

Рибидайло А. А., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
(0000-0002-6156-469X)
Панасевич Л. А.
(0000-0001-5899-5272)

Центр воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України, Київ

Оцінювання вартості комп'ютерних програм, створених як службові твори для використання у структурних підрозділах системи Міністерства оборони України

Резюме. У статті проведено аналіз методів оцінювання вартості комп'ютерних програм створених у системі Міністерства оборони України як службові твори. SWOT-аналіз дав змогу виявити переваги існуючих методів і запропонувати комбіновані методи, які можна рекомендувати для оцінювання вартості комп'ютерних програм (програмного забезпечення) у Міністерстві оборони України залежно від завдання оцінювання.

Ключові слова: комп'ютерна програма; життєвий цикл програмного забезпечення; SWOT-аналіз; вартість комп'ютерної програми (програмного забезпечення); методологічні підходи і відповідні методи оцінювання вартості.

Постановка проблеми. Розроблення і впровадження комп'ютерних програм (їх версій), створених у системі Міністерства оборони (МО) України як службові твори мають відповідати специфічним вимогам, а саме: високий рівень безпеки (захист від кібератак та несанкціонованого доступу); надійність та відмовостійкість у бойових умовах; сумісність із військовими системами НАТО (стандартизація STANAG); можливість інтеграції з існуючими системами озброєння, розвідки та управління військами.

На сьогодні спостерігається зростання потреб у критично важливому програмному забезпеченні (ПЗ) у системі МО України, зокрема для: систем автоматизованого управління військами (АСУВ), які інтегруються з НАТО (наприклад, *Delta*); засобів кіберзахисту (виявлення, запобігання атакам, антивірусні рішення); систем штучного інтелекту (ШІ) для аналізу розвідданих (супутникові знімки, перехоплення сигналів).

Агресія РФ проти України значно змінила вимоги до ПЗ у сфері оборони – необхідність врахування вартості адаптації до нових загроз (електронна війна, дрони, РЕБ); невизначеність тривалості життєвого циклу ПЗ, яке може потребувати швидкого оновлення. Крім того, підвищені ризики розробників, які мають працювати в умовах війни, тобто ймовірних атак на ІТ-інфраструктуру.

Отже, розроблення методичного підходу до оцінювання вартості комп'ютерних програм, створених у системі МО України як

службові твори, є важливим завданням для забезпечення належного правового та економічного регулювання у сфері інтелектуальної власності, особливо в умовах війни з РФ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розробленню методологічних підходів, а на їх основі й відповідних методик до оцінювання вартості комп'ютерних програм присвячено чимало досліджень [1–6].

У статті [1] розглядаються різноманітні методи оцінювання вартості ПЗ, зокрема моделі COCOMO та SLIM. Проводиться експеримент оцінювання вартості розробки ПЗ системи дистанційного управління пристроями шляхом калібрування параметрів вартості моделі COCOMO. Предметом дослідження [2] є методи, підходи та моделі оцінювання трудомісткості розроблення ПЗ. У роботі розглядаються алгоритмічні та неалгоритмічні методи для оцінювання трудомісткості розроблення. У висновку зазначено, що наявні підходи потребують удосконалення сучасних методів оцінювання трудомісткості розроблення ПЗ для підвищення точності відповідної оцінки. У роботах [3, 4] досліджуються питання оцінювання трудомісткості розроблення ПЗ на ранніх етапах життєвого циклу. Запропоновано метод оцінювання вартості ПЗ на основі функціональних точок, який дає змогу оцінити розмір програмного проекту (LOC-оцінка) при його потенційній реалізації різними мовами програмування. У магістерській дисертації [5] запропоновано структуру представлення інформації відносно

метрик вартості всіх фаз життєвого циклу ПЗ і їх складових та засоби щодо їх застосування. У роботі [6] розглянуто комп'ютерну програму як об'єкт авторського права та наведено підходи до оцінювання вартості об'єкта інтелектуальної власності на прикладі комп'ютерної програми.

Аналіз [1–6] дав змогу класифікувати методологічні підходи і відповідні їм методи оцінювання вартості ПЗ за певними ознаками:

за рівнем деталізації оцінювання (макро- та мікроекономічні);

за основою оцінювання (емпіричні, аналітичні, комбіновані);

за врахуванням життєвого циклу (оцінювання розробки, впровадження, експлуатації, ризиків на етапах життєвого циклу).

Слід зазначити, що оцінювання вартості комп'ютерних програм, створених у системі МО України як службові твори потрібно застосовувати у різних сферах діяльності, які наведено у Табл. 1.

Таблиця 1

Застосування оцінювання вартості комп'ютерних програм, створених у системі МО України як службові твори

№	Сфера застосування	Напрями
1	Оцінювання вартості ПЗ для потреб МОУ	Визначення вартості <i>створення, модифікації, оновлення та супроводження</i> комп'ютерних програм, розроблених у межах діяльності установ, організацій і підприємств, що входять до системи МОУ. Аналіз економічної доцільності розроблення нового ПЗ порівняно з використанням комерційних або відкритих альтернатив
2	Визначення вартості нематеріальних активів	Оцінювання <i>авторських прав, патентів та інших нематеріальних активів</i> , що виникають у процесі створення програмних продуктів. Врахування витрат на розроблення ПЗ у балансі установ та підприємств МОУ
3	Планування та обґрунтування бюджетного фінансування	Формування <i>бюджетних заявок</i> та обґрунтування витрат на розроблення ПЗ у межах фінансування з державного бюджету. Контроль цільового використання коштів, виділених на розроблення, підтримку та модернізацію програмних продуктів
4	Контроль ефективності витрат на розроблення та підтримку ПЗ	Оцінювання економічної ефективності витрат на розроблення програм у межах <i>проектів автоматизації та цифрової трансформації МОУ</i> . Визначення реальної вартості виконаних робіт і відповідність результатів витраченим коштам
5	Оцінювання вартості ліцензійних прав та передачі програмного забезпечення	Визначення вартості <i>передачі прав на використання, модифікацію або розповсюдження</i> програмних продуктів між органами МОУ, державними установами або комерційними підприємствами. Оцінювання вартості переданого або придбаного ПЗ у разі інтеграції нових технологічних рішень
6	Визначення вартості програмних розробок у контексті державних закупівель	Розрахунок <i>очікуваної вартості програмних продуктів</i> у межах тендерних процедур. Оцінювання економічної обґрунтованості пропозицій учасників державних закупівель на розроблення або модернізацію ПЗ
7	Використання при аудиторських перевірках	Оцінювання вартості ПЗ в межах <i>контрольних та аудиторських заходів</i> . Перевірка відповідності витрат на ПЗ та його вартісних характеристик вимогам фінансової звітності та законодавства
8	Використання у судово-експертній діяльності	Визначення вартості ПЗ в межах судових спорів, що стосуються <i>авторських прав, інтелектуальної власності та контрактних зобов'язань</i> . Оцінювання збитків у випадках неправомірного використання програмних продуктів, розроблених у системі МОУ

З Табл. 1 слідує, що сфера застосування оцінки вартості ПЗ досить різнопланова. Під час вирішення конкретних завдань доцільно використовувати певні апробовані методи оцінювання.

Мета статті – обґрунтування методів оцінювання вартості комп'ютерних програм, створених як службові твори, для застосування у системі МО України.

Викладення основного матеріалу.

Оцінювання вартості комп'ютерних програм є складним завданням, яке залежить від мети оцінки, специфіки ПЗ та контексту його використання. Розглянемо основні методи оцінювання вартості комп'ютерних програм.

1. Вартісні методи (ВМ) базуються на визначенні вартості розроблення ПЗ шляхом оцінювання фактичних або прогнозованих витрат на його створення, впровадження,

підтримку та оновлення [2]. При цьому використовуються такі методи:

фактичних витрат – враховує прямі та непрямі витрати на розробку (зарплата розробників, вартість обладнання, інші накладні витрати);

відтворювальної вартості – визначає, скільки коштуватиме створення аналогічного ПЗ у сучасних умовах;

залишкової вартості – враховує амортизацію та старіння ПЗ.

Метод фактичних витрат (ФВ). Вартість $C_{ПЗ}^{ФВ}$ визначається на основі використання визначених метрик:

витрати на оплату праці розробників $C_{опл}$;

витрати на програмні та апаратні засоби $C_{ПАЗ}$;

витрати на тестування та документацію $C_{тест}$;

витрати на супровід $C_{супр}$.

Для розрахунку використовується формула

$$C_{ПЗ}^{ФВ} = C_{опл} + C_{ПАЗ} + C_{тест} + C_{супр}, \quad (1)$$

Перевага методу – точний облік витрат, недолік – не враховує майбутню вартість підтримки та розвитку.

Метод відтворювальної вартості (ВВ) розраховує вартість створення аналогічного програмного продукту з нуля з використанням сучасних технологій. При цьому використовуються наступні метрики:

поточна ринкова вартість праці розробників $C'_{опл}$;

вартість сучасних технологічних засобів $C'_{ПАЗ}$;

витрати на ліцензії та хмарні сервіси $C'_{ліц}$.

Для розрахунку використовується формула

$$C_{ПЗ}^{ВВ} = C'_{опл} + C'_{ПАЗ} + C'_{ліц}. \quad (2)$$

Перевагою методу є врахування сучасних технологічних реалій, недолік – може переоцінювати вартість застарілого ПЗ.

Метод залишкової вартості (ЗВ) оцінює поточну ринкову вартість ПЗ з урахуванням амортизації та зношеності. Метрики:

первісна вартість розробки ПЗ C_0 ;

амортизаційний коефіцієнт A ;

кількість років використання ПЗ t .

Для розрахунку використовується формула

$$C_{ПЗ}^{ЗВ} = C_0 \cdot (1 - A \cdot t), \quad (3)$$

де $C_{ПЗ}^{ЗВ}$ – залишкова вартість ПЗ;

A – амортизація (наприклад, 20% на рік).

Перевага методу – можливість оцінити реальну цінність існуючого ПЗ, недолік – може недооцінювати важливе ПЗ.

Отже, *вартісні методи*, а саме:

фактичні витрати – доцільно використовувати для аналізу бюджетних витрат;

відтворювальна вартість – корисна для оцінки альтернативного розроблення;

залишкова вартість – актуальна для оцінки застарілих систем.

Комбінований вартісний метод може дати найбільш точну оцінку вартості ПЗ. Він об'єднує три методи (фактичних витрат, відтворювальної вартості та залишкової вартості), дозволяючи отримати збалансовану оцінку вартості ПЗ $C_{ПЗ}^{Комб}$. Метрика базується на зваженому середньому значенні трьох методів, де кожному з них надається певний коефіцієнт значущості:

$$C_{ПЗ}^{Комб} = W_1 \cdot C_{ПЗ}^{ФВ} + W_2 \cdot C_{ПЗ}^{ВВ} + W_3 \cdot C_{ПЗ}^{ЗВ}, \quad (4)$$

де W_1, W_2, W_3 – вагові коефіцієнти, які визначають значущість кожного методу ($W_1 + W_2 + W_3 = 1$).

Метриці комбінованого підходу (3) притаманні такі ознаки:

гнучкість – можна змінювати вагові коефіцієнти залежно від типу ПЗ;

збалансованість – враховує як реальні витрати, так і ринкову ситуацію;

універсальність – застосовується до будь-яких категорій ПЗ.

Це дає змогу отримати оцінку вартості ПЗ, враховуючи три ключові аспекти: реальні витрати, можливість відтворення та залишкову цінність.

2. Дохідні методи (ДМ) базується на оцінці майбутніх економічних вигод, які приносить ПЗ. Вартість визначається як сума дисконтних грошових потоків, які генерує програма протягом життєвого циклу [7]. Основними методами є:

метод дисконтних грошових потоків (DCF) – оцінка вартості ПЗ через майбутні доходи, з урахуванням ризиків та зміни вартості грошей у часі.

метод прямої капіталізації – оцінює поточну ринкову вартість на основі очікуваного доходу від експлуатації ПЗ.

3. Порівняльні методи – ПМ (ринкові). Сутність цих методів полягає в тому, що

оцінка вартості ПЗ проводиться шляхом аналізу ринкових цін аналогічних програм, які продаються або ліцензуються на ринку [11]:

порівняння з комерційним ПЗ з аналогічним функціоналом та характеристиками;

використання даних про продажі, ліцензійні відрахування та вартість схожих програмних рішень.

Переваги, недоліки та області застосування вартісних, дохідних і порівняльних методів наведено у Табл. 2.

Таблиця 2

Ознаки вартісного, дохідного і порівняльного підходів

ПІДХОДИ	ПЕРЕВАГИ	НЕДОЛІКИ	ЗАСТОСУВАННЯ
Вартісні	Об'єктивність і точність у випадках, коли доступна інформація про витрати. Добре підходить для внутрішніх розробок, зокрема в системі МО	Не враховує потенційну комерційну цінність ПЗ або його значення для користувачів. Може не відображати ринкову ситуацію та реальну корисність програмного продукту	Оцінка ПЗ для внутрішнього використання (наприклад, у військових структурах). Бухгалтерський облік активів. Визначення витрат на модернізацію та підтримку програм
Дохідні	Враховує майбутню корисність ПЗ і його потенційну рентабельність. Використовується для оцінки комерційних програм або тих, що мають важливе значення	Важко оцінити майбутні доходи, особливо для нових або унікальних розробок. Чутливість до зміни ринкових умов та економічних ризиків	Оцінка програм, що приносять фінансові вигоди (ліцензійні продажі, підписки). Прогнозування вартості програм для стратегічного планування та інвестування
Порівняльні	Відображає ринкову ситуацію та конкурентоспроможність ПЗ. Використовується в разі наявності достатньої кількості схожих продуктів на ринку	Відсутність аналогів або їх невідповідність може ускладнити оцінку. Ринок ПЗ змінюється швидко, що робить оцінку неточною з часом	Оцінка комерційного ПЗ для продажу або ліцензування. Визначення ринкової вартості при придбанні або продажу програмних активів

Аналіз Табл. 1 дає змогу дійти таких висновків:

для оцінювання вартості комп'ютерних програм у системі МО України найбільш доцільними є *вартісні методи*, оскільки вони враховують витрати на розроблення та підтримку програм для внутрішнього використання;

дохідні методи можуть бути застосовані для оцінки програм, які мають потенційну комерційну цінність або генерують економічні вигоди;

порівняльні методи є корисними при аналізі ринкової вартості аналогічного

комерційного ПЗ, але можуть мати обмежену застосовність у військовій сфері якщо вони не враховують специфіку програм, розроблених для потреб оборони.

Для розроблення *інтегрованого методу* (ВМ+ДМ+ПМ) оцінювання вартості комп'ютерних програм у МО України може бути застосовано *SWOT-аналіз* для поєднання сильних сторін вище наведених методів і мінімізації їх слабких сторін.

У Табл. 3 наведені сильні та слабкі сторони кожного з методів оцінки вартості ПЗ.

Таблиця 3

SWOT-аналіз методів оцінювання вартості ПЗ

Фактор	Вартісні методи	Дохідні методи	Порівняльні методи
Сильні сторони (Strengths)	Об'єктивність, базуються на фактичних витратах	Враховують потенційні вигоди та цінність	Відображають ринкову вартість подібних продуктів
Слабкі сторони (Weaknesses)	Не враховують комерційний або стратегічний потенціал	Важко прогнозувати майбутні вигоди у військовій сфері	Відсутність прямих аналогів у військових розробках
Можливості (Opportunities)	Можна застосовувати для бюджетного планування та закупівель	Використання для стратегічного планування та аналізу ефективності	Використання ринкових показників для оцінки комерційного потенціалу ПЗ
Загрози (Threats)	Може переоцінювати застарілі програми	Ризик неточних прогнозів доходів та економічних вигод	Може бути складно знайти адекватні ринкові аналоги

На основі SWOT-аналізу можна запропонувати *інтегрований метод* (ВМ+ДМ+ПМ), який об'єднує сильні сторони вартісних, дохідних і порівняльних методів.

При цьому вирішуються наведені нижче завдання.

А. Базова оцінка витрат (вартісний метод):

- використовується як основа оцінки, оскільки враховує реальні витрати на розробку, супровід і модернізацію;

- може включати нормування витрат на розробку аналогічних військових програм.

Б. Коригування на стратегічну значущість (дохідний метод):

- додається коефіцієнт стратегічної важливості програмного продукту для МО (наприклад, критичність для кібербезпеки, рівень автоматизації військового управління).

- використовується метод експертного оцінювання щодо потенційного впливу ПЗ на покращення спроможностей військ (сил).

В. Аналіз ринкових референсів (порівняльний метод):

- для визначення комерційної вартості ПЗ – порівнюються подібні рішення, які застосовуються у цивільному секторі (аналогічний функціонал, технології).

- використовуються відкриті дані про вартість комерційних продуктів або оцінки вартості контрактів у сфері оборони.

З урахуванням трьох складових, інтегровану вартість ПЗ можна визначати за такою формулою

$$C_{ПЗ}^{int} = C_{int} + K_{страт} \cdot D + K_{ринок} \cdot R, \quad (5)$$

де C_{int} – витрати на розробку, підтримку та експлуатацію (вартісний метод);

$K_{страт}$ – коефіцієнт стратегічної важливості (визначається експертним шляхом);

D – прогнозована економічна вигода (дохідний метод);

$K_{ринок}$ – коефіцієнт відповідності ринку (аналіз аналогічних продуктів);

R – середня вартість аналогічних комерційних ПЗ.

Переваги інтегрованого методу:

- універсальність – дозволяє застосовувати метод як для військових, так і для потенційно комерційних програм;

- врахування факторів, які підкреслюють значущість ПЗ для обороноздатності;

- гнучкість – може бути адаптований під різні категорії програм (базові військові системи, аналітичні інструменти, кібербезпека).

Область застосування:

- оцінка вартості розробки та модернізації внутрішніх програмних продуктів у МО України;

- визначення ефективності інвестицій у військове ПЗ;

- можливість використання для прийняття рішень щодо ліцензування, спільного використання з комерційними компаніями або державними органами.

Висновок. Використання SWOT-аналізу дозволило виявити недоліки існуючих методів та створити **інтегрований метод**, який враховує реальні витрати, стратегічну значущість та ринкові референси. Такий метод буде ефективним для оцінювання ПЗ для потреб МО України.

Оцінка вартості ПЗ є багатовимірним завданням, і для її проведення, окрім вартісного підходу можна застосовувати інші **підходи** [8-11,14]:

аналітичні – макро- і мікроекономічні методи;

функціонально-орієнтовані – методи оцінювання за функціональними точками і за рядками коду;

емпіричні – методи *COCOMO II* (*Constructive Cost Model*) – прогнозує трудомісткість і вартість розробки ПЗ; *PSM* (*Price-to-Software Metrics*) – аналізує вартість військових контрактів і продуктивність розробників; *SLIM* (*Software Life Cycle Management*) – застосовується для оцінки продуктивності військового ПЗ у довготривалій перспективі.

Залежно від мети оцінювання, потрібного рівня деталізації оцінки, доступності даних і особливостей ПЗ доцільне використання конкретного методу або їх комбінації. Далі розглянемо більш докладно конкретні методи і їх комбінації.

4. Функціонально-орієнтований підхід.

4.1. Метод оцінки за функціональними точками (*Function Point, FP*).

Оцінка складності програмного продукту проводиться на основі його функціональних характеристик – кількість вхідних, вихідних даних; запитів; логічних файлів; складності реалізації тощо. Він не залежить від мови програмування, що робить його універсальним [10]. Розрахунок кількості функціональних точок (FP) проводиться на основі аналізу п'яти компонентів системи:

вхідні дані (*External Inputs, EI*) – форми введення, API-запити Q_1 ;

вихідні дані (*External Outputs, EO*) – звіти, візуалізація Q_2 ;

запити (*External Inquiries, EQ*) – запити, що повертають дані Q_3 ;

внутрішні логічні файли (*Internal Logical Files, ILF*) – бази даних Q_4 ;

зовнішні інтерфейси (*External Interface Files, EIF*) – обмін даними з іншими системами Q_5 .

Кількість FP розраховується за формулою

$$FP = \sum_{i=1}^I Q_i \cdot W_i, \quad (6)$$

де Q_i – кількість функціональних елементів кожного типу, $I = 5$;

W_i – ваговий коефіцієнт, який визначається за таблицями складності [5, 12].

Далі отримане значення FP коригується з урахуванням коефіцієнту складності VAF (*Value Adjustment Factor*), який враховує 14 факторів впливу (наприклад, продуктивність, безпека, складність обробки, складність проекту [2]) $FP_{кориг} = FP \cdot VAF$.

Вартість на основі FP C_{FP}^{3ag} розраховується за формулою

$$C_{FP}^{3ag} = FP_{кориг} \cdot C_{FP}, \quad (7)$$

де C_{FP} – вартість розроблення функціональної точки.

Приклад розрахунку за FP. Припустимо, що система має такі компоненти: *вхідні дані* (EI) – 5 елементів (вага – 3); *вихідні дані* (EO) – 3 елементи (вага – 4); *запити* (EQ) – 4 елементи (вага – 3); *внутрішні логічні файли* (ILF) – 2 елементи (вага – 7); *зовнішні інтерфейси* (EIF) – 1 елемент (вага – 5). Відповідно до (6) $FP = 58$. Якщо $VAF = 1.2$ (враховує складність проекту), то $FP_{кориг} = 58 \cdot 1,2 = 69$. При $C_{FP} = 20000$ грн $C_{FP}^{3ag} = 138000$ грн.

Перевагами методу є: незалежність від технології і мови програмування; може бути використана для оцінки великих систем;

дозволяє оцінити ПЗ ще на етапі проектування.

Недоліки – потребує детального аналізу функцій; потребує значної деталізації технічного завдання. **Область застосування** – аналіз великих інформаційних систем (військові системи управління, ERP, бази даних).

4.2. Метод оцінки за рядками коду (*Source Lines of Code, SLOC*).

Метод оцінки за рядками коду (SLOC) визначає складність та вартість ПЗ, виходячи з кількості рядків коду в програмі [14].

Розрахунок вартості на основі SLOC базується на оцінці праці розробників (вартості людино-годин):

$$C_{SLOC}^{3ag} = SLOC \cdot (C_{розр} + C_{тест} + C_{супр}), \quad (8)$$

де $SLOC$ – кількість рядків коду;

$C_{розр}$ – середня вартість розробки одного рядка коду;

$C_{тест}$ – середня вартість тестування одного рядка;

$C_{супр}$ – середня вартість супроводу одного рядка.

Приклад розрахунку SLOC. Припустимо, що в програмі 50 000 рядків коду, а витрати на один рядок складають: розробка – 10 грн/рядок; тестування – 3 грн/рядок; супровід – 2 грн/рядок. Тоді $C_{SLOC}^{3ag} = 50000 \cdot (10 + 3 + 2) = 750000$ грн.

Перевагою методу є простота використання і можливість використання оцінки продуктивності розробників (оцінки вже створеного коду). **Недоліки:** залежить від мови програмування; не враховує якості і складності коду; вразливий до маніпуляцій (наприклад, штучне збільшення коду), тобто неможливість застосування на ранніх етапах проекту. **Застосування** – оцінка витрат на доопрацювання або підтримку ПЗ.

У Табл. 4 наведено результати порівняння методів функціональних точок і SLOC.

Таблиця 4

Порівняння методів		
Критерій	Метод функціональних точок	Метод SLOC
Об'єкт оцінювання	Функціональність ПЗ	Обсяг коду
Незалежність від мови	Так	Ні
Використання на ранніх етапах	Так	Ні
Вплив якості коду	Низький	Високий
Використання в аутсорсингу	Поширене	Менш поширене

Висновок. Метод функціональних точок як незалежний від технологій і такий, що забезпечує точніші прогнози доцільно використовувати для оцінки на ранніх етапах. Метод SLOC застосовується для оцінювання вартості ПЗ після його розробки, але залежить від якості та стилю написання коду.

З наведеного аналізу можна констатувати, що обидва методи мають власні переваги та недоліки, тому доцільне розроблення комбінованого методу (FP+SLOC) для отримання більш точного оцінювання вартості ПЗ.

4.3. Комбінований метод оцінювання вартості ПЗ (на основі функціонально-орієнтованого підходу – FP+SLOC). Обчислення вартості ПЗ базується на зваженому середньому між оцінками FP і SLOC, з урахуванням вагових коефіцієнтів:

$$C_{FP+SLOC}^{Комб} = W_1 \cdot C_{FP}^{Заз} + W_2 \cdot C_{SLOC}^{Заз}, \quad (9)$$

де $C_{FP+SLOC}^{Комб}$ – комбінована оцінка вартості ПЗ;

$C_{FP}^{Заз}$ – оцінка вартості за функціональними точками;

$C_{SLOC}^{Заз}$ – оцінка вартості за рядками коду;

W_1, W_2 – вагові коефіцієнти ($W_1 + W_2 = 1$).

Приклад розрахунку комбінованого підходу. Припустимо, що: $FP_{кориг} = 70$; $C_{FP} = 10000 \text{ грн} / FP$; $SLOC = 50000$ рядків коду; $C_{SLOC} = 15 \text{ грн} / \text{рядок}$; $W_1 = 0,6$; $W_2 = 0,4$.

Обчислюємо окремі оцінки: $C_{FP}^{Заз} = 700000 \text{ грн}$, $C_{SLOC}^{Заз} = 750000 \text{ грн}$. Комбінована вартість з урахуванням W_1, W_2 за (9): $V_{комб} = 720000 \text{ грн}$.

Перевагами комбінованого підходу (FP+SLOC) є:

точність – об'єднання FP (логічна складність) і SLOC (обсяг коду) дає об'єктивніший результат;

гнучкість – можна коригувати вагові коефіцієнти залежно від проекту;

універсальність – підходить для нових і вже існуючих систем.

Якщо оцінюється нова система – FP має більшу вагу. Якщо оцінюється існуючий код – SLOC має більшу вагу. Комбінований підхід дає збалансовану оцінку вартості ПЗ.

Аналіз функціонально-орієнтованого підходу щодо оцінювання вартості комп'ютерних програм у системі МО України, а саме методів функціональних точок і оцінки

за рядками коду дозволяє дійти наступних **висновків**:

метод функціональних точок (FP) краще підходить для оцінки нових розробок;

метод SLOC ефективний для оцінки вартості існуючих систем;

комбінований метод (FP+SLOC) може бути оптимальним для оцінки ПЗ в МО України.

5. Експертні підходи [8].

Метод Делфі (Delphi Method) передбачає збір думок експертів щодо вартості ПЗ та визначення середнього або узгодженого значення. **Переваги** методу: враховує досвід експертів; може застосовуватися при обмеженій кількості вихідних даних. **Недоліки**: суб'єктивність оцінок; часомісткість. **Область застосування** – оцінка унікальних програмних продуктів (наприклад, **військові системи кібербезпеки**).

Метод анкетування (Surveys & Benchmarks). Оцінка вартості ПЗ проводиться шляхом збору даних про аналогічні проекти через опитування або аналіз галузевих досліджень. **Переваги**: використовує реальні ринкові дані; враховує практичний досвід. **Недоліки**: доступність та актуальність ринкових даних; важко застосовувати для унікальних військових розробок. **Область застосування** – оцінка вартості ліцензійного та комерційного ПЗ.

6. Гібридні підходи оцінювання вартості ПЗ поєднують різні підходи для підвищення точності розрахунків. Одні з найпоширеніших – **метод COCOMO** (Constructive Cost Model) та **метод PSM** (Price-to-Software Metrics), які використовують різні метрики для оцінки витрат і продуктивності [13,15].

6.1. Метод COCOMO (Constructive Cost Model) – це емпірична модель оцінювання витрат (у людино-місяцях), яка розроблена Баррі Боемом. Вона базується на кількості рядків коду (SLOC), інших факторах, що впливають на складність проекту та рівень ризиків.

Формула COCOMO (основна модель):

$$E = a \cdot (SLOC)^b; T = c \cdot E^d, \quad (10)$$

де E – оцінка трудомісткості в людино-місяцях;

T – час розробки в місяцях;

$SLOC$ – кількість рядків вихідного коду (в тисячах - KLOC);

a, b, c, d – емпіричні коефіцієнти, які залежать від типу проєкту (органічний, напів відокремлений, вбудований).

У Табл. 5 наведені характеристики типів проєктів у COCOMO [13].

Таблиця 5

Характеристики типів проєктів у COCOMO

Тип проєкту	Опис	Коефіцієнти (a, b, c, d)
Органічний	Малий проєкт, низька складність	2.4, 1.05, 2.5, 0.38
Напів відокремлений	Середня складність, середній розмір	3.0, 1.12, 2.5, 0.35
Вбудований	Висока складність, реального часу	3.6, 1.20, 2.5, 0.32

Приклад оцінки COCOMO. Припустимо, що ПЗ має 100 KLOC (100 000 рядків коду), а це напів відокремлений проєкт. Далі обчислюється трудомісткість та час розробки за формулою (11):

$$E = 3,0 \cdot (100)^{1,12} = 396,6 \text{ людино-місяців}$$

$$T = 2,5 \cdot (396,6)^{0,35} = 30,75 \text{ місяців}$$

Отже, розробка займе приблизно 31 місяць із загальною трудомісткістю 396 людино-місяців.

Переваги COCOMO: враховує різні типи проєктів (органічні, напівінтегровані, складні); використовується у великих проєктах. **Недоліки:** потребує точних вхідних даних; чутливий до помилок у параметрах оцінки. **Область застосування – військові інформаційні системи, системи управління військами.**

6.2. Метод PSM (Price-to-Software Metrics) – це метод оцінки вартості розробки ПЗ, який базується на співвідношенні ціни до метрик продуктивності та якості, тобто доповнює методи COCOMO, FPA і SLOC, надаючи економічний погляд на витрати, продуктивність і дефекти [15]. При цьому використовують показники:

вартості одиниці роботи (функціональної точки – FP, або рядка коду – SLOC);

продуктивності – кількість FP чи SLOC, які розробник створює за місяць;

якості – кількість дефектів на одиницю продукту.

Ключові метрики PSM та їх формули наведені у Табл. 6 [15].

Таблиця 6

Метрики та формули PSM

Метрики та формули IBM

№	Показник	Формула	Позначення
Вартість			
1	Вартість за функціональну точку C_{FP}	$C_{FP} = \frac{C_{Total}}{N_{FP}}$	C_{Total} – загальна вартість розробки (UAH); N_{FP} – загальна кількість функціональних точок
2	Вартість за рядок коду C_{SLOC}	$C_{SLOC} = \frac{C_{Total}}{N_{SLOC}}$	N_{SLOC} – загальна кількість рядків коду
3	Середня вартість однієї години роботи розробника чи команди C_{Hour}	$C_{Hour} = \frac{C_{Total}}{N_{Hour}}$	N_{Hour} – загальна кількість людино-годин
Продуктивність			
4	Продуктивність за FP (люд/міс) – кількість функціональних точок за місяць	$P_{FP} = \frac{N_{FP}}{E_f}$	E_f – витрати праці в людино-місяцях (приблизно 160 робочих годин)
5	Продуктивність за SLOC (люд/міс) – кількість рядків коду за місяць	$P_{SLOC} = \frac{N_{SLOC}}{E_f}$	
Щільність дефектів			
6	Кількість дефектів (помилки) на тисячу рядків коду (KLOC) D_{KLOC}	$D_{KLOC} = \frac{N_{Заг.деф}}{N_{KLOC}}$ $KLOC = SLOC/1000$	$N_{Заг.деф}$ – загальна кількість виявлених дефектів; N_{KLOC} – кількість тисяч рядків коду
7	Кількість дефектів (помилки) на загальну кількість функціональних точок D_{FP}	$D_{FP} = \frac{N_{Заг.деф}}{N_{FP}}$	

Приклад. Для прикладу візьмемо гіпотетичний модуль. Вихідні дані:

$C_{Total} = 10 \text{ млн грн}$ – включає зарплати, інфраструктуру, ліцензії;

$N_{FP} = 500$, враховуючи аналіз даних, інтерфейси, звіти;

$N_{SLOC} = 50000$ – середня складність за COCOMO;

$E_f = 75$; $N_{заг.деф} = 200$ – виявлені під час тестування.

Розрахунок: за формулами з Табл. 6:

$C_{FP} = 20000$ грн – кожна функціональна точка коштує 20 000 UAH. Для порівняння, у комерційних проєктах це може бути \$500–\$2000, але в МО України витрати нижчі через державне фінансування та місцеві зарплати;

$C_{SLOC} = 200$ грн – один рядок коду коштує 200 UAH (приблизно \$5 за курсом 40 грн/USD), що відображає відносно низьку собівартість розробки в Україні;

$C_{Hour} = 833,33$ грн – для МО України це включає зарплати (~\$500–\$1000/місяць для розробників) і накладні витрати;

$P_{FP} = 6,67$; $P_{SLOC} = 666,67$ – розробник створює ~6.7 FP або ~667 SLOC на місяць (для порівняння, за COCOMO для ПЗ середньої складності створюється 5–10 FP/місяць, що підтверджує реалістичність розрахунків);

$D_{KLOC} = 4$; $D_{FP} = 0,4$ – це середні показники для військового ПЗ, де тестування суворе, але терміни стислі.

Результати порівняння методів COCOMO та PSM наведено у Табл. 7.

Таблиця 7

Порівняння методів COCOMO та PSM

Критерій	COCOMO	PSM
Оцінює	Трудовитрати та час розробки	Фінансові витрати
Основна метрика	KLOC	FP, KLOC, години
Залежність від технології	Висока	Помірна
Точність на ранніх етапах	Низька	Висока
Застосування	Великі проєкти, державні IT-системи	Бізнес-аналіз, комерційні проєкти

Перевагами PSM є: можливість використовувати для прогнозування ефективності та оцінювання вартості складних програмних рішень. Недоліки: потребує детальних вихідних даних; може бути складним у впровадженні. Область застосування – великий військовий софт, що потребує довгострокової підтримки. Військовий софт – спеціалізовані програми для оборони, управління військами, розвідки, кібербезпеки.

Для підвищення точності оцінювання можна комбінувати COCOMO та PSM:

COCOMO використовується для оцінки трудомісткості та часу розробки.

PSM дозволяє оцінити фінансову вартість роботи на основі функціональних точок та продуктивності команди.

Висновки:

- COCOMO доцільно використовувати для оцінки часу та трудомісткості, але його

точність знижується на ранніх етапах через залежність від SLOC;

- наведені метрики COCOMO та PSM дають змогу МО України оптимізувати розробку ПЗ, контролювати якість і порівнювати з комерційними аналогами;

- PSM ефективно оцінює фінансову вартість та продуктивності команди, особливо якщо доступні функціональні метрики;

- поєднання COCOMO та PSM дає змогу отримати комплексну оцінку як з погляду часу, так і з погляду вартості.

Використовуючи SWOT-аналіз, можна розробити комбінований метод оцінювання вартості комп'ютерних програм у системі МО України для об'єднання сильних сторін вартісного методу, методу життєвого циклу (LCC) та аналізу функціональних точок (FP) і врахування як реальних витрат, так і стратегічної значущості ПЗ. Результати SWOT-аналізу наведені у Табл. 8.

Таблиця 8

SWOT-аналіз методів оцінювання

ФАКТОР	ВАРТІСНИЙ МЕТОД	МЕТОД ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ (LCC)	ФУНКЦІОНАЛЬНІ ТОЧКИ (FPA)
СИЛЬНІ СТОРОНИ (Strengths)	Враховує фактичні витрати на розробку	Аналізує всі етапи існування ПЗ	Відображає складність та масштабіність ПЗ
СЛАБКІ СТОРОНИ (Weaknesses)	Не враховує стратегічну важливість ПЗ	Складний у прогнозуванні майбутніх витрат	Потребує деталізованих технічних характеристик
МОЖЛИВОСТІ (Opportunities)	Може застосовуватися для бюджетного	Дозволяє визначати довгострокову вартість	Використовується для оцінки різних типів програмних

	планування	володіння ПЗ	продуктів
ЗАГРОЗИ (<i>Threats</i>)	Може переоцінювати застарілі проекти	Ризик неврахування змін технологій у довгостроковій перспективі	Може бути складним для нестандартних або експериментальних військових розробок

Аналіз Табл. 8 дозволяє на основі SWOT-аналізу запропонувати **комбінований підхід**, який поєднує три методи оцінки:

вартісний метод – дає базову оцінку витрат на розробку, підтримку та модернізацію;

метод життєвого циклу (*LCC*) – додає прогноз витрат на утримання, супровід та оновлення;

функціональні точки (*FPA*) – дозволяють оцінити складність програмного продукту та врахувати його вплив на військову ефективність.

Вартість ПЗ можна розраховувати за такою формулою

$$C_{ПЗ} = C_{ПЗ}^{ФВ} + K_{LCC} \cdot C_{LCC}^{Заг} + K_{FPA} \cdot C_{FPA}^{Заг}, \quad (11)$$

де $C_{ПЗ}^{ФВ}$ – витрати на розробку (метод фактичних витрат);

$C_{LCC}^{Заг}$ – загальні витрати на життєвий цикл ПЗ;

$C_{FPA}^{Заг}$ – оцінка функціональних точок (складність та масштабність системи);

K_{LCC}, K_{FPA} – коефіцієнти вагомості кожного методу (визначаються експертами залежно від типу ПЗ).

Перевагами комбінованого підходу є:

гнучкість – можна змінювати вагу кожного методу залежно від типу ПЗ;

точність – враховуються як фактичні витрати, так і майбутні витрати та складність системи;

універсальність – підходить для різних категорій військових програм (систем управління, аналітичних інструментів, кібербезпеки тощо).

Комбінований підхід може бути *застосовано* для: оцінки вартості розробки та підтримки військового ПЗ; визначення ефективності інвестицій у військове ПЗ; бюджетного планування та прогнозування витрат.

Висновки. Аналіз розглянутих методів щодо оцінювання вартості комп'ютерних програм створених у системі МО України як службові твори дозволив дійти висновку про необхідність вибіркового застосування цих методів та доцільність їх комбінування з урахуванням подальшого використання оцінки. SWOT-аналіз дозволив виявити сильні сторони існуючих методів та запропонувати

комбіновані методи, які можна рекомендувати для оцінювання вартості ПЗ у МО України залежно від завдання оцінювання.

Подальші дослідження доцільно зосередити на конкретних прикладах застосування розробленого методичного підходу, тобто вирішенню практичних задач.

Наведений матеріал може бути використано під час розроблення проекту Методичних рекомендацій з оцінювання вартості комп'ютерних програм створених у системі МО України як службові твори.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кравченко С. М. Засоби оцінки вартості програмного забезпечення // Вісник ЖДТУ. 2014. № 1 (68). С. 12–16.
2. Фаріонова Т. А., Орехов О. С. Аналіз сучасного стану методів оцінювання трудомісткості розробки програмного забезпечення // Зб. наук. пр. НУК. 2024. № 1 (494). С. 102–111.
3. Кикоть О. П., Козак С. В., Денисюк Д. О., Говорущенко Т. О. Метод оцінювання трудомісткості розроблення програмного забезпечення підходу // Інтелектуальні технології в системному програмуванні (ІТПС-2015) : матеріали IV Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів / Хмельниц. нац. ун-т ; Чернів. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича. Хмельницький, 2015. С. 75–82.
4. Коптев О. О. Дослідження моделей і методів оцінювання вартості ІТ-проектів на початкових стадіях його життєвого циклу / М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. Харків, 2020. 82 с.
5. Кошовець С. П. Електронний каталог метрик життєвого циклу програмного забезпечення : магістерська дис. : 121. Київ, 2023. 150 с.
6. Базилевич В. Д. Інтелектуальна власність. URL: <https://ukrtextbook.com/intelektualna-vlasnist-bazilevich> (дата звернення: 30.05.2025).
7. Ралко О. С. Методи визначення ставки дисконтування // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. 2015. URL: <http://www.vestnik-econom.mgu.od.ua/journal/2015/11-2015/35.pdf> (дата звернення: 30.05.2025).
8. Практика оценки нематериальных активов и интеллектуальной собственности : учеб. пособ. / Н. Н. Карпова, Г. Г. Азгальдов, Е. А. Базанчук, Н. Н. Шаранова. Москва, 2000. 250 с.
9. Рябокін Ю. М. Оцінка вартості програмного забезпечення // Вісник КНУТД. Серія: Технічні науки. Електротехнічні та автоматизовані системи. 2015. № 1 (82).

10. Методы и средства оценки стоимости программного обеспечения / Н. А. Сидоров, Д. В. Баценко, Ю. Н. Василенко, Ю. В. Щебетин, Л. Н. Иванова // Проблемы системного підходу в економіці. 2004. № 7. С. 113–118.
11. Модели, методы и средства оценки стоимости программного обеспечения / Н. А. Сидоров, Д. В. Баценко, Ю. Н. Василенко, Ю. В. Щебетин // Проблемы программирования. 2006. № 2. С. 290–298.
12. Johnson K. Software cost estimation – Metrics and models. University of Calgary, 2001. 115 p.
13. The COCOMO 2.0 Software Cost Estimation Model / B. W. Boehm. – American Programmer, 2000. 586 p.
14. Лозовська Л. І., Дудник В. В. Сучасні підходи до вартісної оцінки програмних продуктів. Європейський вектор економічного розвитку. 2014. № 2 (17). С. 131–140.
15. Practical Software and System Measurement (PSM). Methods of Operation. Draft Version 2.6. URL: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.psmc.com/downloads/other/psmmethodsofoperations_nov2006.pdf?utm_source=chatgpt.com](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.psmc.com/downloads/other/psmmethodsofoperations_nov2006.pdf?utm_source=chatgpt.com).

Стаття надійшла до редакційної колегії 14.03.2025

Evaluation of computer programs created as official works for use in structural units of the Ministry of Defense of Ukraine

Annotation

Currently, there is a growing demand for mission-critical software (SW) within the system of the Ministry of Defense (MoD) of Ukraine, particularly for: automated command and control systems (C2), integrated with NATO (e.g., Delta); cybersecurity tools (detection, attack prevention, antivirus solutions); and artificial intelligence (AI) systems for intelligence analysis (satellite imagery, signal interception). The Russian aggression against Ukraine has significantly altered the requirements for defense software, highlighting the need to account for the cost of adapting to new threats (electronic warfare, drones, EW), as well as the uncertainty of the software life cycle, which may require rapid updates.

The development of a methodological approach to the evaluation of computer programs created within the MoD of Ukraine as official works is an important task for ensuring proper legal and economic regulation in the field of intellectual property, especially under wartime conditions with the Russian Federation.

An analysis of evaluation methods for computer programs created within the Ministry of Defense of Ukraine as official works has been conducted. SWOT analysis revealed the strengths of existing methods and made it possible to propose combined approaches that can be recommended for evaluation of computer programs (software) in the MoD of Ukraine, depending on the purpose of the evaluation.

The analysis of the considered methods led to the conclusion that selective application and reasonable combination of these methods are necessary, taking into account the intended use of the evaluation results.

Keywords: computer program; software life cycle; SWOT analysis; cost of a computer program (software); methodological approaches and relevant evaluation methods.