

## МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ОЦІНЮВАННЯ ВИТРАТ НА РОЗРОБЛЕННЯ ТА СУПРОВІД ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

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

Перспективні методи визначення витрат на розроблення й модифікацію прикладного програмного забезпечення комп'ютерних систем за моделями СОСОМО, WebMO і Д. Клірі уніфіковано й розвинуто згідно з особливостями державних тендерів на створення і супровід цих систем. Запропоновано рамкову процедуру узгодженого застосування розвинутих методів на всіх етапах підготовки, проведення й контролювання тендерів та архітектурні рішення для інструментальних засобів її комплексної автоматизованої підтримки.

Ключові слова: фонд оплати праці, функціональний розмір, умовна одиниця функціональності, Веб-об'єкт, Веб-точка, множник трудомісткості, атрибут масштабу розробки, динамічний сайт, статичний сайт.

Перспективные методы определения затрат на разработку и модификацию прикладного программного обеспечения компьютерных систем по моделям СОСОМО, WebMO и Д. Клири унифицированы и развиты согласно особенностям государственных тендеров на создание и сопровождение этих систем. Предложена рамочная процедура согласованного применения развитых методов на всех этапах подготовки, проведения и контроля тендеров и архитектурные решения для инструментальных средств ее автоматизированной поддержки.

Ключевые слова: фонд оплаты работ, функциональный размер, условная единица функциональности, Веб-объект, Веб-точка, множитель трудоемкости, атрибут масштаба разработки, динамический сайт, статический сайт.

Keen Methods for Applied Software development and modification Cost estimating with COCOMO, WebMO and D. Cleary models are uniformly enhanced up to state tenders for Software Systems elaboration and maintenance. Generic procedure is proposed for the Methods enhanced coherent use over all the stages of the tenders preparing, performing and control as well as an architecture draft for the tools of its automated support.

Key words: efforts cost, functional size, function point, Web object, Web point, effort multiplier, scale attribute, dynamic site, static site.

### Вступ

На сучасному етапі переходу до інформаційного суспільства ефективно використання інформаційних технологій у державних установах є безпосереднім чинником економічного зростання, обороноздатності країни, соціально-політичної стабільності та розвитку демократичних засад в управлінні державою.

В галузі управління проектами з ІТ-послуг (для ІТ-послуг з довготривалим життєвим циклом) дедалі актуальнішою стає проблема оцінювання їх перебігу та вироблення рішень щодо їх трудомісткості, необхідних для їх якісного виконання ресурсів та бюджету [1]. Труднощі оцінювання зумовлені складністю вимірювання їх характеристик для отримання кількісних показників, різноманітністю аналізованої інформації та складністю моделювання процесів реалізації ІТ-послуг. За відсутності необхідних засобів оцінювання прийняття відповідних рішень щодо проектів часто ведеться методом проб та помилок, а успіх залежить від досвіду та інтуїції керівника.

Особливо важливою проблемою є оцінювання вартості проектів створення і/або супроводу комп'ютерних систем (КС), виконуваних за бюджетні кошти в результаті відповідних тендерів<sup>1</sup>, оскільки їх вартість часто необґрунтовано перевищується виконавцями і тому жорстко відстежується контролюючими органами держави.

У статті уніфіковано методичні засади розроблених авторами методик [2, 3] узгодженого й спадкоємного визначення витрат на розроблення і/або модифікацію прикладного програмного забезпечення (ППЗ) КС упродовж підготовки, проведення й виконання тендерів на підтримку вирішення зазначеної проблеми. Вона призначена для надання фахівцям бюджетних установ і контролюючих органів інструментарію оцінювання витрат як для передбачення необхідних коштів у відповідних річних бюджетах, так і для систематичних перевірок обґрунтованості сум витрат в укладених договорах та їх витрачання на етапах цих договорів.

Стаття підсумовує результати багаторічних досліджень зазначеної проблеми, що проводилися авторами в Інституті програмних систем НАН України.

### Теоретичні засади уніфікованого розвитку методів визначення витрат

**Підстави інтеграції методів.** Опрацювання проблеми визначення витрат на розроблення й супровід ППЗ КС, вищезазначеної у вступі, пропонується здійснювати у відповідності з наступними тезами.

1. Добір методів за принципами: їх універсальності, відкритості для розвитку, відповідності особливостям державних тендерів на створення/супровід КС<sup>1</sup> та проектів розроблення/модифікації ППЗ КС,

<sup>1</sup> Закон України «Про здійснення державних закупівель» від 10.04.2014р.

відсутності вимог щодо компетенції користувачів у галузі математичної статистики, придатності до автоматизованої підтримки.

2. Забезпечення максимальної уніфікації дій з визначення витрат на розробку і модифікацію ППЗ:

- для локальної КС і КС, що функціонує в середовищі Інтернет, званої далі Веб-системою;
- як для ППЗ КС у цілому, так і з деталізацією за стадіями проекту його розроблення/модифікації;
- для довільних стадій тендеру на створення/супровід КС та проекту розроблення/модифікації ППЗ КС переможцем тендеру за умов, що модифікація ППЗ здійснюється у форматі адаптивного або поліпшуючого супроводу шляхом виконання технічних вимог у послідовних проєктах терміном один бюджетний рік [3];

- за жорстких припущень щодо мінімально прийнятної множини нефункціональних вимог до ППЗ.

3. Згідно з другою тезою, використання для всіх ситуацій визначення витрат у ролі вхідних даних:

- *обов'язкового* опису типу і функціональних вимог до КС, яка є предметом тендеру (в тендерній документації, технічному завданні на розроблення, технічних вимогах на супровід, запиті на модифікацію) та очікуваної середньої вартості людина-місяця впродовж розроблення/модифікації;

- *необов'язкових* відомостей щодо організаційної культури організації-переможця тендеру, середовища виконання відповідного проєкту та кваліфікації й досвіду його виконавців; розміру супроводжуваного ППЗ КС у тисячах рядків коду (KSLOC); актуальної середньомісячної норми тривалості робочого часу (в годинах) впродовж бюджетного року супроводу ППЗ включно з відпустками, лікарняними та іншими витратами.

4. Отримання вихідних даних у форматі трійки результуючих оцінок трудомісткості, фонду оплати праці та повних витрат на розроблення або модифікацію ППЗ. Така трійка складена оптимістичною (найнижчою), реалістичною та песимістичною (найвищою) оцінками для всіх стадій тендеру та проєкту створення/супроводу КС. Ці оцінки відповідають ситуаціям, коли повністю реалізувалися всі ризики даного проєкту, реалізувалося не більше половини основних ризиків та, відповідно, не більше чверті другорядних ризиків. Після стадії аналізу вимог, коли вже визначено розробника КС – переможця тендеру і відомо, яка з трьох зазначених ситуацій має місце, можуть надаватися не трійки, а точкові оцінки трудомісткості й витрат.

**Склад методів та рішення з їх розвитку за умов державних тендерів на розроблення і супровід ППЗ КС.** Згідно з результатами порівняльного аналізу поширених методів оцінювання витрат на створення/модифікацію ППЗ на підставі сформульованих тез пропонується використання:

- останньої версії популярної моделі визначення витрат у життєвому циклі ППЗ – Cost Constructive Model, а саме *SOCOMO II.2000.4*, розробленої під керівництвом проф. Б. Боєма у Центрі системної та програмної інженерії Університету Південної Кароліни, в її *Передпроектній* формі [2–6]. Обрана Передпроектна форма моделі *SOCOMO II.2000.4* включає цільові підмоделі *супроводу* ППЗ та *повторного використання і автоматичної трансляції* фрагментів коду під час його розробки й супроводу;

- *методу А. Альбрехта* [2–6] обчислення розміру ППЗ, що підлягає модифікації згідно технічних вимог на супровід, для *SOCOMO II.2000.4* – одного з найпростіших методів у своєму класі, тривала успішна практика застосування якого засвідчила його перспективність;

- *підходів Д. Ріфера* [2, 3, 7–9] та *Д. Клірі* [2, 3, 10] до розвитку моделі *SOCOMO* для Веб-систем.

Звертання до класу моделей *SOCOMO* ґрунтується на його загальноновизнаних перевагах [4–6]:

- незалежності складу показників і чинників витрат на ППЗ від його розміру, призначення, структури, мови;

- налаштованості на особливості процесів розроблення/модифікації ППЗ в організації-розробнику;

- відповідності обсягам інформації, доступної суб'єктам визначення витрат, та рівню їх кваліфікації.

Пропонований вибір у даному класі саме передпроектної форми моделі *SOCOMO II.2000.4* з її спеціалізованими підмоделями для супроводу, а також моделей Ріфера і Клірі, обумовлений досягненням раціонального балансу між тривалістю й трудомісткістю отримання необхідних для неї вхідних даних, автоматизованого визначення витрат на створення або модифікацію ППЗ КС на їх підставі та точністю отримуваних оцінок показників витрат.

Результатом узгодженого розвитку обраних методів є:

- а) вирази для трудомісткості, фонду оплати праці й повної вартості розроблення/річної модифікації ППЗ КС;

б) надання вихідних даних у форматі *трийок* оцінок зазначених показників витрат. Кожна трійка утворена оптимістичною (найнижчою), реалістичною та песимістичною (найвищою) оцінками для всіх стадій тендеру та проекту створення/супроводу КС. Зазначені оцінки відповідають ситуаціям, коли повністю реалізувалися всі ризики даного проекту, реалізувалося не більше половини основних ризиків та, відповідно, не більше чверті другорядних ризиків. Після стадії аналізу вимог, коли визначено розробника КС – переможця тендеру і відомо, яка з трьох можливих ситуацій має місце, замість трійок можуть надатися точкові реалістичні оцінки;

в) рамкова процедура автоматизованої підтримки визначення показників витрат на розроблення або модифікацію ППЗ локальної КС або Веб-системи згідно з пропонованими виразами, подана далі.

### Уніфікований метод визначення показників витрат

**Вирази для цільових показників.** Незалежно від ситуації визначення витрат, для обчислення повної вартості розроблення або річної модифікації ППЗ КС пропонується вираз [2, 3], що враховує умови проведення й виконання вітчизняних тендерів:

$$C = LC + EX + TA + TC + ROI; LC = (152 \times T_{ном} \times H_{cp})/W; EX \in [WC/2; WC], \quad (1)$$

$$EX \in [0.5LC; LC]; TA = 0,22WC; TC = 0,2(LC + EX); ROI \in [0.1(LC + EX + TA + TC); 0.4(LC + EX + TA + TC)],$$

де  $LC$  – фонд оплати праці (ФОП);  $EX$  – накладні витрати переможця тендеру (оренда приміщень, комунальні витрати, утримання адміністративного персоналу тощо);  $TA$  – податкові нарахування на ФОП;  $TC$  – податок на додану вартість;  $ROI$  – прибуток виконавця тендеру;  $H_{cp}$  – середня вартість людино-місяця в галузі розроблення програмних продуктів впродовж створення ППЗ;  $W$  – середньомісячна норма тривалості робочого часу (в годинах) впродовж створення ППЗ включно з відпустками, лікарняними та іншими витратами;  $T_{ном}$  – номінальна трудомісткість розроблення або річної модифікації ППЗ.

У залежності від ситуації визначення витрат, значення  $H_{cp}$  слід:

– обирати на офіційному сайті Головного управління статистики в м. Києві (вид діяльності – Інформація та телекомунікації) за місяць, найближчий до дати тендеру, якщо перелік його учасників не сформовано;

– встановлювати як середнє значення середньомісячних заробітних плат організацій-учасників тендеру за місяць, найближчий до дати його проведення;

– встановлювати згідно з даними планово-виробничого відділу організації – потенційного чи фактичного супроводжувача за місяць, найближчий до дати початку супроводу, якщо ця організація визначена.

Згідно з чинними настановами Міністерства соціальної політики України<sup>2</sup>, значення  $W$  в (1) слід обчислювати як суму місячних норм тривалості робочого часу, наведених на офіційному сайті Міністерства, для розглядуваних бюджетних років створення або супроводу КС, поділену на 12. Для розрахунку за особливих умов (ненормований робочий день тощо), значення  $W$  має надавати переможець тендеру.

Для трудомісткості  $T_{ном}$  з (1) пропонується вирази [2, 3], залежні від природи КС, що є предметом тендеру:

$$T_{ном} = A \times V^B \times (K_1 \times K_2 \times \dots \times K_7); \quad B = 0.91 + \Phi_1 + \dots + \Phi_5, \quad A = 2,94, \quad (2)$$

якщо ППЗ є локальною або має стандартний Веб-інтерфейс і надає функції за допомогою Web-браузера;

$$T_{ном} = E \times (\Pi_{i=1, \dots, 9} D_i) \times VD^P, \quad (3)$$

якщо ППЗ являє собою динамічний сайт або Веб-інтерфейс до існуючої ПС;

$$T_{ном} = VS \times I + VC, \quad (4)$$

<sup>2</sup> .Лист Міністерства соціальної політики України від 04 вересня 2013 року № 9884/0/14-13/13. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://buhbudget.com.ua/ua/journal/buhbudget/article/116>

якщо ППЗ – статичний сайт.

У виразах (2)–(4):  $V$ ,  $VD$  і  $VS$  – розмір створюваного або модифікованого ППЗ КС, передбачуваний або фактичний, у тисячах рядків початкового коду (KSLOS) та у спеціальних умовних одиницях – Веб-об’єктах

Д. Ріфера [7–9] й Веб-пунктах Д. Клірі [10];  $K_i$  – множник трудомісткості для  $i$ -го інтегрального атрибута уточнення вартості,  $i=1, \dots, 7$ ;  $\Phi_j$  – коефіцієнт  $j$ -го інтегрального атрибута масштабу розробки ППЗ;  $D_i$  – множник трудомісткості для  $i$ -го атрибута уточнення вартості розробки за моделлю WebMO;  $E$  і  $P$  – константи, залежні від предметної області використання Веб-системи [2, 3];  $I$  – інтенсивність розробки, тобто середня кількість Веб-пунктів, створюваних розробниками статичних сайтів у предметній області застосування аналізованого сайту за місяць;  $VC$  – трудомісткість розроблення контенту HTML-сторінок та нетекстових елементів на сторінках.

Множники трудомісткості  $K_i$  й  $D_i$  та коефіцієнти інтегральних атрибутів масштабу розробки  $\Phi_j$  мають визначатися суб’єктом оцінювання на підставі вербальних шкал, поданих у методиках [2, 3]. Такі шкали зіставляють рейтингам (від “наднизького” до “надвисокого”) кількісні значення та змістовні описи для усвідомленого вибору.

Згідно з вітчизняною практикою проведення тендерів на послуги супроводу КС, цей супровід зазвичай здійснює та ж сама команда розробників у незмінному інструментально-технологічному середовищі. У цій ситуації, коли множники трудомісткості  $K_i$  й  $D_i$  та коефіцієнти масштабу  $\Phi_j$  з виразів (2)–(4) вже визначені під час розроблення ППЗ, передбачається їх подальше використання і для обчислення витрат на модифікацію з незначними змінами, детально описаними в методиці [3]. У решті ситуацій значення цих множників має визначатися суб’єктом оцінювання витрат на підставі шкал, тендерної документації та звітних документів щодо супроводу подібно до їх визначення під час оцінювання витрат на розроблення ППЗ [2].

**Визначення функціонального розміру створюваного або модифікованого ППЗ.** За методом Альбрехта, функціональний розмір *створюваного* ППЗ локальної ПС або ПС зі стандартним Веб-інтерфейсом ( $V = V_{\text{створ}}$  з виразу (2)) обчислюється як сума оцінок складності п’яти універсальних елементів ППЗ, а саме *внутрішнього логічного й зовнішнього інтерфейсного об’єктів та елементарного введення, виведення й запиту*, в умовних одиницях функціональності (УОФ), конвертованого в тисячі рядків коду (KSLOC) відповідно до рекомендацій [2, 3, 6]. Шкали оцінювання складності цих елементів наведені в методиках [2, 3].

Зазначені елементи виокремлюються шляхом декомпозиції запитаних для модифікації/розроблення функцій ППЗ з оброблення даних та пов’язаних з ними інформаційних об’єктів. Ступінь деталізації функцій та інформаційних об’єктів обмежується тим рівнем декомпозиції, який прийнятний для розуміння кінцевим користувачем замовлених функцій і має забезпечуватися в технічних вимогах (технічному завданні) на створення або супровід КС.

Однак для визначення функціонального розміру ППЗ КС, яке має *модифікуватися* під час її супроводу ( $V = V_{\text{супр}}$ ), додатково пропонуються два методи [3–5]:

1) для локальної КС і Web-системи – на підставі вищезрозглянутого а пріорі відомого функціонального розміру розробленого ППЗ КС ( $V_{\text{створ}}$ ) у KSLOC за виразом

$$V_{\text{супр}} = V_{\text{розр}} \times (NV + CM) / 100 \times (1 + SU \times UNFM / 100); \quad V_{\text{розр}} = (1 + REVL / 100) \times V_{\text{створ}}, \quad (5)$$

де  $NV$  і  $CM$  – процентні кількості рядків первинного коду, відповідно доданих до коду ППЗ і змінених у ньому під час супроводу ( $0 \leq NV, CM \leq 100$ );

$SU$  – рівень розуміння ППЗ потенційними супроводжувачами, поданий у % ( $0 \leq SU \leq 100$ );

$UNFM$  – рівень ознайомленості потенційних супроводжувачів з ППЗ ( $0 \leq UNFM \leq 1$ );

$REVL$  – процентна кількість рядків первинно розробленого коду ППЗ, зрештою відкинутих через змінність вимог і/або середовища розроблення ( $0 \leq REVL \leq 100$ );

2) для локальної КС – безпосередній аналіз функціональних можливостей, запитаних у технічних вимогах на супровід, із врахуванням обсягу змін коду ППЗ за виразом

$$V_{\text{супр}} = NS \times [1 + CM \times AAM \times (1 - AT / 100)], \quad (6)$$

$$AAM = [AA + AAF \times (1 + [0.02 \times SU \times UNFM])] / 100, AAF \leq 50;$$

$$AAM = [AA + AAF \times SU \times UNFM] / 100, AAF > 50; \quad (7)$$

$$AAF = 0.4 \times DM + 0.3 \times (CM + IM), \quad (8)$$

де  $NS$  – кількість тисяч рядків *нового* коду, безпосередньо створеного під час супроводу на підтримку запитаних функціональних можливостей;

$AT$  – процент компонентів ППЗ, які автоматично транслюються під час супроводу, який слід визначити згідно з табл. 3 ( $0 \leq SU \leq 100$ );

$AA$  – оцінка впливу на  $V_{\text{супр}}$  обсягу дій з добору коду ППЗ для змін під час супроводу, яку слід визначити згідно з табл. 4;

$DM$  – процент змін у проєкті ППЗ ( $0 \leq DM \leq 100$ );

$IM$  – процентна оцінка трудомісткості інтеграції адаптованого коду в супроводжуване ППЗ і його тестування ( $0 \leq IM \leq 100$ ).

У ситуації супроводу КС значення фактичного розміру розробленого ППЗ КС ( $V_{\text{розр}}$ ) у KSLOC з виразу (5) можна також отримати за допомогою відповідних утиліт OS Windows.

Параметри виразів (5)–(8) мають визначатися суб'єктом визначення витрат за шкалами, наведеними в методиках [2, 3] на підставі рекомендацій [4, 5].

Оскільки модель WebMO, на відміну від COCOMO II.2000.4, не містить під моделей супроводу ППЗ, для КС, що є динамічним сайтом, функціональний розмір створюваного й модифікованого ППЗ ( $VD = VD_{\text{створ}} = VD_{\text{супр}}$  у виразі (3)) обчислюється за виразом

$$VD = \sum_{j=1, \dots, 3} [ \sum_{i=1, \dots, 5} NU_{ij} \times WU_{ij} + \sum_{i=1, \dots, 3} NS_{ij} \times WS_{ij} + NS_{4j} \times WS_{4j} ], \quad (9)$$

де  $NU_{ij}$  – кількість вищезазначених універсальних елементів типу  $i$ , які мають рівень складності  $j$  (низький за  $j = 1$ , середній за  $j = 2$ , високий за  $j = 3$ );

$NS_{ij}$  – кількість специфічних елементарних примітивів типу  $i$ , які мають рівень складності  $j$ ;

$WU_{ij}$  і  $WS_{ij}$  – оцінки складності універсального та, відповідно, специфічного примітиву типу  $i$  з рівнем складності  $j$  (у Веб-об'єктах).

Специфічні елементи динамічного сайту за моделлю WebMO та шкали оцінювання їх складності підсумовані в таблиці.

У свою чергу, оцінка функціонального розміру статичного сайту в Web-пунктах ( $VS = VS_{\text{розр}} = VS_{\text{супр}}$  у виразі (4)) обчислюється за формулою

$$VS = \sum_{i=1, \dots, 3} NH_i \times WH_i \quad NH_i \times WH_i, \quad (10)$$

де  $NH_i$  і  $WH_i$  – кількість HTML-сторінок з рівнем складності  $i$  (низьким за  $i=1$ , середнім за  $i=2$ , високим за  $i=3$ ) та відповідна йому оцінка складності.

Таблиця. Рівні складності специфічних елементів динамічного сайту

Елемент	Опис	Складність			Рекомендації з визначення складності
		Н	С	В	
Файл мультимедіа	Фізичний об'єкт Web-системи для виведення інформації в форматі мультимедіа (аудіо-, відео, анімація, JPEG)	4	5	7	JPEG – <i>низька</i> A2b music, зображення Microsoft – <i>середня</i> PCX Image, XIF Image, AIFF Audio – <i>висока</i>
Операція з файлом	open, close, save, cut, paste, start, clear тощо	4	–	–	Операції враховуються окремо для кожного об'єкту. Складність операцій – <i>низька</i>

Елемент	Опис	Складність			Рекомендації з визначення складності
		Н	С	В	
Структурні блоки включно з готовими продуктами, графічними файлами	Логічні об'єкти для конструювання Web-систем і автоматизації їх функцій (компоненти ActiveX, COM, DCOM, OLE, логотипи, стандартні бібліотеки середовища розробки на стороні клієнта і серверу)	3	4	6	Унікальні блоки в бібліотеці враховуються окремо. Рівень складності відповідає кількості об'єктів: 1-50 – <i>низька</i> 51-250 – <i>середня</i> більше 250 – <i>висока</i>
Операція з блоком	align, center, distribute, draw, edit, merge (cells), split (cells), find, add, delete, insert	3	–	–	Операції враховуються окремо для кожного блоку. Складність операцій – <i>низька</i>
Скрипт	Логічний об'єкт, використовуваний Web-системою для зв'язку внутрішніх об'єктів з блоками за певними шаблонами (контейнери, макроси, дистілері, підтримка реального часу). Враховує складність зв'язування HTML/XML-даних і автоматичної генерації звітів, організації звернення до ODBC-джерел, інтеграції й анімації програмних засобів за допомогою GIF і керування динамічним Web-контентом за допомогою налаштованих палет, масок, вікон і команд (на стороні клієнта і серверу)	2	3	4	Кожний скрипт або сценарій використання враховується окремо. Складність встановлюється за кількістю акторів: 1-3 – <i>низька</i> 4-6 – <i>середня</i> більше 6 – <i>висока</i>
Операції зі скриптом	open, close, start, refresh, search, go (backwards), go (favorites), go (forward), go (hyperlink)	2	–	–	Унікальні операції враховуються окремо для кожного скрипта. Складність операцій – <i>низька</i>
Зв'язки (лінки)	Логічні об'єкти (XML, HTML, запити), підтримувані Web-системою для встановлення зв'язків із зовнішніми системами. Враховують складність розробки засобів динамічного зв'язування систем, їх інтеграції, звернення до БД та інших систем	3	4	6	Підраховуються логічні рядки за методикою SEI для підрахунку SLOC Складність встановлюється так: HTML – <i>низька</i> , запити – <i>середня</i> , XML – <i>висока</i>

### Рамкова процедура автоматизованої підтримки визначення показників витрат

Пропонована процедура включає тринадцять послідовних кроків, описаних далі.

**Крок 1.** Зафіксувати тип КС (локальна або зі стандартним Веб-інтерфейсом, динамічний сайт, статичний сайт; мішана, що поєднує складники трьох зазначених типів) та обрати мету розрахунку:

1) обґрунтоване прогнозування витрат на створення ППЗ КС і/або її річний супровід (під час тендеру з надання послуги створення/супроводу КС);

2) оцінка залишку витрат на розроблення і/або річну модифікацію ППЗ (у певний момент цього створення/модифікації або після їх завершення без реалізації висунутих вимог);

3) оцінка витрат для перевірки/обґрунтування економічної доцільності витраченого бюджету (після розроблення ППЗ або успішного завершення його річної модифікації).

**Крок 2.** Якщо КС є мішаною, декомпонувати її на складники, що мають типи, зазначені в описі кроку 1. Для складників, що є локальними або зі стандартним Веб-інтерфейсом, виконати кроки 3–6, 13; для динамічних сайтів – кроки 7–9, 13; для статичних сайтів – кроки 10–13.

**Крок 3.** У разі мети 1) визначити триелементну оцінку функціонального розміру коду на підтримку запитаних вимог до розроблення/модифікації ППЗ ( $VI = (V_o; V_p; V_n)$ ), складену його оптимістичною (мінімальною), реалістичною (проміжною) та песимістичною (максимальною) оцінками в KSLOC за алгоритмом [2, 3] реалізації методу Альбрехта або, відповідно, виразами (5)–(8). Ці оцінки слід обчислити за

припущення, що впродовж розроблення/модифікації реалізуються всі припустимі ризики, не менше половини основних ризиків та, відповідно, не більше чверті другорядних ризиків невиконання вимог.

У разі мети 2) і 3) проаналізувати тендерну документацію та звітні документи проекту розроблення/модифікації ППЗ. Якщо вони надають інформацію, достатню для розбиття ППЗ на  $n$  компонентів з різними умовами розроблення/модифікації, визначити реалістичні оцінки розміру кожного компонента в SLOC  $V_{pl}$ ,  $l = 1, \dots, n$ , застосувавши зазначений алгоритм до кожного з них. У протилежному випадку визначити реалістичну оцінку функціонального розміру ППЗ у цілому ( $V_p$ ).

У разі мети 3) поряд з оцінками  $V_{pi}$  (або  $V_p$ ) додатково визначити оцінки фактичного розміру коду компонентів  $VF_{pi}$ ,  $l = 1, \dots, n$  (відповідно, створюваного ППЗ у цілому  $VF_p$ ) як фактичну кількість тисяч його рядків (KSLOC) за допомогою відповідного опитувальника [2] або універсальних утиліт ОС Windows.

Якщо для суб'єкта визначення витрат природнішим є надання процентних оцінок розміру долученого і зміненого коду по відношенню до розміру коду супроводжуваного ППЗ ( $V_{розр}$ ), слід скористатися виразом (5), де замінити  $V_{розр}$  фактичним розміром коду або обчислити його за виразами (6)–(8). Якщо ж надання зазначених процентних оцінок викликає труднощі, має застосовуватися вираз (6).

У разі високих вимог до точності розрахунку і достатньої компетентності оцінювачів витрат слід визначити остаточні оцінки  $V_o$ ,  $V_p$ ,  $V_n$  або ж  $V_{pi}$  чи  $V_p$  як напівсуми їх версій, обчислених за обома виразами (5) та (6)–(8).

**Крок 4.** У разі мети 1) на підставі тендерної документації і шкал методик [2, 3] визначити три варіанти оцінок множників трудомісткості ( $KI = (K_{ol}; K_{pl}; K_{nl})$ ,  $l = 1, \dots, 7$  з виразу (2)) за припущення, що впродовж розроблення/річної модифікації ППЗ реалізувалися всі припустимі ризики, не менше половини основних ризиків та, відповідно, не більше чверті другорядних ризиків.

У разі мети 2), 3) на підставі документації тендеру та звітних документів розроблення/річної модифікації і відомостей про організацію – розробника або супроводжувача(ів) ППЗ визначити реалістичні оцінки множників трудомісткості. Якщо на кроці 3 створюване під час супроводу ППЗ було розбите на компоненти, ці оцінки ( $K_{pli}$ ;  $l = 1, \dots, n$ ;  $i = 1, \dots, 7$ ) слід автономно встановити для кожного з них, а інакше – для ППЗ у цілому ( $K_{pj}$ ;  $i = 1, \dots, 7$ ).

У випадку визначення витрат на *річну модифікацію*, для двох одиничних атрибутів уточнення вартості – Обмеження розкладу та Запитаного повторного використання – слід зафіксувати *номінальні* значення всіх їх оцінок (їм відповідають *одиничні* множники витрат  $K_4 = K_7 \equiv 1$  у виразі (2)), а для інтегрального атрибуту Складність та надійність ППЗ – використовувати спеціальну шкалу [3] (замість шкали [2], відповідної ситуації розроблення).

**Крок 5.** Аналогічно попередньому кроку 4, обчислити оцінки коефіцієнтів інтегральних атрибутів масштабу для ППЗ у цілому:

- триточкові ( $\Phi_j = (\Phi_{oj}; \Phi_{pj}; \Phi_{nj})$ ,  $j = 1, \dots, 5$ ), складені оптимістичною, реалістичною та песимістичною оцінками, – у разі мети 1);
- реалістичні ( $\Phi_{pj}$ ;  $j = 1, \dots, 5$ ) – у разі мети 2), 3).

**Крок 6.** У разі мети 1) підставити отримані набори відповідно оптимістичних, реалістичних та песимістичних оцінок розміру ППЗ КС і множників трудомісткості та коефіцієнтів атрибутів масштабу у вираз (2), отримавши триточкову оцінку трудомісткості супроводу  $PI = (T_o; T_p; T_n)$ , утворену оптимістичною, реалістичною й песимістичною оцінками.

У разі мети 2), 3) підставити у вираз (2) отриманий набір реалістичних оцінок:

- для кожного з компонентів ППЗ, створеного під час розроблення/річної модифікації, якщо вони були виділені на Кроці 3, отримавши проміжні реалістичні оцінки трудомісткості їх створення та реалістичну оцінку трудомісткості розроблення ППЗ у цілому ( $T_{ном}$ ) як їх суму:
- для зазначеного ППЗ у цілому, якщо воно не декомпозувалося на кроці 3.

У разі мети 3) поряд з описаною реалістичною оцінкою ( $T_{ном}$ ) додатково визначити оцінку реалізаційної трудомісткості ( $TF$ ), замінивши у виразі (2) прогностні оцінки функціонального розміру оцінками фактичного розміру коду ППЗ  $VF_p$  або  $VF_{pl}$ ,  $l = 1, \dots, n$ , отриманими на кроці 3. Перейти до кроку 13.

**Крок 7.** У разі мети 1) визначити триточкову оцінку функціонального розміру створюваного або модифікованого коду динамічного сайту у Веб-об'єктах ( $VDI = (VD_o; VD_p; VD_n)$ ), складену його оптимістичною (мінімальною), реалістичною (проміжною) та песимістичною (максимальною) оцінками, а в разі мети 2) і 3) – тільки реалістичну оцінку ( $VD_p$ ), згідно з виразом (9), таблицею і шкалами для складності елементів сайту, наданими в методиках [3, 4].

**Крок 8.** У разі мети 1) на підставі тендерної документації і шкал методик [3, 4] для атрибутів уточнення вартості розробки за моделлю WebMO визначити три варіанти оцінок цих множників ( $DI_i = (D_{oi}; D_{pi}; D_{ni})$ ,  $i = 1, \dots, 9$  з виразу (3)) за припущення, що впродовж розроблення/річної модифікації ППЗ реалізувалися всі припустимі ризики, не менше половини основних ризиків та, відповідно, не більше чверті другорядних ризиків.

У разі мети 2), 3) на підставі тендерної документації та звітних документів розроблення/річної модифікації і відомостей про організацію – розробника або супроводжувача(ів) ППЗ визначити тільки реалістичну оцінку ( $D_{pi}$ ).

**Крок 9.** Обчислити (за формулою (3) з параметрами, відповідними області застосування розроблюваного або модифікованого динамічного сайту, і значеннями  $VD$  з кроку 7) триелементну оцінку трудомісткості розроблення/модифікації динамічного сайту  $TI = \langle T_{min}, T_p, T_{max} \rangle$ , утворену:

1) оптимістичною оцінкою ( $T_{min}$ ), для якої слід покласти [3]:

–  $D_i = D_{imin}$  – значення з рівнем оцінки “дуже низький” тих атрибутів уточнення вартості, від яких трудоємність залежить монотонно;

–  $D_i = D_{imax}$  – значення з рівнем оцінки “дуже високий” тих атрибутів уточнення вартості, залежність трудомісткості від яких є оберненою;

2) реалістичною оцінкою ( $T_p$ ), для якої слід покласти  $D_i = D_{ip}$ ;

3) песимістичною оцінкою ( $T_{max}$ ), для якої значення атрибутів уточнення вартості мають обиратися способом, оберненим по відношенню для способу їх добору для оптимістичної оцінки. Перейти до кроку 15.

**Крок 10.** У разі мети 1) визначити триелементну оцінку функціонального розміру створюваного або модифікованого коду статичного сайту у Веб-точках ( $VSI = (VS_o; VS_p; VS_n)$ ), складену його оптимістичною (мінімальною), реалістичною (проміжною) та песимістичною (максимальною) оцінками, а в разі мети 2) і 3) – тільки реалістичну оцінку ( $VS_p$ ) згідно з виразом (10).

**Крок 11.** За даними міжнародної групи зі стандартизації еталонних даних про розробку ППЗ (International Software Benchmarking Standards Group<sup>3</sup>) або доступними даними провідних фірм-розробників статичних сайтів в Україні та відомостями щодо досвіду визначення їх розміру, розміщеними в Інтернет – визначити песимістичну, реалістичну й оптимістичну оцінки для року, що передує року розроблення/модифікації:

– інтенсивності розроблення коду сайту ( $I_{min}, I_p, I_{max}$ );

– трудомісткості розроблення контенту HTML-сторінок та їх нетекстових елементів ( $VC_{min}, VC_p, VC_{max}$ ).

За наявності організації-супровідника – визначити  $I_{min}, I_p, I_{max}$  та  $VC_{min}, VC_p, VC_{max}$  на підставі даних щодо її процесу конструювання ППЗ.

**Крок 12.** На підставі ( $I_{min}, I_p, I_{max}$ ) і ( $VC_{min}, VC_p, VC_{max}$ ) та  $VSI = (VS_o; VS_p; VS_n)$  з кроку 10 обчислити за виразом (4) оптимістичну, реалістичну та песимістичну оцінки вартості супроводу статичного сайту.

**Крок 13.** Обчислити оцінки ФОП (грн) та повної вартості розроблення або річної модифікації ППЗ КС:

– для мети 1) – триточкові  $LCI = (LC_o; LC_p; LC_n)$  та  $CI = (C_o; C_p; C_n)$ , послідовно підставивши у вираз (1) оптимістичну, реалістичну та песимістичну оцінки трудомісткості ППЗ у цілому або суми відповідних оцінок його різнотипних складників, отримані на попередніх кроках;


<sup>3</sup> <http://www.isbsg.org/isbsg.nsf/weben/Special>



– для мети 2) – реалістичні  $LC_p$  і  $C_p$ , підставивши у вираз (1) реалістичну оцінку трудомісткості ППЗ у цілому або суми відповідних оцінок його різнотипних складників;

– для мети 3) – реалістичні оцінки  $LC_p$  і  $C_p$  та, додатково для локальної КС чи КС із стандартним Веб-інтерфейсом, реалізаційні оцінки  $LCF$  і  $CF$ , підставивши у вираз (1) реалістичну оцінку трудомісткості ( $T_{ном}$ ) та оцінку реалізаційної трудомісткості ( $TF$ ) ППЗ у цілому або суми відповідних оцінок його різнотипних складників.

### **Засади автоматизованої підтримки визначення витрат**

Аналіз функціональних можливостей відкритих інструментальних засобів визначення витрат –Windows-форми  `cocomo.exe` і спеціалізованого Веб-сервісу [5] – висвітлює низку їх переваг водночас з істотними обмеженнями [2, 3] для підтримки запропонованої тринадцятикрокової процедури під час проведення й виконання державних тендерів на створення й супровід КС: Отже, дедалі нагальнішою стає потреба розроблення спеціалізованої вітчизняної інструментальної системи її автоматизованої підтримки, зорієнтованої на одночасне збереження переваг і опрацювання обмежень зазначених засобів.

Пропонується її створення у форматі у форматі Веб-порталу, до функцій якого належить:

- 1) створення розрахунків витрат для розроблення/модифікації з метою 1)–3) та ведення їх репозиторію;
- 2) редагування даних розрахунку;
- 3) вибір типу аналізованої КС;
- 4) вибір моделі оцінювання трудомісткості та налаштування її параметрів;
- 5) оцінка функціонального розміру та чинників трудомісткості за обраною моделлю;
- 6) визначення оцінок трудомісткості і показників витрат згідно з вибраною метою 1)–3); розподіл отриманих оцінок за видами робіт.

### **Висновки**

Запропонована процедура визначення уніфікованих показників витрат на створення й супровід ППЗ локальних КС і Веб-систем, яка непротивічно поєднує застосування моделей *COCOMO II.2000.4*, *WebMO* і *Д. Клірі*, може використовуватися на всіх етапах підготовки, проведення й виконання державних тендерів:

– для визначення вартості послуг створення й річного супроводу ППЗ КС;

– для систематичних перевірок контролюючими органами держави регламенту витрачання бюджетних коштів на розроблення й супровід функціонуючих систем в органах державної влади.

Запровадження запропонованої процедури в ділові процеси контролюючих органів, установ-організаторів та організацій-виконавців тендерів сприятиме: полегшенню контролю витрат на розроблення й супровід ППЗ КС; підвищенню точності оцінок витрат за рахунок уточнення моделей на підставі статистичного узагальнення результатів оцінювання; підвищенню ефективності діяльності менеджерів програмних проектів з розроблення й супроводу ППЗ КС, членів груп якості організацій-виконавців та фахівців контролюючих органів і установ-організаторів тендерів.

1. *Farr J.V.* Systems Life Cycle Costing: Economic Analysis, Estimation, and Management. – CRC Press, 2011. – 316 p.
2. *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). – Свідчення про реєстрацію авторського права на твір № 59158 від 06.04.2015.
3. *Андон П.І., Ігнатенко П.П., Сініцин І.П. та ін.* Методика оцінювання витрат на супровід прикладного програмного забезпечення комп'ютерних систем. – Київ, 2015. – 68 с. – (Препр. / НАН України. Ін-т програмних систем; 2015-1). – Свідчення про реєстрацію авторського права на твір № 64268 від 29.02.2016.
4. *Boehm B., Abis C., Brown A.W., Chulani S.* Software Cost Estimation with COCOMO II /– Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 2009. – 512 p.
5. *Сторінка COCOMO® II* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://csse.usc.edu/csse/research/COCOMOII/cocomo\\_main.html](http://csse.usc.edu/csse/research/COCOMOII/cocomo_main.html).
6. *Андон Ф.І., Коваль Г.І., Коротун Т.М. и др.* Основы инженерии качества программных систем. – 2-е изд. – К.: Академперіодика. – 2007. – 672 с.
7. *Reifer D.J.* Estimating Web Development Costs: There Are Differences. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.stsc.hill.af.mil/Crosstalk/2002/06/reifer.html](http://www.stsc.hill.af.mil/Crosstalk/2002/06/reifer.html).
8. *Reifer D.J.* Web Objects Counting Conventions. – Reifer Consultants, 2002. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [at www.info@reifer.com](http://www.info@reifer.com).
9. *Reifer D.J.* Software Maintenance Success Recipes. – CRC Press, 2012 – 344 p.

10. Cleary D. Web-Based Development and Functional Size Measurement // Proc. IFPUG Annual Conf., San Diego, USA, 2000. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.charismatek.com.au/public1/pdf/webfsm.pdf](http://www.charismatek.com.au/public1/pdf/webfsm.pdf) – 55 p.

## References

1. Farr J.V. Systems Life Cycle Costing: Economic Analysis, Estimation, and Management / J.V. Farr. – CRC Press, 2011. – 316 p.
2. Andon Ph. I. et al. Manual for Cost Estimating of Applied Software Development / Ph. I. Andon, P.P. Ignatenko, O.A. Slabospitskaya. 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.
3. Andon Ph. I. et al. Manual for Cost Estimating of Applied Software Maintenance / Ph. I. Andon, P.P. Ignatenko, I.P. Sinitsyn, O.A. Slabospitskaya. 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.
4. Boehm B et al. Software Cost Estimation with COCOMO II / Boehm B., Abts C., Brown A.W, Chulani S. – Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 2009. – 512 p.
5. COCOMO® II [Electronic resource]. – Mode of access: [http://csse.usc.edu/csse/research/COCOMOII/cocomo\\_main.html](http://csse.usc.edu/csse/research/COCOMOII/cocomo_main.html).
6. Andon Ph. I. et al. Fundamentals for Software Quality Engineering // 2-nd ed. – K.: Academperiodika, 2007. – 672 p.
7. Reifer D.J. Estimating Web Development Costs: There Are Differences. [Electronic resource]. – Mode of access: [/www.stsc.hill.af.mil/Crosstalk/2002/06/reifer.html](http://www.stsc.hill.af.mil/Crosstalk/2002/06/reifer.html)
8. Reifer D.J. Web Objects Counting Conventions. Reifer Consultants, 2002 – [Electronic resource]. – Mode of access: [www.info@reifer.com](http://www.info@reifer.com).
9. Reifer D.J. Software Maintenance Success Recipes / D.J. Reifer. – CRC Press, 2012 – 344 p.
10. Cleary D. Web-Based Development and Functional Size Measurement. Proc. IFPUG Annual Conf., San Diego, USA, 2000 – [Electronic resource]. – Mode of access: [www.charismatek.com.au/public1/pdf/webfsm.pdf](http://www.charismatek.com.au/public1/pdf/webfsm.pdf) – 55 p.

## Про авторів:

*Андон Пилип Іларіонович,*  
академік НАН України,  
директор Інституту програмних систем НАН України.  
Кількість наукових публікацій в українських виданнях – 400.  
Кількість наукових публікацій в іноземних виданнях – 10.  
<http://orcid.org/0000-0001-6546-0826>,

*Ігнатенко Петро Петрович,*  
старший науковий співробітник, завідувач лабораторії.  
Кількість наукових публікацій в українських виданнях – 38.  
Кількість наукових публікацій в іноземних виданнях – 2.  
<http://orcid.org/0000-0001-6546-0936>,

*Сініцин Ігор Петрович,*  
старший науковий співробітник, завідувач відділу.  
Кількість наукових публікацій в українських виданнях – 150.  
Кількість наукових публікацій в іноземних виданнях – 3.  
<http://orcid.org/0000-0001-6445-0835>,

*Слабоспицька Ольга Олександрівна,*  
старший науковий співробітник.  
Кількість наукових публікацій в українських виданнях – 50.  
Кількість наукових публікацій в іноземних 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.