

УДК 004.891.3: 004.3

## ОЦІНЮВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Т.О.ГОВОРУЩЕНКО, Є.Б.КУРАС, М.В.КРАСОВСЬКИЙ  
Хмельницький національний університет

*У даній статті розроблено математичну модель ТППЗ, критерії оцінювання ТППЗ, алгоритм та продукційні правила вибору технології проектування СПЗ, які надають організації можливість мотивованого та обгрунтованого вибору технології проектування для її подальшого впровадження.*

*In this article the authors developed the mathematical model of technology of software design (TSD), the criteria for TSD evaluating, the algorithm and the production rules of TSD selection. The proposed solutions provide the motivated and grounded choice of TSD for its further implementation in the organization.*

*Ключові слова: програмне забезпечення, системне програмне забезпечення, технологія проектування програмного забезпечення.*

**Вступ.** Системне програмне забезпечення (СПЗ) – це комплекс програм, які забезпечують керування компонентами комп'ютерної системи (процесором, оперативною пам'яттю, пристроями введення-виведення, мережевим обладнанням), виступаючи своєрідним прошарком (інтерфейсом), з одного боку якого – апаратура, а з іншого – додатки користувача [1]. СПЗ координує роботу різних компонентів комп'ютера та відіграє роль посередника між прикладними програмами та апаратним забезпеченням [2].

Факти, що визначають специфіку програмного забезпечення (ПЗ) як продукту: замовник не розуміє складності процесу розроблення ПЗ і впливу зміни вимог до ПЗ на процес розроблення; зміна та поява нових вимог в процесі розроблення ПЗ є неминучими; ітеративність процесу розроблення ПЗ, яка ускладнює його; рівень новизни та складності ПЗ є дуже високим; технології швидко змінюються, оновлюються та застарівають.

Всі специфічні факти, рівні, важливі знання, заходи, операції, прийоми щодо керування розробленням ПЗ включає в себе технологія проектування програмного забезпечення.

Технологія проектування (розроблення) програмного забезпечення (ТППЗ) – це впорядкована сукупність взаємозв'язаних технологічних процесів в межах життєвого циклу ПЗ. ТППЗ представляє собою інженерний підхід до розроблення програмних засобів, який охоплює методологію програмування, проблеми забезпечення надійності програм, оцінки робочих характеристик та якості проектів. ТППЗ визначає професійну культуру фахівців, яка забезпечує заданий рівень продуктивності праці і якості одержуваної в результаті програмної продукції [3].

Основною вимогою, яка висувається до сучасних ТППЗ, є їхня відповідність стандартам та нормативним документам, пов'язаним з процесами життєвого циклу ПЗ та оцінкою технологічної зрілості організації-розробників [4-6].

Під впровадженням ТППЗ розуміють всі дії – від оцінювання початкових потреб до повномасштабного використання ТППЗ у різних підрозділах організації [3]. Процес впровадження складається з наступних етапів [3]: 1) визначення потреб у ТППЗ, характеристик об'єкту впровадження та проектів створення ПЗ; 2) визначення вимог, які висуваються до ТППЗ (аналіз характеристик об'єкту впровадження та проектів, обґрунтування вимог до ТППЗ, визначення пріоритетів вимог); 3) оцінювання варіантів ТППЗ – попереднє експертне оцінювання, яке полягає у аналізі доступних ТППЗ на предмет відповідності вимогам, та деталізоване оцінювання, яке полягає у формуванні детального опису кожної ТППЗ-претендента; 4) визначення потреб у ТППЗ, характеристик об'єкту впровадження та проектів; 5) вибір ТППЗ на основі порівняльного аналізу технологій та з врахуванням експертної оцінки; 6) адаптація ТППЗ до умов застосування шляхом формування конкретної робочої конфігурації ТППЗ, адаптованої до умов об'єкту впровадження.

Сьогодні процеси оцінювання та вибору ТППЗ залишаються незабезпеченими математичним підґрунтям. Тому *актуальною задачею* наразі є побудова математичного апарату для підтримки процесів оцінювання та вибору ТППЗ для системного ПЗ.

*Постановка задачі.* З результатів аналізу сучасного стану галузі слідує, що перспективними напрямками досліджень є: 1) побудова математичної моделі технології проектування СПЗ; 2) побудова критеріїв оцінювання та продукційних правил вибору технології проектування СПЗ.

**1. Математична модель технології проектування програмного забезпечення.** Технологія проектування програмного забезпечення – це комплекс організаційних заходів, операцій та прийомів, спрямованих на розроблення програмних продуктів високої якості в рамках відведеного бюджету і в термін. В загальному склад ТППЗ можна представити в наступному вигляді – рис.1.

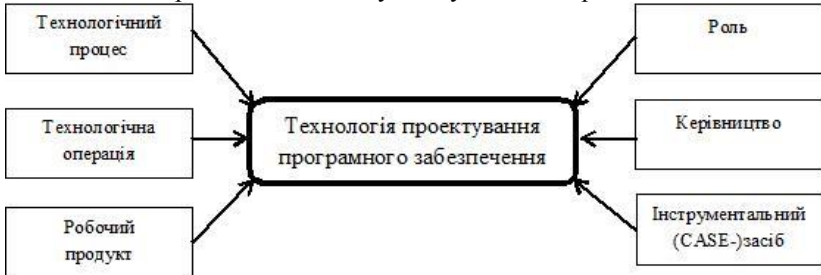


Рис. 1. Склад технології проектування ПЗ

Технологічна операція – основна одиниця роботи, виконувана певною роллю, яка: передбачає чітко визначену відповідальність ролі; дає чітко визначений результат (набір робочих продуктів), який базується на певних початкових даних (іншому наборі робочих продуктів); представляє собою одиницю роботи з жорстко визначеними межами, які встановлюються при плануванні проекту. Технологічний процес – це сукупність взаємозв’язаних технологічних операцій. Робочий продукт – це інформаційна або матеріальна сутність, яка створюється, модифікується або використовується в деякій технологічній операції (модель, документ, код, тест і т.і.). Робочий продукт визначає область відповідальності ролі і є об’єктом керування конфігурацією. Роль – визначення поведінки та обов’язків окремої особи або групи осіб в середовищі організації-розробника ПЗ, які здійснюють діяльність в межах деякого технологічного процесу та відповідають за певні робочі продукти. Керівництво – це практичне керівництво по виконанню однієї технологічної операції. Керівництва містять методичні матеріали, інструкції, нормативи, стандарти та критерії оцінювання якості робочих продуктів. Інструментальний засіб (CASE-засіб) – це програмний засіб, який забезпечує автоматизовану підтримку діяльності в межах технології [3].

Враховуючи вищевикладене, побудуємо *математичну модель технології проектування ПЗ:*

$$TSD = \{TO, TP, WP, R, G, CT, TOR, WPTOR, GTO\}, \quad (1)$$

де:  $TO = \{to_1, \dots, to_f\}$  - множина технологічних операцій  $to_b$  ( $f$  - кількість технологічних операцій ТППЗ);  $TP = \{tp_1, \dots, tp_k\}$  - множина технологічних процесів  $tp_h$  ( $k$  - кількість технологічних процесів ТППЗ), кожен з яких представляє собою підмножину  $\{to_1, \dots, to_m\}$  взаємозв'язаних технологічних операцій  $to_{ij}$  ( $m$  - кількість технологічних операцій, які складають даний технологічний процес), тобто  $TP = \{\{to_1, \dots, to_o\}_1, \dots, \{to_1, \dots, to_e\}_k\}$ , де  $o$  - кількість технологічних операцій, які складають технологічний процес  $tp_1$ ,  $e$  - кількість технологічних операцій, які складають технологічний процес  $tp_k$ ;  $WP = \{wp_1, \dots, wp_x\}$  - множина робочих продуктів  $wp_c$  ( $x$  - кількість робочих продуктів технології);  $R = \{r_1, \dots, r_p\}$  - множина ролей  $r_y$ , які містить ТППЗ ( $lp$  - кількість ролей ТППЗ);  $G = \{g_1, \dots, g_f\}$  - множина практичних керівництв  $g_q$  ( $f$  - кількість технологічних операцій і відповідно керівництв технології);  $CT = \{ct_1, \dots, ct_w\}$  - множина інструментальних (CASE-) засобів  $ct_a$  ( $w$  - кількість інструментальних засобів технології проектування);  $TOR = \{<to_1, r_1>, \dots, <to_n, r_n>\}$  - множина пар  $to_{ji}$  і  $r_{ji}$ , де  $to_{ji}$  - технологічна операція, яка входить до технології проектування ПЗ і виконується роллю  $r_{ji}$  ( $n$  - кількість взаємозв'язаних операцій та ролей технології);  $WPTOR = \{<wp_1, to_1, r_1>, \dots, <wp_s, to_s, r_s>\}$  - множина трійок  $wp_d, to_d, r_d$ , де  $wp_d$  - робочий продукт, який створюється, модифікується або використовується в технологічній операції  $to_d$  і визначає область відповідальності ролі  $r_d$  ( $s$  - кількість взаємозв'язаних робочих продуктів, технологічних операцій та ролей технології);  $GTO = \{<g_1, to_1>, \dots, <g_f, to_f>\}$  - множина пар  $g_u, to_u$ , де  $g_u$  - практичне керівництво по виконанню технологічної операції  $to_u$  ( $f$  - кількість технологічних операцій і відповідно керівництв технології).

**2. Критерії оцінювання технології проектування системного програмного забезпечення.** Метою процесу оцінювання ТППЗ є визначення функціональності та якості ТППЗ для наступного вибору. Оцінювання виконується відповідно до конкретних критеріїв, його результати містять як об'єктивні, так і суб'єктивні дані по кожній ТППЗ. Типовий процес оцінювання може використовувати набір критеріїв різних типів. Кожний критерій повинен бути обраний та адаптований експертом з врахуванням особливостей конкретного процесу. Початковими даними для оцінювання є набір параметрів (техніко-економічних характеристик) ТППЗ [3]: 1) функціональні характеристики, орієнтовані на процеси життєвого циклу ПЗ (керування проектом, керування вимогами, керування конфігурацією та змінами, аналіз та проектування ПЗ і т.і.); 2) функціональні характеристики застосування (середовище функціонування, сумісність з іншими ТППЗ, відповідність технологічним стандартам); 3) характеристики якості (надійність, зручність використання, ефективність, супроводжуваність, можливість переносу); 4) загальні характеристики (витрати на технологію, ліцензійна політика, оціночний ефект від впровадження ТППЗ, потрібна для впровадження інфраструктура, доступність та якість навчання, сертифікація постачальника, підтримка постачальника). На основі даного набору параметрів аналізуються та класифікуються існуючі ТППЗ.

Враховуючи вищенаведені початкові дані для оцінювання ТППЗ, запропонуємо наступні *критерії оцінювання ТППЗ*:

1) трудомісткість створення ПЗ – кількість людиномісяців, які прогнозовано будуть витрачені на створення ПЗ з використанням ТППЗ (цей критерій потрібно мінімізувати);

2) продуктивність – обсяг роботи (кількість рядків коду), який доводиться на одиницю трудомісткості (людиномісяць) при використанні даної ТППЗ (критерій вимагає максимізації);

3) кількість дефектів у створюваному ПЗ при використанні даної ТППЗ (цей критерій потрібно мінімізувати);

4) рівень повернення інвестицій – даний критерій вимагає максимізації і обчислюється за формулою:

$$\text{Повернення}_\text{інвестицій} = \frac{(\text{Прибуток} - \text{Витрати})}{\text{Витрати}},$$

де *Прибуток* - прибуток від використання ПЗ, *Витрати* - витрати на створення та супровід ПЗ;

5) витрати на супровід ПЗ – даний критерій вимагає мінімізації і обчислюється за формулою:

$$\text{Витрати на супровід} = \frac{\text{Вартість супроводу}}{\text{Сукупні витрати}},$$

де *Вартість супроводу* - це очікувана вартість етапу супроводу ПЗ при використанні даної ТППЗ, *Сукупні витрати* - це витрати на впровадження даної ТППЗ в організації;

6) час впровадження ТППЗ – прогнозований часовий інтервал від початку впровадження ТППЗ до повного впровадження та використання ТППЗ всіма учасниками процесу розроблення, який вимагає мінімізації;

7) витрати на впровадження ТППЗ – очікувана сумарна вартість придбання, вивчення та супроводу ТППЗ (цей критерій потрібно мінімізувати);

8) термін окупності витрат на впровадження ТППЗ – часовий інтервал від початку впровадження ТППЗ до повної окупності витрат на її впровадження (критерій вимагає мінімізації).

Отже, група експертів повинна оцінити кожен із розглядуваних технологій ПЗ, враховуючи її складові частини (формула (1)), за всіма вищенаведеними критеріями. В результаті такої оцінки буде одержано наступну множину параметрів для *i*-ї розглядуваної ТППЗ:

$$EVAL = \{l, p, nd, ri, mc, it, ic, re\}, \quad (2)$$

де *l* - прогнозована трудомісткість створення ПЗ з використанням *i*-ї ТППЗ, *p* - продуктивність при використанні *i*-ї ТППЗ, *nd* - прогнозована кількість дефектів у створюваному ПЗ при використанні *i*-ї ТППЗ, *ri* - очікуваний рівень повернення інвестицій при використанні *i*-ї ТППЗ, *mc* - витрати на супровід ПЗ, яке розроблялось з використанням *i*-ї ТППЗ; *it* - очікуваний час впровадження *i*-ї ТППЗ; *ic* - очікувані витрати на впровадження *i*-ї ТППЗ; *re* - термін окупності витрат на впровадження *i*-ї ТППЗ.

Тоді, якщо експертами оцінюються *j* технологій проектування програмного забезпечення, то отримаємо *j* множин *EVAL* (формула (2)), тобто  $EVTS D = \{EVAL_1, \dots, EVAL_j\}$ , де *EVTS D* - множина підмножин оцінок для всіх розглядуваних ТППЗ.

Множину підмножин  $EVTSD$  доцільніше представити у вигляді наступної матриці (з врахуванням формули (2)):

$$EVTSD = \begin{vmatrix} l_1 & p_1 & nd_1 & ri_1 & mc_1 & it_1 & ic_1 & re_1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_j & p_j & nd_j & ri_j & mc_j & it_j & ic_j & re_j \end{vmatrix}, \quad (3)$$

де в першому рядку наведено оцінки для технології проектування ПЗ №1, в другому рядку – оцінки для ТППЗ №2, і т.д., і в останньому рядку – оцінки для останньої технології проектування №  $j$ .

Процес оцінювання тісно пов'язаний із процесом вибору ТППЗ. За результатами оцінювання цілі вибору та/або критерії вибору, а також їхні вагові коефіцієнти можуть вимагати модифікації. В таких випадках може знадобитись повторне оцінювання.

**3. Алгоритм та продукційні правила вибору технології проектування системного програмного забезпечення.** Алгоритм процесу вибору ТППЗ включає в себе наступні дії [3]: 1) формулювання задач вибору, включаючи цілі, припущення та обмеження; 2) виконання всіх необхідних дій по вибору, включаючи визначення критеріїв, визначення технологій-кандидатів, збір необхідних даних та застосування критеріїв до результатів оцінювання для визначення засобів з найкращими показниками; 3) виконання необхідної кількості ітерацій з метою вибору (або відхилення) технології, яка має подібні до інших показники.

На основі формули (3) та опису критеріїв оцінювання ТППЗ, розробимо *алгоритм вибору оптимальної для організації ТППЗ*:

*Крок 1.* Знайти мінімальні елементи 1-го ( $l$ ), 3-го ( $nd$ ), 5-го ( $mc$ ), 6-го ( $it$ ), 7-го ( $ic$ ) та 8-го ( $re$ ) стовпців матриці  $EVTSD$  і зберегти номери їхніх рядків у змінні  $\min_1$ ,  $\min_3$ ,  $\min_5$ ,  $\min_6$ ,  $\min_7$ ,  $\min_8$  відповідно.

*Крок 2.* Знайти максимальні елементи 2-го ( $p$ ) та 4-го ( $ri$ ) стовпців матриці  $EVTSD$  і зберегти номери їхніх рядків у змінні  $\max_2$ ,  $\max_4$  відповідно.

*Крок 3.* За допомогою продукційних правил визначити найкращу технологію проектування ПЗ за кожним критерієм, призначити 1 бал технології-«переможцю» за кожним критерієм, порахувати суму балів для кожної ТППЗ і зберегти суму балів

технології №  $ki$  у елемент №  $ki$  множини  $ST$ , де  $ST = \{st_1, \dots, st_{nt}\}$  - множина кількостей балів для кожної технології проектування, причому  $st_1$  - кількість балів, набраних технологією №1,  $st_{nt}$  - кількість балів, набраних технологією №  $nt$ ,  $nt$  - кількість розглядуваних ТППЗ.

*Крок 4.* Знайти максимальний елемент множини  $ST = \{st_1, \dots, st_{nt}\}$  і зберегти його номер у змінній  $not$ .

Враховуючи стандартний алгоритм процесу вибору ТППЗ, запропоновані критерії оцінювання ТППЗ та розроблений допоміжний алгоритм вибору оптимальної ТППЗ, побудуємо *продукційні правила для вибору технології проектування СПЗ*:

1) якщо змінна  $\min_1 = ti$  (тобто за критерієм «трудомісткість створення ПЗ» найкращою є технологія за номером  $ti$ ), то технологія за номером  $ti$  одержує 1 бал:  $st_{ti} = st_{ti} + 1$  ( $st_{ti}$  - кількість балів  $ti$ -ї технології, де  $st_{ti} \in ST$ );

2) якщо змінна  $\max_2 = ti$  (тобто за критерієм «продуктивність» найкращою є технологія за номером  $ti$ ), то технологія за номером  $ti$  одержує 1 бал:  $st_{ti} = st_{ti} + 1$ ;

3) якщо змінна  $\min_3 = ti$  (тобто за критерієм «кількість дефектів у створюваному ПЗ» найкращою є технологія за номером  $ti$ ), то технологія за номером  $ti$  одержує 1 бал:  $st_{ti} = st_{ti} + 1$ ;

4) якщо змінна  $\max_4 = ti$  (тобто за критерієм «рівень повернення інвестицій» найкращою є технологія за номером  $ti$ ), то технологія за номером  $ti$  одержує 1 бал:  $st_{ti} = st_{ti} + 1$ ;

5) якщо змінна  $\min_5 = ti$  (тобто за критерієм «витрати на супровід ПЗ» найкращою є технологія за номером  $ti$ ), то технологія за номером  $ti$  одержує 1 бал:  $st_{ti} = st_{ti} + 1$ ;

6) якщо змінна  $\min_6 = ti$  (тобто за критерієм «час впровадження ТППЗ» найкращою є технологія за номером  $ti$ ), то технологія за номером  $ti$  одержує 1 бал:  $st_{ti} = st_{ti} + 1$ ;

7) якщо змінна  $\min_7 = ti$  (тобто за критерієм «витрати на впровадження ТППЗ» найкращою є технологія за номером  $ti$ ), то технологія за номером  $ti$  одержує 1 бал:  $st_{ii} = st_{ii} + 1$ ;

8) якщо змінна  $\min_3 = ti$  (тобто за критерієм «термін окупності витрат від впровадження ТППЗ» найкращою є технологія за номером  $ti$ ), то технологія за номером  $ti$  одержує 1 бал:  $st_{ii} = st_{ii} + 1$ ;

9) якщо змінна  $not = toi$ , то технологія за номером  $toi$  є найбільш оптимальною для впровадження в даній організації.

**Висновки.** У статті розроблено математичну модель ТППЗ та критерії оцінювання ТППЗ, які дають можливість експертам оцінити кожну розглядану технологію проектування СПЗ більш точно, з врахуванням всіх її складових частин. Запропоновані авторами алгоритм та продукційні правила вибору технології проектування СПЗ надають організації можливість мотивованого та обгрунтованого вибору технології проектування для її подальшого впровадження.

Перспективним напрямком досліджень є побудова методу вибору технології проектування СПЗ на основі розроблених математичної моделі ТППЗ, критеріїв оцінювання ТППЗ, а також алгоритму та продукційних правил вибору ТППЗ.

#### **Використані джерела:**

1. Гордеев А.В., Молчанов А.Ю. Системное программное обеспечение – СПб: Питер, 2003 – 736 с.
2. Васильев В.Г. Введение в системное программное обеспечение: Учебное пособие – Тверь: ТГТУ, 2009 – 160 с.
3. Чернев Д.А. Технология разработки программного обеспечения – Ташкент, 2004 – 224 с.
4. ISO/IEC 12207:2008. Systems and software engineering — Software life cycle processes
5. ISO 9000:2005 Quality management systems – Fundamentals and vocabulary // [Electronic resource] – Access mode: [http://thuvienkhcn.vinhlong.gov.vn/tailieukhcn/data/TieuChuanotnvan/ISO/ISO\\_9000\\_2005.pdf](http://thuvienkhcn.vinhlong.gov.vn/tailieukhcn/data/TieuChuanotnvan/ISO/ISO_9000_2005.pdf)
6. Mark C. Paulk, Bill Curtis, Mary Beth Chrissis, Charles V. Weber. Capability Maturity Model fro Software (Version 1.1): Technical Report - Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University // [Electronic resource] – Access mode: <http://www.sei.cmu.edu/reports/93tr024.pdf>