

П.І. Андон, І.П. Сініцин, П.П. Ігнатенко, О.О. Слабоспицька

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЕКСПЕРТНО-АНАЛІТИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ ВИТРАТ НА РОЗРОБЛЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Для оцінок витрат на прикладне програмне забезпечення (ППЗ) комп'ютерних систем (КС) виявлено нові ролі. В успішному розробленні (модернізації) КС – підстав і засобу координації рішень з узгодження цінності й витрат на їх життєвий цикл (ЖЦ), яке прийнятне для зацікавлених у сторін КС. Обґрунтовано уніфікацію методів оцінювання вартості ППЗ на підтримку цих ролей за особливостей ЖЦ КС (еволюційності й різноманітності моделей ЖЦ, застосування готових (не)програмних ресурсів, змінності вимог до КС і ППЗ, їх загострення для ефективності, надійності й захищеності). В руслі експертно-аналітичного підходу до оцінювання витрат на ППЗ, започаткованого авторами, надано механізм уніфікації – інформаційну технологію багаторазового обґрунтованого розв'язання в ЖЦ КС формалізованої задачі оцінювання витрат за допомогою експертиз ППЗ у спільному інформаційному середовищі. Технологія уніфікує методики авторів з оцінювання витрат на розроблення/річний супровід ППЗ за моделлю СОСОМО II.2000.4 і випробувані методи (універсальні й спеціальні для КС оборонного призначення) в руслі авторської методології Діагностичної експертизи. Описано складники технології: поповнювані класифікатори ППЗ і їх моделей ЖЦ; математичні методи (проведення експертиз, оцінювання трудомісткості ППЗ, її перетворення у вартість за чинними регламентами діловодства, побудови/уточнення для неї регресійних моделей); функцію застосовності методів до ППЗ; підмоделі й режими автоматизованої підтримки процесів експертного оцінювання витрат на ППЗ і добору експертів. Розроблена технологія пришвидшує й здешевлює оцінювання витрат на ППЗ КС завдяки вдосконаленню його методів за накопичуваними результатами та уніфікації процедур. Вона вчасно забезпечує всіх учасників ЖЦ ППЗ і КС обґрунтованими, адекватно деталізованими й зівставними оцінками витрат, сприяючи обґрунтованості й інформаційній наступності рішень з раціональної організації процесів розроблення (модернізації) КС і дотриманню їх ефективності, прийнятної для зацікавлених сторін.

Ключові слова: комп'ютерна система, прикладне програмне забезпечення, життєвий цикл, рішення, інформаційна технологія, модель оцінювання витрат, трудомісткість, діагностична експертиза.

Постановка проблеми

Стрімкий розвиток індустрії КС у світі й Україні наразі вимагає від суб'єктів ЖЦ КС узгодження цінності й витрат на ЖЦ, прийнятної для всіх груп, зацікавлених у КС. На його підтримку запропоновано [1–4] подання ЖЦ КС та її ППЗ системою взаємопов'язаних фінансово-залежних рішень щодо компромісних варіантів КС і ППЗ та їх ЖЦ, які реалізують прийнятний баланс.

У відповідних підходах, насамперед ціннісно-орієнтованій системній [2, 3] і програмній [4] інженерії Б. Боєма, оцінкам витрат на ППЗ КС надано нові ролі:

а) підстав рішень у ЖЦ ППЗ і КС, зокрема застосування рішень-аналогів;

б) засобу підвищення оперативності, обґрунтованості й економічної ефективності цих рішень та їх ресурсно-цільової

координації в ЖЦ ППЗ і КС, а також із «зовнішніми» рішеннями стратегічного, тактичного, оперативного бюджетування в державних структурах, зацікавлених у КС.

Через різноманітність концептуальних засад і ситуацій застосовності поширених методів оцінювання витрат на ППЗ, ефективна підтримка нових ролей а), б) за їх допомогою потребує принаймні уніфікації самих методів та обґрунтування їх результатів для запитувачів. У країнах з розвинутою індустрією КС для цього створено державну інфраструктуру багаторазового інформаційно спадкоємного оцінювання витрат на КС і ППЗ КС в їх ЖЦ. Наприклад, у США вона охоплює [5]: мережу органів оцінювання витрат; фахові спільноти, координовані Міжнародною асоціацією з оцінювання й аналізування витрат

(www.iceaaonline.com); гнучко уніфіковане й автоматизоване нормативно-методичне поле, ядро якого – відповідний Звіт знань; освітні й сертифікаційні програми у профільних ВИШах й аналітичних структурах сектору національної безпеки та оборони.

За відсутності подібної інфраструктури в Україні, авторами запропоновано експертно-аналітичний підхід до оцінювання витрат на ППЗ КС у процесах розроблення (модернізації) КС [6]. Його сутність – подання діяльності з оцінювання витрат системою дій з багаторазового обґрунтованого розв’язання спеціальної задачі їх оцінювання, формалізованої в [6], за допомогою уніфікованих експертиз ППЗ КС, взаємопов’язаних у спільному інформаційному середовищі. Для узгодженої підтримки традиційних і нових ролей оцінок витрат запроваджено механізми реалізації відповідних функцій експертиз [6]. Основний серед них – уніфікована інформаційна технологія експертно-аналітичного розв’язання зазначеної задачі оцінювання витрат на ППЗ КС (ІТОВ).

Мета статті – опис сутності ІТОВ і пропозицій з її впровадження. Вона підсумовує результати досліджень з визначення витрат на ППЗ КС і досвід їх застосування у форматі авторських методик [7, 8] в ІПС НАН України в 2005–2018 рр.

Підґрунтя технології оцінювання витрат на ППЗ КС

Особливості процесів розроблення (модернізації) КС. Підґрунтям ІТОВ є інформаційний контекст оцінювання витрат на ППЗ у ЖЦ КС. Його утворюють особливості процесів успішного розроблення (модернізації) КС як середовища оцінювання витрат на ППЗ КС, складники методичного апарату підтримки цих процесів, істотні для оцінювання, та вимоги до методів оцінювання на підтримку нових ролей оцінок витрат у ЖЦ КС [6].

Зазначені особливості охоплюють класи рішень у ЖЦ КС, підставами яких стають оцінки вартості ППЗ, та актуальні тренди ціннісно-орієнтованої інженерії КС і ППЗ, що ускладнюють отримання оцінок. Основними класами рішень є [2–4, 9, 10]:

– узгодження вимог і планових витрат щодо ППЗ КС, оптимальне для ефективного реалізації призначення КС (P_1);

– узгодження меж продуктивності, планових витрат, способу придбання ППЗ (розроблення, закупівля, ліцензування тощо) та його опцій і виконавців (P_2);

– визначення функцій, показників якості та проекту архітектури ППЗ, оптимальних для реалізації призначення КС, за прийнятних витрат на ППЗ (P_3);

– схвалення/заборона окупних/неокупних дій на фазах ЖЦ ППЗ (P_4);

– вибір коригувальних дій за відхилення проекту ППЗ від бюджету (P_5);

– оперативні й тактичні рішення з управління програмами й проектами розроблення/модифікації ППЗ на підставі показників освоєного обсягу (P_6) [9];

– узгодження підмножин функцій і показників якості версії ППЗ, яка становить цінність для зацікавлених груп, і параметрів ітерацій з її розроблення/модифікації – для еволюційних моделей ЖЦ (P_7).

До трендів, що вимагають опрацювання для рішень P_1 – P_7 , належить [2–4, 10]:

– зростання розміру, динамічності, складності КС і ППЗ та їх ЖЦ (T_1);

– різномірність і слабо передбачувану змінність вимог до ППЗ у ЖЦ КС (T_2);

– переважне застосування різномірних гнучких і гібридних технологій розроблення/модифікації ППЗ (T_3);

– поширення еволюційних моделей ЖЦ із спаданням продуктивності розробників у міру виконання ітерацій (T_4);

– інтенсивне застосування в ЖЦ КС різномірних готових (не)програмних ресурсів й успадкованого ППЗ і технологій їх реінжинірингу (T_5);

– (над)високі вимоги до якості ППЗ (зручності застосування, ефективності, гарантоздатності, захищеності тощо) (T_6);

– «проблема 2007 року» [11] – втрата особистісних знань і досвіду квалі-

фікованих фахівців з оцінювання витрат після їх звільнення за віком через відсутність засобів повторного застосування знань (T_7).

Складники методичного апарату підтримки життєвих циклів ППЗ і КС. Перший складник, застосований в ІТОВ, – рамкова модель ЖЦ ППЗ і КС, розроблена під керівництвом Б. Боєма для опрацювання трендів $T_1–T_5$ і названа спіральною моделлю покрокових зобов’язань (Incremental Commitment Spiral Model) [2–4]. Назва фіксує визначальні особливості моделі:

- подання ЖЦ послідовністю уніфікованих ітерацій для вдосконалюваних версій ППЗ, які становлять цінність для зацікавлених сторін (розробника, спонсора, споживачів, обслуговувачів тощо);
- спільні перегляди цими сторонами наприкінці фаз ЖЦ своїх зобов’язань щодо наступної фази на підставі оцінок її вартості й ризику невиконання.

Передбачено такі типи зобов’язань:

- а) вилучення наступної фази, якщо ризик нехтовно низький, а витрати істотні;

б) її виконання за прийнятних ризику й витрат;

в) опрацювання ризику на поточній фазі, якщо він високий, але опрацьований;

г) закриття/перевизначення проекту за неприйнятних витрат і/або ризику.

Прийняття зобов’язань а)–г) вимагає принаймні рішень класів $P_1–P_7$ щодо чергової версії ППЗ та ітерацій з її розроблення/модифікації. Внаслідок цього невід’ємним складником ЖЦ КС стає процес експертно-аналітичного оцінювання витрат на ППЗ, декларований у [6] і описаний далі. Саме він вчасно надає адекватні оцінки витрат на підтримку рішень класів $P_1–P_7$. Пофазні перегляди визначають для нього організаційну інфраструктуру й технологічні регламенти перебігу.

Структуру ЖЦ за моделлю покрокових зобов’язань показано на рис. 1. Подані тут «кільця спіралі» й занумеровані кружечки на них відображають ітерації з їх фазами (назви яких показано всередині кільця) і, відповідно, пофазні перегляди з припустимими зобов’язаннями.



Рис. 1. Внутрішня структура ЖЦ ППЗ і КС за моделлю покрокових зобов’язань

Модель покрокових зобов'язань передбачає для розроблення/модифікації версії ППЗ дві стадії: покрокове визначення та покрокове розроблення й виконання. Для кожної i -ї версії ППЗ, починаючи з другої, перша стадія містить єдину фазу обґрунтування. Згідно із своєю назвою, друга стадія охоплює фази Розроблення й Виконання. Як показано на рисунку, протягом кожної ітерації різні (але ефективно взаємодіючі) команди одночасно реалізують фази Виконання для $(i-1)$ -ї ітерації, Розроблення – для i -ї та Обґрунтування – для $(i+1)$ -ї, $i > 1$.

Ураховуючи особливу роль першої версії, яка істотно обумовлює рішення щодо доцільності й вмісту подальших ітерацій, перша стадія для неї містить додаткові фази Розвідування й Вартісного аналізування, виконувани одноразово. Аналізування можна пропустити, якщо перегляд зобов'язань після Розвідування засвідчує нехтовно низький ризик його невиконання. Отже, для першої версії в загальному випадку передбачено п'ять ітерацій. Фази, відповідні першим трьом з них, складають стадію її Визначення і тому відокремлені на рис.1 прапорцем.

Описана структура ЖЦ уможливорює необхідну для ІТОВ уніфікацію його різномірних моделей відображенням:

$$u : \cup_{lm \in PM} PH(lm) \rightarrow 2^{PCM}. \quad (1)$$

Воно зіставляє певній фазі ЖЦ за моделлю $lm \in PM$ ($ph(lm) \in PH(lm)$) підмножину розглянутих фаз ЖЦ. Наразі до множини PM внесено такі моделі, для яких у [3] визначено відображення u (1): класичні спіральну й водоспадну, швидкого розроблення застосунків, раціонального уніфікованого процесу, V-подібну, SCRUM з його різновидами. У свою чергу, множина PCM з (1) містить пари, утворені номером ітерації й типом фази (з числа зазначених вище).

Поряд з регламентуючою й уніфікуючою моделлю покрокових зобов'язань в ІТОВ застосовано також перспективні методи визначення витрат на ППЗ [9–14]. Вони реалізують експертне оцінювання

певних чинників трудомісткості ППЗ (у цілому або з ієрархічною деталізацією) та аналітичне агрегування їх отриманих оцінок за моделями трьох груп.

Γ_1 . Мультиплікативні регресійні моделі трудомісткості:

- індустриально випробувані для до-вільного ППЗ – COCOMO II.2000.4, TRUE S, SEER SEM, SLIM [12–14];

- COCOMO III [14], що уточнює COCOMO II.2000.4 за дії трендів T_1 – T_6 ;

- цільові уточнення COCOMO II.2000.4 для окремих трендів з числа T_1 – T_6 – COCOTS, COOSS, Agile COCOMO, CORADMO, COINCOMO, COSECMO [14];

- моделі для ППЗ спеціальних типів у КС оборонного призначення [10].

Γ_2 . Моделі застосування даних щодо вартості й характеристик аналогів оцінюваного ППЗ [9, 10, 12–14].

Γ_3 . Мережі Байеса для довільного ППЗ, уточнювані в міру накопичення даних щодо його вартості й характеристик, – CoBRA [11], доробки SEI [14].

Різномірні методи оцінювання витрат у руслі нечіткої логіки [14], штучного інтелекту, генетичних алгоритмів [6] тощо непридатні в ІТОВ через незіставність результатів і жорсткі вимоги до кваліфікації оцінювачів і користувачів оцінок.

Вимоги до оцінок витрат на ППЗ КС. Традиційні вимоги до методів оцінювання витрат на ППЗ КС – прийнятність і зрозумілість алгоритму та ключових областей ризику проекту ППЗ для всіх зацікавлених сторін [6] – недостатні для узгодженої підтримки традиційних (під час бюджетування проекту ППЗ) і зафіксованих вище нових ролей оцінок витрат, особливо в ЖЦ за моделлю покрокових зобов'язань.

Для цього висунуто *нові* вимоги:

- уніфікація щодо умов оцінювання (ролей агентів, регламентів, підтримуваних рішень, класів ППЗ, моделей їх ЖЦ тощо);

- обґрунтованість для всіх користувачів і багаторазова застосовність формованих оцінок витрат на ППЗ у ЖЦ КС;

- урахування рівня інформованості оцінювачів витрат, підтримка їх ефективної комунікації, збереження й застосування здобутого досвіду;
- аналіз аналогій і відношень класифікації ППЗ, КС, суб'єктів їх ЖЦ, джерел інформації для оцінювання;
- урахування всіх релевантних точок зору на чинники вартості ППЗ КС;
- відповідність чинним регламентам фінансового діловодства;
- урахування трендів T_1-T_6 .

Сутність розробленої технології оцінювання витрат на ППЗ КС

Засади та модель технології. Як основний механізм підходу до оцінювання витрат на ППЗ КС [6], ІТОВ має ресурсно-ефективно підтримувати передбачені ним функції експертиз ППЗ:

- моніторинг оцінок трудомісткості/вартості ППЗ заданих класів (Φ_1);
- побудову моделі оцінювання трудомісткості ППЗ заданого класу (Φ_2);
- вибирання ППЗ заданих класів з оптимальним значенням трудомісткості/вартості/чинника трудомісткості (Φ_3);
- аналізування адекватності моделі оцінювання трудомісткості ППЗ (Φ_4);
- аналізування узгодженості поглядів експертів на чинники трудомісткості ППЗ заданого класу (Φ_5);
- зіставлення поглядів суб'єктів ЖЦ КС на взаємозв'язки й оцінки чинників трудомісткості ППЗ заданих класів (Φ_6).

На підтримку функцій $\Phi_1-\Phi_6$ з урахуванням розглянутого вище контексту їх виконання прийнято засади ІТОВ.

P_1 . Забезпечення оцінювання витрат на розроблення/річний супровід ППЗ для множини моделей ЖЦ PM з (1), моделі покрокових зобов'язань (icm) і моделей ЖЦ ППЗ, для яких визначено методи оцінювання цих витрат або відображення (1).

P_2 . Уніфікація й контекстно-залежна інтеграція новітніх методів оцінювання витрат на ППЗ у міру їх оприлюднення та методів застосування моделей

груп $\Gamma_1-\Gamma_3$ і СОСОМО П.2000.4 у перед-проектній формі для розроблення/річного супроводу ППЗ [7, 8] – у руслі авторської методології Діагностичної експертизи [15].

P_3 . Підтримка як скалярних, так і триточкових оцінок витрат для оптимістичного, реалістичного й песимістичного сценаріїв перебігу ЖЦ ППЗ за всіма релевантними моделями оцінювання.

P_4 . Урахування розбіжностей у кваліфікації й інформованості експертів шляхом угодженого застосування на фазах ЖЦ адекватних моделей оцінювання класів Дерево цінності [15] та мережа Байеса [11].

Згідно з P_1-P_4 , модель ІТОВ подано дворівневим кортежем

$$ctm = \langle\langle SC, LM, MM, mf \rangle\rangle; \quad \langle\langle cem, esm \rangle\rangle; RG \rangle; \quad (2)$$

$$LM \supseteq PM \cup \{icm\};$$

$$mf : SC \cup \{all\} \times LM \rightarrow PM. \quad (3)$$

У виразах (2), (3):

SC – поповнювана множина класів ППЗ КС, яким в ІТОВ зіставлені ефективні спеціальні методи оцінювання витрат на розроблення і/або річний супровід;

all – клас ППЗ, для якого немає спеціальних методів оцінювання;

LM – поповнювана множина моделей ЖЦ ППЗ, для яких підтримано оцінювання витрат на розроблення (з пофазним розподілом) і/або річний супровід ППЗ;

MM – математичні методи ІТОВ;

mf (3) – функція визначення застосовних методів оцінювання трудомісткості $mm \in EM$ для ППЗ класу $c \in SC \cup \{all\}$ з моделлю ЖЦ $lm \in LM$;

cem і esm – підмоделі процесів експертно-аналітичного оцінювання витрат на ППЗ і випереджального ведення Корпусу експертів для нього універсальними засобами Діагностичної експертизи [15], інтегрування яких до процесу оцінювання продукту в ЖЦ ППЗ запропоновано в [6];

RG – поповнювана множина режимів оцінювання витрат на ППЗ в ІТОВ.

Множину SC складають 13 класів ППЗ КС оборонного призначення, запропоновані для аналізу витрат у процесі оборонного планування США [10]. Клас $c \in SC$ поєднує ППЗ певного *типу* (тобто з подібними функціями й показниками якості) для КС, що функціонують у деякому *середовищі* (наземних, просторових, повітряних, морських, артилерійських). Показові приклади класів – ППЗ керування й контролювання або планування реалізації призначення КС у наземних оборонних комплексах; комунікації для КС морських суден; контролювання навантаження в КС повітряних транспортних засобів [9, 10].

У свою чергу, ядро множини RG у виразі (2) утворюють три режими:

а) *спрощений* (усі функціональні ролі з оцінювання витрат покладено на Запитувача оцінок або Аналітика – організатор оцінювання; застосовні лише передбачені рамкові моделі оцінювання);

б) *обмежений* (додано роль Менеджера експертів, що адмініструє Корпус експертів; за Аналітиком залишено ролі модератора експертиз та адміністратора їх інформаційного середовища, але формування моделей оцінювання не дозволено);

в) *повнофункціональний* (агенти з відповідними ролями в повному обсязі виконують усі операції оцінювання витрат, розглянуті далі).

Математичні методи. На підтримку функцій $\Phi_1 - \Phi_6$ ІТОВ поєднує методи:

– оцінювання трудомісткості розроблення (загалом і з пофазним розбиттям) або річного супроводу ППЗ класів $c \in SC \cup \{all\}$ для моделей ЖЦ $lm \in LM$ (EM);

– перетворення оцінки трудомісткості для ППЗ, отриманої методами з EM , в оцінку його вартості згідно з чинними регламентами фінансового діловодства (CM);

– універсальні методи проведення експертиз за моделями класів Мережа Байеса й Дерево цінності [15, 16] (UM);

– методи регресійного аналізу з обмеженнями [17] для побудови й удосконалення параметричних моделей трудомісткості ППЗ певного класу в міру накопичення фактичних даних щодо трудомісткості й характеристик перебігу проектів розроблення/модифікації ППЗ (RM).

Отже, в моделі ІТОВ (2)

$$MM = EM \cup TM \cup UM \cup RM. \quad (4)$$

Ядро групи EM складають методи:

– Problem Evaluation and Review Technique (PERT) [12] (m_{11});

– узгодженого експертного оцінювання функційного розміру ППЗ (у рядках коду) та інтегральних показників впливу значущих характеристик і масштабу проекту для ППЗ на його трудомісткість – за деревами цінності, відповідними авторським методикам щодо розроблення [7] й річного супроводу ППЗ [8] (m_{12}, m_{13});

– агрегування узагальнених експертних оцінок, отриманих певним методом $mt \in EM$, для функційного розміру ППЗ та інтегральних показників впливу на його трудомісткість чинників, що її визначають за моделями груп $\Gamma_1 - \Gamma_3$, (m_{14});

– уточнення методу m_{14} для ППЗ класів $c \in SC$ з (2) [10] ($m_{15} - m_{17}$).

Метод PERT застосовують на ранніх стадіях ЖЦ КС за неможливості оцінювання функційного розміру ППЗ КС через відсутність специфікації вимог до нього та, отже, незастосовності решти методів групи EM . Він надає оптимістичну оцінку трудомісткості ef_0 (імовірність недосягнення якої не перевищує 0.05), реалістичну ef_r (що може бути перевищена й недосягнута з однаковою імовірністю 0.5) і песимістичну ef_p (для якої імовірність перевищення не більша 0.05) на підставі оптимістичної (e_0), реалістичної (e_r) й песимістичної (e_p) експертних оцінок (індивідуальних або узагальнених) згідно з виразами

$$ef_r = (e_0 + e_p + 4e_r) / 6; \quad ef_0 = ef_r - 2\sigma; \quad (5)$$

$$ef_p = ef_r + 2\sigma; \quad \sigma = (e_p - e_0) / 6.$$

Метод m_{14} надає узагальнюючий вираз для агрегування [6]:

$$ef(mt) = \exp\{daf(mt) + dat(mt) + dac(mt)\} \times \\ \times dv(mt)^{(b(mt) + c(mt) \times dsf(mt))} \times a(mt), \quad (6)$$

де $ef(mt)$ – пошукова трудомісткість розроблення/річного супроводу ППЗ;

$daf(mt)$, $dat(mt)$, $dac(mt)$, $dsf(mt)$ – отримані методом mt за відповідними йому деревами цінності або мережами Байєса узагальнені експертні оцінки інтегральних показників впливу на $ef(mt)$ чинників, що її визначають – значущих характеристик проекту для ППЗ, класу ППЗ; показників якості ППЗ і тактико-технічних характеристик КС, масштабу проекту для ППЗ;

$dv(mt)$ – узагальнена експертна оцінка функційного розміру ППЗ, отримана методом mt за відповідним йому деревом цінності або мережею Байєса.

$b(mt)$, $c(mt)$, $a(mt)$ – нормуючі константи, визначені методом mt .

Кожний з решти методів $mt \in EM$ визначено набором з трійки констант $a(mt)$, $b(mt)$, $c(mt)$ і п'яти дерев цінності або мереж Байєса для отримання, у відповідних експертизах, узагальнених експертних оцінок функційного розміру ППЗ ($dv(mt)$) та інтегральних показників впливу чинників трудомісткості $daf(mt)$, $dat(mt)$, $dac(mt)$, $dsf(mt)$ з (6) за моделями груп Γ_1 – Γ_3 або їх новітніми уточненнями.

Ураховуючи недостатність нормативного поля аналізування витрат на ППЗ КС, до групи ТМ внесено єдиний метод перетворення оцінки трудомісткості (5) або (6) в оцінку вартості розроблення/річного супроводу ППЗ ($ct(mt)$) для типової ситуації державних тендерів на розроблення/модифікацію ППЗ КС (m_{21}). Метод m_{21} визначено виразами [6–8]:

$$ct(mt) = LC + EX + TA + TC + RI; \quad (7)$$

$$LC = (152 \times ef(mt) \times H_{cp}) / W;$$

$$EX \in [WC/2; WC],$$

$$EX \in [0.5LC; LC]; TA = 0,22WC;$$

$$TC = 0,2(LC + EX),$$

де LC і TA – фонд оплати праці й податкові нарахування на нього;

EX і RI – накладні витрати і прибуток виконавця тендера;

TC – податок на додану вартість;

H_{cp} і W – середньомісячні заробітна плата в галузі розроблення вітчизняних програмних продуктів і норма тривалості робочого часу протягом проекту розроблення/модифікації оцінюваного ППЗ.

У свою чергу, група UM поєднує методи трьох підгруп. Перша з них (UM_1) містить методи інтерактивного формування інформаційного середовища процесу оцінювання витрат на ППЗ його агентами:

- поповнення Банків даних (БД) щодо об'єктів і суб'єктів процесів створення (модернізації) КС і джерел інформації для оцінювання витрат на ППЗ;

- самореєстрації та формування й реєстрації об'єктів внутрішніх структур знань ІТОВ, описаних далі, в інформаційному середовищі експертиз ППЗ;

- інтерактивної побудови моделі оцінювання (дерева цінності й мережі Байєса) для функційного розміру ППЗ і міри впливу на його трудомісткість наведених у виразі (6) чинників, що її визначають;

- досвіду експерта щодо структури його моделі оцінювання та оцінок за нею;

- визначення вагових коефіцієнтів і шкал для дерева цінності (безпосередньо й парними порівняннями за фундаментальною шкалою Т. Сааті [16]);

- ведення Корпусу експертів з описом у відповідному паспорті сфер і рівнів компетентності фахівця на підставі публікацій і позиції у фахових спільнотах [15];

- формування експертної групи за паспортами членів Корпусу та висновками щодо їх ефективності в експертизах ППЗ.

Складники другої підгрупи (UM_2) – методи узагальнення особистих суджень експертів щодо чинників витрат на ППЗ:

– узгодження експертних версій дерев цінності (автоматичне й інтерактивне);

– узагальнення суджень експертів щодо оцінюваних чинників витрат з оптимізацією якості узагальненого судження.

Нарешті, третя підгрупа (UM_3) охоплює методи формального аналізу ретроспективи результатів експертиз ППЗ:

– агрегування (автоматичне й інтерактивне) ретроспективних версій дерев цінності для функційного розміру ППЗ і міри впливу на його трудомісткість чинників з (6), що її визначають;

– формування віртуальної експертної групи з експертів, що вже надали оцінки заданих пар «ППЗ; чинник для ППЗ»;

– формальне порівняння ретроспективно поданих поглядів агентів оцінювання на вартість/трудомісткість/чинник трудомісткості ППЗ певного класу;

– формування рекомендацій щодо внутрішніх структур знань ІТОВ і складу експертів для повторних експертиз ППЗ;

– формування учасниками експертиз рекомендацій з актуалізації інформаційного середовища процесу оцінювання;

– обчислення вартості/трудомісткості/чинника трудомісткості ППЗ певного класу за ретроспективними оцінками підпорядкованих чинників, що її визначають;

– вибирання об'єктів внутрішніх структур знань ІТОВ для експертиз ППЗ певного класу за подібністю (заданих форми й рівня) [16] до заданого елементу інформаційного середовища;

– вибирання ретроспективної моделі оцінювання (за відстанню до заданої моделі за метрикою А. Раппопорта [16] або оцінкою перспективності для поточної задачі оцінювання витрат).

Структури знань технології. Реалізація засад ІТОВ $П_2$ – $П_4$ потребує уточнення рамкових структур знань методології Діагностичної експертизи та долучення двох структур знань верхнього рівня.

Перша додаткова структура – *затит* щодо оцінок витрат на ППЗ КС. Він конс-

структивно уточнює постановку задачі оцінювання витрат на ППЗ [6] у вигляді структурованого кортежу

$$rq = \langle ch; \langle is, [ir], im \rangle; [C(ir)]; r^q \rangle, \quad (8)$$

$$C(ir) = \langle \{ \langle lm, fn(lm), p(lm), lm \in RM \rangle \}; et; \quad (9)$$

$$[\langle OD, TM(OD) \rangle]; MD; [M]; [MG] \rangle,$$

$$\emptyset \neq RM \subseteq LM; \emptyset \subseteq MD \subset EM,$$

де $ch \in \{ef; ct\}$ – запитана трудомісткість (ef) або вартість (ct) розроблення чи річного супроводу оцінюваного зразка ППЗ;

is, ir, im , – унікальні ідентифікатори цього зразка та, відповідно, необов'язкової специфікації вимог до нього й обов'язкового опису призначення КС;

$C(ir)$ – умови оцінювання, які вказують лише в разі зазначення ir ;

$[x]$ – позначення необов'язковості x .

У виразі для умов оцінювання (9):

RM – моделі ЖЦ ППЗ, для яких запитано оцінку показника ch ;

$fn(lm)$ – фаза моделі ЖЦ lm , станом на початок якої запитано оцінювання ch ;

$p(lm) \in \{0; 1\}$ – позначка потреби розбиття оцінки ch по фазах моделі lm , починаючи з фази $fn(lm)$ (для $p(lm) = 1$) або отримання ch без розбиття (для $p(lm) = 0$);

$et \in \{s; i\}$ – тип запитаних оцінок ch , скалярних ($et = s$) або триточкових ($et = i$);

OD і $TM(OD)$ – множини вимог до організації-розробника і команди розроблення/модифікації зразка ППЗ is , за дотримання яких оцінюють показник ch для is ;

MD – методи оцінювання трудомісткості, які треба застосувати (сумісні з моделями ЖЦ RM);

M, MG – вимоги до ролей і компетенцій модераторів експертиз та експертів.

Другою додатковою структурою є *Модельна постановка* (задачі оцінювання витрат на ППЗ). Вона зіставляє парі «клас ППЗ c ; модель ЖЦ lm » перелік подання

припустимих методів $m_i \in EM$, $i \neq 1, 4$ у форматі вищеписаних восьмиелементних кортежів. Отже, це дворівневий кортеж

$$ms(c, lm) = \langle MA(mt), mt \in mf(c, lm); r^m \rangle, \quad (10)$$

$$MA(mt) = \langle a(mt), b(mt), c(mt); \quad (11)$$

$$\langle iem(f, mt), f \in \{v, af, sf, at, ac\} \rangle,$$

де $a(mt)$, $b(mt)$, $c(mt)$ – визначальні параметри методу mt ;

$iem(f, mt)$ – ідентифікатор моделі оцінювання чинника витрат f згідно з методом mt , яка є мережею Байєса або деревом цінності (ї доцільна відповідно для фаз першої й другої половини ЖЦ ППЗ);

v, af, sf, at, ac – позначки сутності чинника f , роль якого відіграє функційний розмір ППЗ і міри впливу на його трудомісткість чинників з (6), що її визначають.

У свою чергу, уточнені *Деталізована постановка* для оцінювання чинника f з (11) та *Узагальнена оцінка* f в експертизі за цією Постановкою набувають вигляду

$$ps(is, f) =$$

$$= \langle is; iem(f); M, MG, CT, VF; r^p \rangle, \quad (12)$$

$$f \in \{v, af, sf, at, ac\};$$

$$er(ps(is, f)) = \langle g, ID, gd, CU, r^e \rangle, \quad (13)$$

де збережено попередні позначення;

M і MG – остаточні вимоги до ролей і компетенцій модератора й експертів;

CT і VF – нормативно-методичні документи й результати інших оцінювань витрат, що є, відповідно, джерелами інформації для оцінювання чинника f і підставами верифікації його оцінок;

g, ID, gd, CU – склад експертів згідно з MG з (12), їх оцінки f для зразка ППЗ is за моделлю $iem(f)$ (з можливими зауваженнями), результат узагальнення оцінок і застосовані джерела інформації.

Розв'язок задачі оцінювання витрат – оцінка ch для is за Запитом є кортежем

$$sl(rq) = \langle (ch(is, lm, mt), R^e(is, lm, mt)), \quad (14)$$

$$mt \in mf(c(is), lm) \cap MD, lm \in RM; r^s \rangle,$$

де $ch(is, lm, mt)$ – результат агрегування Узагальнених оцінок (13) чинників $f \in \{v, af, sf, at, ac\}$ згідно з (6) і, для $ch=ct$, перетворення результату у вартість;

$R^e(is, lm, mt)$ – кортеж реєстраційних реквізитів агрегованих Узагальнених оцінок чинників f .

Останній елемент r^v , $v \in \{q, m, p, e, s\}$ структур знань (8) – (14) – це їх реєстраційні реквізити (унікальне ім'я, автор, дата).

Технологічний процес оцінювання витрат на ППЗ КС

Модель процесу. Для безпосередньої реалізації функцій $\Phi_1 - \Phi_6$ з розв'язання задачі оцінювання витрат на ППЗ [6] процес експертно-аналітичного оцінювання цих витрат подано поповнюваною послідовністю пар уніфікованих раундів:

а) сервісної ініціалізації (для першого раунду) або актуалізації інформаційного середовища експертиз ППЗ;

б) цільового проведення в цьому середовищі експертиз з оцінювання трудомісткості/вартості ППЗ на фазах ЖЦ КС.

Таку структуру процесу фіксує його модель, вкладена до моделі ІТОВ (2):

$$cem(t) = \langle RL; SO; \langle AO_i, RO_i, AR_i \rangle; \quad (15)$$

$$\langle ENV_i, TO, TR_i \rangle, i \geq 1, t_{i-1} \leq t \leq t_i, i \geq 1,$$

$$t_0 = 0; RL = \{er, a, m, me, e, ad\},$$

де t – довільний момент у ЖЦ КС;

RL – функціональні ролі агентів: Запитувач оцінок (er), Аналітик процесу (a), Модератор експертизи (m), Менеджер експертів (me), Експерт (e), Адміністратор інформаційного середовища експертиз (ad);

SO – сервісні операції само-реєстрації агентів і реєстрації формованих ними об'єктів структур знань ІТОВ (8)–(14) в ENV_i ;

AO_i і RO_i – множини операцій ініціалізації ($i=1$) чи i -ї актуалізації інформаційного середовища експертиз

ППЗ i , відповідно, встановлення регламентів AR_i і TR_i ;

AR_i – технологічні регламенти завершення ініціалізації/ i -ї актуалізації ENV_i ;

ENV_i – інформаційне середовище експертиз ППЗ після ініціалізації ($i=1$) або i -ї актуалізації;

$TO = \langle O, R \rangle$, $R \subset O \times O$ – підмодель координації цільових операцій реалізації функцій $\Phi_1 - \Phi_6$ в актуальному середовищі ENV_i , складена множинами операцій (O) і взаємозв'язків між ними (R);

TR_i – технологічні регламенти завершення i -го цільового раунду;

t_i , $i \geq 0$ – моменти початку раундів ініціалізації/актуалізації середовища ENV_i .

Отже, в моделі (15) підкортеж $\langle AO_i, RO_i, AR_i \rangle$ є поданням сервісних раундів, а $\langle ENV_i, TO, TR_i \rangle$ – відповідно, цільових.

Сервісний раунд. Множина операцій ініціалізації середовища експертиз AO_1 з (15) містить побудову: описаних вище ядер класифікаторів SC , LM і рішень у ЖЦ КС; рамоквих дерев цінності й мереж Байеса для методів m_{12} , m_{13} , $m_i \in EM$, $i > 17$; рамоквих модельних постановок (10), (11) для пар (c, lm) , $c \in SC \cup \{all\}$, $lm \in PM \cup \{icm\}$. Надалі операції i -ї актуалізації середовища (AO_i) охоплюють його зміни, запитані учасниками ($i-1$ -го цільового раунду та зумовлені зовнішніми змінами в ЖЦ КС:

– актуалізацію класифікаторів SC , LM , рішень у ЖЦ КС і Корпусу експертів;

– аналізування зауважень учасників експертиз щодо моделей оцінювання й реалізацію тих, які визнано доцільними;

– побудову/уточнення параметричних моделей трудомісткості методами регресійного аналізу з обмеженнями (RM) [17] для тих класів ППЗ $c \in SC$ і пар (c, lm) , $c \in SC$, $lm \in LM$, яким в ENV_i відповідає достатньо фактичних даних та оцінок витрат.

У свою чергу, в множині операцій RO_i передбачено перегляд рамоквих ($i=1$) або поточних технологічних регламентів завершення i -го сервісного й цільового раундів (на підставі фактичних даних щодо проектів для ППЗ й оцінок витрат) та їх прийняття або оновлення.

Узагальнення доступних авторам кращих практик розроблення/модифікації ППЗ КС [2–4, 9, 10, 12] визначає два одночасні рамокві регламенти для AR_i : «ініціалізація/актуалізація не довше тижня»; «виконання всіх операцій AO_i ». Для TR_i рамоквий регламент завершення цільового раунду за часом – «щомісячно» доповнено альтернативними регламентами за обсягом запитаних змін ENV_i :

– «неадекватність хоча б однієї моделі оцінювання зазначено не менше x % учасників експертиз у раунді»;

– «визнано доцільність коригування не менше y % класифікаторів».

Згідно з кращими практиками, доцільно покласти $x = y = 10$. Однак застосування ІТОВ у конкретному ЖЦ КС потребує постійного налаштування AR_i , TR_i з урахуванням змінності процесу розроблення (модифікації) ППЗ, ЖЦ КС і наявних ресурсів (персоналу, часу, коштів).

Цільовий раунд. Згідно з наданим підходом до оцінювання витрат на ППЗ [6], i -й цільовий раунд реалізує систему взаємноспадкових уніфікованих підпроцесів багаторазового формулювання, постановки та експертного розв'язання на фазах ЖЦ КС визначеної в [6] задачі оцінювання витрат на ППЗ у середовищі ENV_i . Склад цільових етапів окремого підпроцесу та їх взаємозв'язки в ENV_i показано на рис. 2. Ці етапи позначено заокругленими прямокутниками, а ролі їх виконавців ($rl \in RL$ з (15)) і застосовні методи ($m \in MM$ з (2)) – літерами у нижньому й верхньому кутах прямокутників.

Згідно з рисунком, окремий підпроцес охоплює чотири етапи, надаючи об'єкти структур знань ІТОВ (8)–(14). На першому етапі – Формулювання задачі оцінювання витрат – агент з роллю

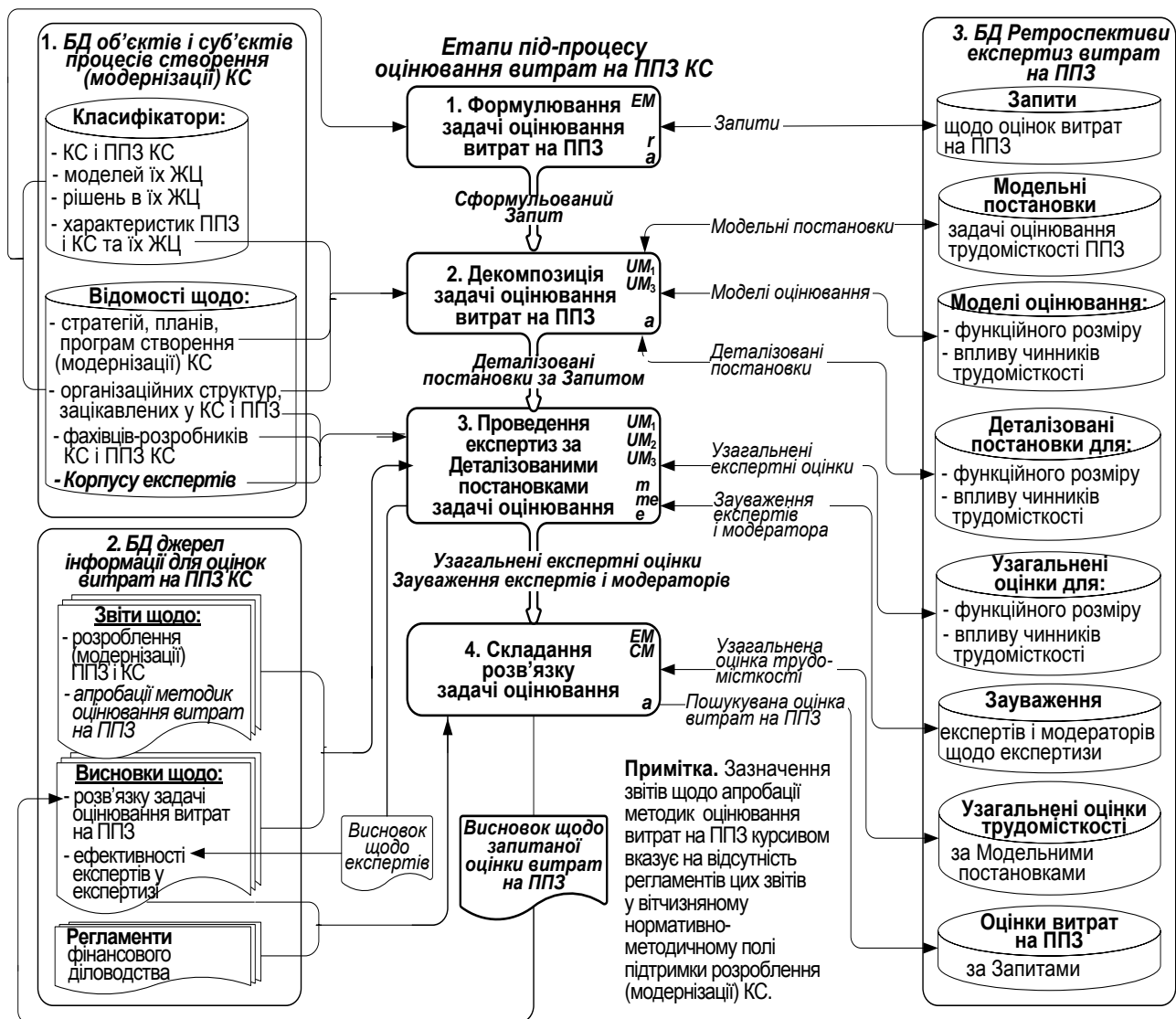


Рис. 2. Взаємозв'язки етапів оцінювання витрат на ППЗ в їх інформаційному середовищі

Запитувача оцінок або Аналітика процесу вибирає спосіб запитування та складає Запит щодо оцінок витрат (8), (9) вибраним способом. Другий етап – Декомпозиція задачі оцінювання витрат – автоматично зіставляє цьому Запиту Модельні постановки (10), (11) для всіх запитаних моделей ЖЦ $lm \in LM$. Якщо Аналітик визнає неприйнятними певні рамкові дерева цінності чи мережі Байеса для функційного розміру ППЗ і міри впливу на його трудомісткість чинників з (6), що її визначають, – він має описати їх на підставі своїх знань про ці чинники.

Далі, як показано на рис. 2, кожна Модельна постановка автоматично декомпується у Деталізовані постановки (12) для експертиз з оцінювання функційного розміру і вищезазначених чинників з (6).

На наступному етапі Організації й проведення експертиз за Деталізованими постановками Модератори експертиз добирають (методами UM_3) необхідні Узагальнені оцінки (13) для функційного розміру і/або вищезазначених чинників трудомісткості ППЗ у Банку даних щодо Ретроспективи експертиз, урахуваючи Зауваження експертів-оцінювачів і Висновки щодо їх ефективності. За відсутності прийнятних узагальнених оцінок їх отримують у відповідних експертизах згідно з [15] із залученням Експертів та їх Менеджера.

Нарешті, на останньому етапі Аналітик агрегує узагальнені експертні оцінки (13) в оцінку трудомісткості ППЗ за виразом (6) для кожної Модельної постановки. Далі, якщо в Запиті $ch = ct$, Аналітик

приймає рекомендований ІТОВ або вибирає бажаний регламент перетворення отриманої оцінки трудомісткості в оцінку вартості (14) і формує Висновок щодо розв'язку запитаної задачі оцінювання, вилучаючи з пропонованого шаблону небажані розділи.

Пропозиції з апробації ІТОВ

Ураховуючи нагальну потребу в забезпеченні обґрунтованості, інформаційної наступності й ресурсної координованості рішень з раціональної організації процесів розроблення (модернізації) КС, що дедалі загострюється для КС критичного призначення, запропоновано апробацію ІТОВ у процесі формування й виконання Державного оборонного замовлення (ДОЗ).

Для неї передбачено такі кроки:

- налаштування моделі ІТОВ (2) згідно з особливостями зазначеного процесу (класами ППЗ, моделями ЖЦ тощо);

- виявлення й формалізація штатних ситуацій оцінювання витрат на ППЗ у цьому процесі (за консультативної підтримки фахівців Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки й військово-наукового управління Генерального штабу ЗСУ);

- інтегрування виявлених ситуацій у базові мета-ситуації: оцінювання одним запитувачем або групою представників актуальних поглядів на чинники витрат; за специфікацією вимог до оцінюваного ППЗ КС або лише за описом призначення КС з її тактико-технічними характеристиками;

- побудова для мета-ситуацій сценаріїв оцінювання витрат у спрощеному режимі процесу (15) з відповідними рамковими об'єктами структур знань ІТОВ;

- вироблення архітектурних рішень інструментальних засобів автоматизованої підтримки цих сценаріїв. Для засобів пропонується формат Веб-порталу, що надає сервіси виконання операцій оцінювання (15) у спрощеному режимі згідно з ДСТУ EN ISO 13407:2007, 9241-11:2012. Функційним прототипом порталу є Програмний комплекс формування та інтелек-

туального узагальнення багатокритеріальних експертних оцінок [18], розроблений в ІПС НАНУ за участю авторів;

- програмна реалізація вироблених рішень у Макетному зразку зазначеного Веб-порталу та створення його експлуатаційної документації у форматі узгоджених методик для мета-ситуацій оцінювання.

Висновки

Розвинуто базовий механізм авторського експертно-аналітичного підходу до оцінювання витрат на програмне забезпечення комп'ютерних систем в їх життєвих циклах – Інформаційну технологію оцінювання витрат. Вона реалізує обґрунтоване й інформаційно спадкоємне розв'язання формалізованої задачі їх оцінювання за допомогою експертиз програмного забезпечення систем, взаємопов'язаних у спільному інформаційному середовищі. Технологія уніфікує й інтегрує методи, що адаптують СОСОМО П.2000.4 для вітчизняних систем, і випробувані методи оцінювання витрат, універсальні та для систем оборонного призначення, в руслі авторської методології Діагностичної експертизи. Її отримана модель поєднує: поповнювані класифікатори програмного забезпечення і моделей життєвого циклу; методи (експертування, оцінювання трудомісткості програмного забезпечення, перетворення її у вартість за чинними регламентами діловодства, побудови/уточнення її регресійних моделей); функцію застосовності методів; підмоделі й режими процесів експертного оцінювання витрат і добору експертів.

Запропонований процес оцінювання підтримує нові ролі формованих оцінок витрат на програмне забезпечення комп'ютерних систем – підстав і засобу координації рішень з узгодження їх цінності й вартості, стало прийнятним для зацікавлених груп. Оскільки ці ролі критичні в успішному розробленні (модернізації) систем, застосування наданої технології в їх життєвих циклах забезпечує обґрунтованість, інформаційну спадкоємність і ресурсну координованість згаданих рішень, сприяє дотриманню їх ефективно-

сті, прийнятної для зацікавлених груп. Передбачені в технології методи постійного уточнення моделей оцінювання витрат (за накопичуваними в середовищі експертиз їх результатами й даними програмних проєктів) та уніфікація процедур їх застосування дозволяють автоматизувати рутинні складники оцінювання витрат, пришвидшити й здешевити його. Описи режимів оцінювання витрат, технологічно уточнені у форматі методик, можуть скласти ядро нормативного поля аналізу витрат для державних тендерів з розроблення (модернізації) комп'ютерних систем та їх програмного забезпечення.

Література

1. Pica M. Systems Lifecycle Cost-Effectiveness: The Commercial, Design and Human Factors of Systems Engineering. Routledge, 2016. 182 p.
2. Boehm B. Principles for successful systems and software processes. *Proc. of the 2014 Int. Conf. on Software and System Process (ICSSP 2014)*, Nanjing, China. May 26–28. 2014. P. 3–7.
3. Boehm B., Lane J., Koolmanojwong S., Turner R. The Incremental Commitment Spiral Model: Principles and Practices for Successful Systems and Software. Addison Wesley, 2014. 299 p.
4. Biffi S., Aurum A., Boehm B. et al. Value-Based Software Engineering. SpringerVerlag Berlin Heidelberg, 2006. 398 p.
5. Mislick G.K., Nussbaum D.A. Cost estimation: methods and tools. John Wiley & Sons, Inc., 2015. 342 p.
6. Синцын И.П., Игнатенко П.П., Слабоспицкая О.А. Экспертно-аналитический подход к оцениванию затрат на программное обеспечение компьютерных систем. *Актуальные научные исследования в современном мире*. Вып. 8(40). Ч. 1. Август 2018. С. 143–149.
7. Андон П.І., Ігнатенко П.П., Слабоспицька О.О. Методика оцінювання витрат на розроблення прикладного програмного забезпечення комп'ютерних систем. Київ, 2014. – 48 с. – (Препр. / НАН України. Ін-т програмних систем; 2014-2). Свід. про реєстрацію авторського права на твір № 59158 від 06.04.2015.
8. Андон П.І., Ігнатенко П.П., Сініцин І.П., Слабоспицька О.О. Методика оцінювання витрат на супровід прикладного програмного забезпечення комп'ютерних систем. Київ, 2015. 68 с. (Препр. / НАН України. Ін-т програмних систем; 2015-1). Свід. про реєстрацію авторського права на твір № 64268 від 29.02.2016.
9. NASA Cost Estimating Handbook, v 4.0. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.nasa.gov/offices/ocfo/nasa-cost-estimating-handbook-ceh>.
10. Clark B., Madachy R. Software Cost Estimation Metrics Manual for Defense Systems. Software Metrics Inc, 2015. 253 p.
11. Trendovicz A. Software Cost Estimation, Benchmarking, and Risk Assessment: the Software Decision-Makers' Guide to Predictable Software Development. Sprit-ger Science & Business Media, 2013. 322 p.
12. Boehm B., Abts C., Brown A.W, Chulani S. Software Cost Estimation with COCOMO II. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 2009. 512 p.
13. Сидоров Н.А., Баценко Д.В., Василенко Ю.Н., Щebetин Ю.В. Модели, методы и средства оценки стоимости программного обеспечения. *Проблеми програмування*. 2006. № 2–3. С. 290–298.
14. Офіційний сайт Центру системної та програмної інженерії Університету Південної Каліфорнії. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://csse.usc.edu/csse/>.
15. Ильина Е.П., Слабоспицкая О.А., Синицын И.П., Яблокова Т.Л. Автоматизированная поддержка принятия решений по управлению программами фундаментальных научных исследований с использованием экспертной методологии. Киев. (Препринт Института программных систем НАН Украины), 2011. 94 с.
16. Лаврищева Е.М., Слабоспицкая О.А. Подход к экспертному оцениванию в программной инженерии. *Кибернетика и системный анализ*. 2009. № 4. С. 151–168.
17. Nguyen V., Boehm B., Steece B. A constrained regression technique for cocomo calibration. *Proc. of the Second ACM-IEEE Int. Symp. on Empirical software engineering and measurement (ESEM '08)*. Kaiserslautern, Germany, 2008. P. 213–222.
18. Ільїна О.П., Сініцин І.П., Ключко М.М., Слабоспицька О.О. Комп'ютерна програма «Програмний комплекс формування та

інтелектуального узагальнення багатокри-теріальних експертних оцінок». Свід. про реєстрацію авторського права на твір № 31357 від 14.12.2009. Київ: Державний департамент інтелектуальної власності МОНУ.

References

1. Pica M. Systems Lifecycle Cost-Effectiveness: The Commercial, Design and Human Factors of Systems Engineering. Routledge, 2016 – 182 p.
2. Boehm B. Principles for successful systems and software processes. Proc. of the 2014 Int. Conf. on Software and System Process (ICSSP 2014), Nanjing, China. May 26–28, 2014. P. 3–7.
3. Boehm B., Lane J., Koolmanojwong S., Turner R. The Incremental Commitment Spiral Model: Principles and Practices for Successful Systems and Software. Addison Wesley, 2014. 299 p.
4. Biffi S., Aurum A., Boehm B. et al. Value-Based Software Engineering. SpringerVerlag Berlin Heidelberg, 2006. 398 p.
5. Mislick G.K., Nussbaum D.A. Cost estimation: methods and tools. John Wiley & Sons, Inc., 2015. 342 p.
6. Sinitsyn I., Ignatenko P., Slabospitskaya O. Expert-Analytical Approach for Computer Systems Software Valuation. Actual scientific research in the modern world. Is. 8(40). P. 1. August 2018. P. 143–149.
7. Andon Ph., Ignatenko P., Slabospitskaya O. Manual for Cost Estimating of Applied Software Development. Draft of Software Systems Institute of NAS of Ukraine, 2014-2. Kiev, 2014. 48 p. A Certificate for author's rights registration N 59158 at 06.04.2015.
8. Andon Ph.I., Ignatenko P.P., Sinitsyn I.P., Slabospitskaya O.A. Manual for Cost Estimating of Applied Software Maintenance. Draft of Software Systems Institute of NAS of Ukraine, 2015-1. Kiev, 2015. 68 p. A Certificate for author's rights registration N 64268 at 29.02.2016.
9. NASA Cost Estimating Handbook, v 4.0. [Electronic resource]. Mode of access: <https://nasa-cost-estimating-handbook-ceh>.
10. Clark B., Madachy R. Software Cost Estimation Metrics Manual for Defense Systems. Software Metrics Inc, 2015. 253 p.
11. Trendovicz A. Software Cost Estimation, Benchmarking and Risk Assessment: the Software Decision-Makers' Guide to Predictable Software Development. Springer Science & Business Media, 2013. 322 p.
12. Boehm B., Abts C., Brown A.W, Chulani S. Software Cost Estimation with COCOMO II. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 2009. 512 p.
13. Sidorov N.A., Batsenko D.V., Vasilenko Yu.N., Schebetin Yu.V. Models, Methods and Tools for Software Cost Estimation. *Problems of Programming*. 2006. N 2–3. P. 290–298.
14. USC Center for Systems and Software Engineering official cite – [Electronic resource]. Mode of access: <http://csse.usc.edu/csse/>.
15. Ilyina E., Slabospitskaya O., Sinitsyn I., Yablokova T. Program Management of Fundamental Scientific Research Decision Making Automated Support with Expert Methodology. Draft of Software Systems Institute of NAS of Ukraine, 2011. Kiev, 2011. 94 p.
16. Lavrisheva E., Slabospitskaya O. An Approach for expert estimation in Software Engineering. *Cybernetics and System Analysis*. 2009. N 4. P. 151–168.
17. Nguyen V., Boehm B., Steece B. A constrained regression technique for cocomo calibration. *Proc. of the Second ACM-IEEE Int. Symp. on Empirical software engineering and measurement (ESEM '08)*. Kaiserslautern, Germany, 2008. P. 213–222.
18. Ilyina E., Sinitsyn I., Klochko M., Slabospitska O. Computer program «Program comp-lex for multi-criteria expert estimates creating and smart integrating». A certificate for author's copyright state registration N 31357 at 14.12.2009. Kiev: MESU State department for intellectual property.

Одержано 25.09.2018

Про авторів:

Андон Пилип Іларіонович,
доктор фізико-математичних наук,
академік НАН України,
директор.
Кількість наукових публікацій в
українських виданнях – понад 250.

Кількість наукових публікацій в зарубіжних індексованих виданнях – 10.
<http://orcid.org/0000-0002-2204-1554>.

Ігнатенко Петро Петрович,
кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник,
заступник завідувача відділу.
Кількість наукових публікацій в українських виданнях – 40.
Кількість наукових публікацій в зарубіжних виданнях – 2.
<http://orcid.org/0000-0003-1512-7568>.

Сініцин Ігор Петрович,
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник,
завідувач відділу.
Кількість наукових публікацій в українських виданнях – понад 80.
Кількість наукових публікацій в

зарубіжних виданнях – 3.
<http://orcid.org/0000-0002-4120-0784>.

Слабостицька Ольга Олександрівна,
кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник.
Кількість наукових публікацій в українських виданнях – понад 50.
Кількість наукових публікацій в зарубіжних виданнях – 7.
<http://orcid.org/0000-0001-6556-0947>.

Місце роботи авторів:

Інститут програмних систем
НАН України,
03187, Київ-187,
Проспект Академіка Глушкова, 40.
Тел.: +38(044) 526 4286.
E-mail: olsips2017@gmail.com