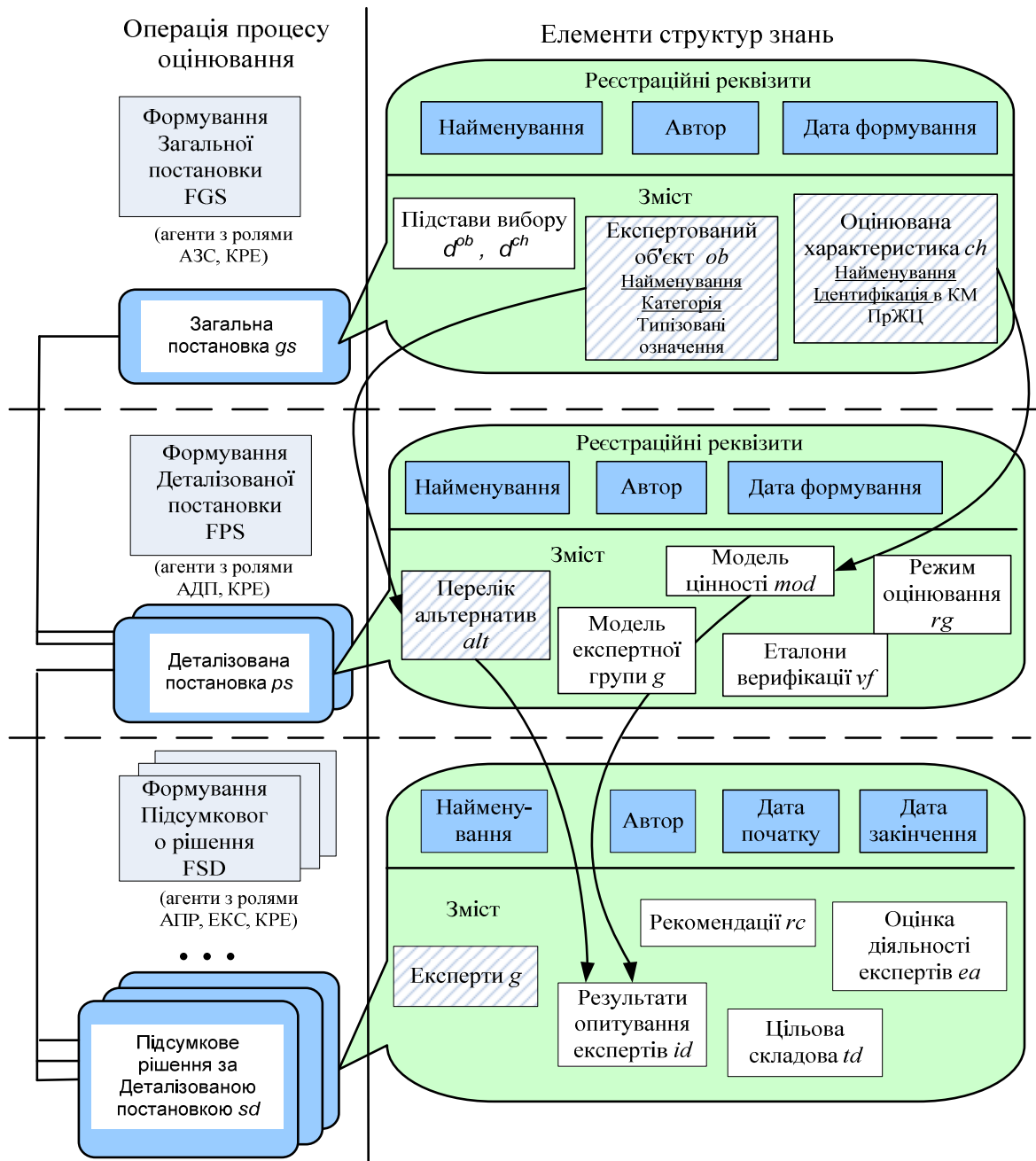


Рис. 2. Склад, взаємозв'язки та елементи структур знань про результати оцінювання

- $\emptyset \subseteq vf = vd^p \cup vd^p$ – еталони верифікації результату оцінювання (підмножини документів ПрЖЦ, відповідно обов'язкових і неприпустимих як джерела інформації для визнання прийнятності результату);
 - $\emptyset \subseteq mg \subseteq \{VP\}$ – модель експертної групи (підмножина точок зору (функціональних, фахових та відомчих) агентів ПрЖЦ, представники яких мають одночасно залучатися до експертизи *alt* згідно *mod*);
 - $rg \in \{0;1\}$ – режим оцінювання ($rg = 0$, якщо альтернативи оцінюються автономно; $rg = 1$, якщо вони оцінюються у сукупності – ранжуються).
- До складу підсумкового рішення задачі оцінювання (14) належить:
- $\emptyset \neq g = \{j\} \subseteq AG$ – група експертів (підмножина індивідуальних агентів ПрЖЦ *AG*, які залучаються до формування підсумкового рішення, відповідна моделі *mg* з використовуваної постановки *ps*);
 - $id = \langle io, vp, ve \rangle$ – індивідуальні експертні рішення задачі оцінювання, елементами яких є:
 - $io = \langle \{ \| x_{ijk}(ps) \| \}_{i \in alt, j \in g, k \in L(mod)}; \{ cm_j, j \in \emptyset \subseteq gc \subseteq g \} \rangle$ – експертні судження за пропонованою деталізованою постановкою *ps*, які складаються з експертних оцінок $x_{ijk} \in Sc_k \cup \{\theta\}$ (x_{ijk} може бути елементом шкали Sc_k листка *k* або відмовою від оцінювання, що позначає символ θ) та зауважень про неадекватність постановки *cm_j*; (надаваних як за формалізованим класифікатором [15], так і у формі довільних висловлювань);
 - $vp = \{ vps_j, j \in \emptyset \subseteq gv \subseteq gc \}$ – експертні версії постановки (vps_j – структура знань типу *ps* (13), де *mg* й *rg* збігаються з аналогічними елементами *ps* і є фіксованими);
 - $ve = \{ \| x_{ijk}(vps_j) \|, j \in gv \}$, $x_{ijk} \in Sc_k$ – експертні оцінки за власними версіями, при визначенні яких відмови вважаються неприпустимими;

tc – цільова складова, що має вигляд:

• пари у складі матриці узагальнених експертних оцінок альтернатив за листками, критичними вершинами й коренем ch моделі mod та рівня їх обгрунтованості [16]

$$tc = \langle O, Sb(O) \rangle, O = \| o_{ik} \|_{i \in alt, k \in L(mod) \cup CV(mod) \cup \{ch\}}, \quad (15)$$

якщо для ch та критичних вершин $CV(mod)$ отримано узагальнені оцінки альтернатив o_{ik} і рівень їх обгрунтованості $Sb(O)$ визнається задовільним агентом ЖЦ ПС, який організує проведення експертизи;

• пари $tc = \langle res, dcr \rangle$ у складі причини res відсутності узагальнених оцінок (з формалізованого класифікатора причин [16]) та формального опису dcr ситуації їх неотримання, якщо узагальнені оцінки альтернатив не отримано або рівень їх обгрунтованості незадовільний;

$rc = \langle rce; rca \rangle$ – рекомендації щодо:

• умов формування підсумкового рішення за тією ж деталізованою постановкою, що й поточне, для якого імовірність отримання узагальнених оцінок є не меншою, ніж для поточного (rce),

• актуалізації КМ ПрЖЦ (rca);

$ea = \{ \langle ee_j, ce_j \rangle, ee_j \in \{1,2,3,4,5\}, j \in g \}$ – оцінка ефективності діяльності експерта j при формуванні підсумкового рішення у складі балу ee_j та довільного коментаря ce_j .

Для всіх структур знань (12)–(14):

$D^v, v \in \{g, p, s\}$ – джерела інформації, тобто підмножини (можливо, порожні) документів ПрЖЦ, на підставі яких обрано елементи структур типу gs, ps та склад експертної групи g відповідно;

$r^v = \langle n^v, sub^v, d_1^v, d_2^v \rangle, v \in \{g, p, s\}$ – реєстраційні реквізити структури знань: її унікальний ідентифікатор (ім'я) n^v , персоналії суб'єкта формування sub^v , дати початку (d_1^v) й кінця (d_2^v) формування.

Рекомендації rce описують умови формування наступного підсумкового рішення за тією ж деталізованою постановкою, що й поточне, за семи прагматично значущих ситуацій:

$$rce = \langle R^{max}, ps^g, G^{ps} \rangle, R^{max} = \langle g^{max}, ps^{max}, r^{max} \rangle, G^{ps} = \langle (g^{max}(ps), r^{max}(ps)); g^r(ps); (g^{min}(ps), r^{min}(ps)) \rangle, \quad (16)$$

де g^{max}, ps^{max} – склад експертів і постановка, що максимізують імовірність отримання узагальнених оцінок, але потребують додаткового ресурсу r^{max} для отримання відповідного підсумкового рішення;

ps^g – постановка, що максимізує імовірність отримання узагальнених оцінок за фіксованого поточного складу експертів g (без додаткового ресурсу);

$g^{max}(ps), g^r(ps), g^{min}(ps)$ – склад експертів, що за фіксованої поточної постановки ps , відповідно:

• максимізує імовірність отримання узагальнених оцінок при залученні додаткового ресурсу $r^{max}(ps)$;

• максимально підвищує цю імовірність у межах, визначених поточним ресурсом r ;

• максимально підвищує імовірність за мінімального (можливо, нульового) додаткового ресурсу $r^{min}(ps)$.

Рекомендації rca містять перелік *обгрунтованих гіпотез* щодо актуалізації КМ ПрЖЦ, які мають формати:

$$H^1(C_1, C_2, t, sb^1); H^2(C, VP, sb^1); H^3(C, VP_1, VP_2, sb^1); H^4(C, \{ (Dp_i(Ch_i, CX_i, B_i), sb^2_i), i \geq 1 \}), \quad (17)$$

де C, C_1, C_2 – концепти КМ ПрЖЦ категорій 1–7, яких стосується гіпотеза;

$t \in \{1, 2, 3\}$ – тип гіпотези H^1 : концепти C_1, C_2 тотожні ($t=1$); $IS_A(C_1, C_2)$ ($t=2$); $PART_OF(C_1, C_2)$ ($t=3$);

sb^1, sb^2_i – рівні обгрунтованості гіпотез H^1-H^3 (частоти виявлення у ретроспективі ситуації, що підтверджують гіпотезу) та, відповідно, H^4 (вектор показників адекватності параметричної залежності Dp_i);

H^2 – твердження “наявні різні трактування концепту C представниками точки зору VP ”;

H^3 – твердження “представникам точок зору VP_1, VP_2 властиві різні трактування концепту C ”;

H^4 – твердження “для концепту C мають місце аналітичні залежності між його властивістю Ch_i та властивостями CX_i (концептами категорії “оціночна характеристика” або параметрами КМ ПрЖЦ) вигляду $Dp_i(Ch_i, CX_i, B_i)$ з параметрами B_i ”.

Кожна з структур знань (12)–(14) породжується спеціальною операцією формування (див. рис. 2), яка реалізує відповідний етап деякого процесу експертного розв'язання задач оцінювання (див. рис. 1):

- формулювання задачі оцінювання (операція FGS);
- постановку задачі оцінювання за її формулюванням (операція FPS);
- проведення експертизи за постановкою (операція FSD).

Агент ЖЦ ПС, який аналізує ретроспективу при виконанні операцій FGS, FPS, FSD , має у процесі оцінювання роль “користувач ретроспективи експертизи” (КРЕ). У разі прийняття рішення про формування відповідної структури знань він набуває ролей “автор загальної постановки” (АЗП), “автор деталізованої постановки” (АДП), “автор підсумкового рішення” (АПР).

Саме послідовність наведених етапів обумовлює підпорядкованість структур (12)–(14) у протоколі (11). В результаті утворюються три ієрархічно впорядковані рівні ретроспективи - множини GS, PS та SD зазначених структур, відповідні операціям FGS, FPS, FSD (див. рис. 1). Розробка математичних методів здійснення цих операцій потребує запровадження на GS спеціальних відношень: $IS_A, PART_OF$ та подібності SIG , а також “продовження” SIG на нижчі рівні PS та SD .

Відношення на GS можуть бути формально визначені на підставі аналогічних відношень на множині CS концептів КМ ПрЖЦ (див. означення 3,5 попереднього розділу).

Означення 7. Нехай Φ^{ob}, Φ^{ch} – деякі форми подібності концептів КМ ПрЖЦ. Загальні постановки $gs_1, gs_2 \in GS$ вважаються пов'язаними відношеннями:

- IS_A і $PART_OF$, якщо ці відношення пов'язують їх оцінювані об'єкти й цільові характеристики

$$gs_1 IS_A gs_2 \Leftrightarrow (ob_1 IS_A ob_2) \wedge (ch_1 IS_A ch_2); gs_1 PART_OF gs_2 \Leftrightarrow (ob_1 PART_OF ob_2) \wedge (ch_1 PART_OF ch_2);$$

- подібності форми $\Phi = (\Phi^{ob}, \Phi^{ch}) SIG^\Phi$, якщо одночасно подібні їх оцінювані об'єкти (у формі Φ^{ob}) й цільові характеристики (у формі Φ^{ch}):

$$gs_1 SIG^\Phi gs_2 \Leftrightarrow (ob_1 SIM^{\Phi^{ob}} ob_2) \wedge (ch_1 SIM^{\Phi^{ch}} ch_2). \quad (18)$$

Результатом зіставлення означення 7 з лемою 1 та означенням прямого добутку алгебраїчних систем [9] є

Лема 2. Множина GS із відношеннями $IS_A, PART_OF, SIG^\Phi$ є алгебраїчною моделлю типу $\langle 2, 2, 2 \rangle$ і являє собою прямий добуток алгебраїчних моделей OB, CH та другого ступеню моделі DOC .

Означення 8. Деталізовані постановки $ps_1, ps_2 \in PS$ вважаються пов'язаними відношенням подібності форми ΦSIP^Φ , якщо загальні постановки gs_1, gs_2 , що підпорядковують ps_1, ps_2 у відповідних протоколах оцінювання (11), пов'язані відношенням подібності форми Φ , а множини альтернатив alt_1, alt_2 у (13) мають непорожній перетин.

Означення 9. Підсумкові рішення $sd_1, sd_2 \in SD$ вважаються пов'язаними відношенням подібності форми ΦSIS^Φ , якщо деталізовані постановки, що підпорядковують sd_1, sd_2 у відповідних протоколах оцінювання (11), пов'язані відношенням подібності форми Φ , а множини g_1, g_2 мають непорожній перетин.

Висновки

1. Побудована модель процесу експертного оцінювання підтримує врахування особливостей процесів прийняття рішень з керування життєвим циклом програмних систем при організації автоматизованої підтримки функцій, необхідних для вироблення зазначених рішень.

2. Формалізм відношення подібності, запропонований на рівні онтології діяльності з керування життєвим циклом, дозволяє визначити спеціальні відношення подібності на рівнях ретроспективи результатів оцінювання його об'єктів, які забезпечують можливість використання досвіду прийнятих рішень при постановці й розв'язанні нових задач оцінювання.

3. Структуризація ретроспективних знань про результати оцінювання надає можливостей підтримки вироблення й використання, у процесі розв'язання задачі оцінювання, обґрунтованих рекомендацій щодо його подальшого перебігу та щодо актуалізації онтологічної складової середовища оцінювання.

4. Отримане подання множини загальних постановок задачі оцінювання як алгебраїчної моделі (Лема 2) може служити підґрунтям подальшого дослідження процесів оцінювання та проведення експертизи як гомоморфізмів алгебраїчних моделей.

1. Андон Ф.И., Коваль Г.И., Коротун Т.М., Лаврищева Е.М., Сулов В.Ю. Основы инженерии качества программных систем // 2-е изд. – К.: Академперіодика, 2007. – 672 С.
2. Слабостицкая О.А. Экспертиза процессов жизненного цикла программных систем: особенности организации и проведения // Проблемы программирования. – 2006. – № 2-3 – С. 341–349.
3. Слабостицкая О.А. Задачи, методы та засоби експертного оцінювання якості в інженерії програмних систем // Проблемы программирования. – 2007. – № 3 – С. 32–40.
4. Osterweil L.J. et al. Representing Process Variation with a Process Family // Q. Wang, D. Pfahl, D.M. Raffo (Eds.): Software Process Dynamics and Agility. – International Conference on Software Process, ICSP 2007, Minneapolis, MN, USA, May 19–20, 2007. – P. 109–120.
5. Ильина Е.П. Методы представления и комплексного использования структур знаний различных уровней формализации в описании экспертной точки зрения на предметную область решаемой проблемы // Проблемы программирования. – 2002. – № 1-2. – С. 409–420.
6. Ильина Е.П. Задачи и методы аналитического сопровождения экспертиз в партисипативных процессах стратегического управления // Проблемы программирования. – 2006. – № 2-3. – С. 421–430.
7. Ильина Е.П. Методы автоматизированного управления экспертизами при концептуальной неоднородности экспертных взглядов // Проблемы программирования. – 2007. – № 4. – С. 39–50.
8. Артамонов В.А., Салий В.Н., Скорняков Л.А. Общая алгебра. Т.1, 2. – М.: Наука, 1991. – 348 с.
9. ДСТУ ISO 15504 «Інформаційні технології. Оцінювання процесів життєвого циклу програмних засобів. Частина 1. Концепції та вступна настанова» // Держспоживстандарт. – 2002. – 12 с.
10. ДСТУ 2844-94 Програмні засоби ЕОМ. Забезпечення якості. Терміни та визначення. – К.: – Держстандарт України, 1994. – 18 с.
11. Williams R.C., Pandelios G.J., Behrens S.G. Software Risk Evaluation (SRE) Method Description (Version 2.0). Technical report CMU/SEI-99-TR-029, ESC-TR-99-029. – Pittsburg, 1999. – 120 p.
12. Ильина Е.П., Слабостицкая О.А. Формы, метрики и свойства отношения сходства между концептами в онтологиях экспертных точек зрения // Проблемы программирования. – 2005. – № 4. – С. 39–49.
13. Ильина Е.П., Ольховская Ю.В., Слабостицкая О.А. Построение и обоснование обобщенного дерева критериев ценности при учете различных точек зрения на проблему многокритериального оценивания // Проблемы программирования. – 2004. – № 2-3. – С.344–355.
14. Слабостицкая О.А. Один подход к разработке инструментальных средств экспертизы иерархических альтернатив в развивающейся предметной области // Проблемы програмування. – 1998. – № 4. – С. 35–43.
15. Слабостицкая О.А. Формальный аппарат экспертного решения проблемы многокритериального оценивания при учёте ряда точек зрения на проблему // Проблемы программирования. – 2002. – № 1-2. – С. 430–440.