

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ МЕТОД ВАЛІДАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ОСНОВІ МЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

**Говорущенко Т.О.**

Хмельницький національний університет,  
кафедра системного програмування  
E-mail: [tat\\_yana@ukr.net](mailto:tat_yana@ukr.net)

### **Анотація:**

*Говорущенко Т.О. Інтелектуальний метод валідації проектів програмного забезпечення на основі метричної інформації. Розроблено інтелектуальний метод валідації процесу проектування ПЗ, який дає змогу провести валідацію процесу проектування ПЗ і здійснити обґрунтований вибір на користь того чи іншого проекту*

### **Постановка задачі**

Валідація - підтвердження на основі представлення об'єктивних свідоцтв того, що вимоги, призначені для конкретного використання або застосування, виконані, декларовані властивості та характеристики підтвержені, а поставлена мета (призначення ПЗ) досягнута [1].

Мета процесу валідації програмного забезпечення (ПЗ) - переконатись, що специфічні вимоги для програмного продукту виконані. При валідації використовуються методи, інструментальні засоби та процедури виконання задач процесу для встановлення відповідності тестових вимог та особливостей використання програмних продуктів проекту. В ході життєвого циклу ПЗ в рамках валідації виконуються наступні дії [2]: 1) перевірка і контроль проектних рішень за допомогою методик та процедур перегляду ходу розроблення; 2) перегляди та інспекції проміжних результатів на відповідність їх вимогам для підтвердження того, що ПЗ має коректну реалізацію вимог.

Отже, валідація перевіряє відповідність вимог, проектних рішень, коду програми та результатів функціонування програми потребам користувачів та замовників програмного забезпечення. Валідація дає відповідь на питання: "Чи робимо ми вірний продукт?" [3].

Валідація є невід'ємним елементом діяльності по забезпеченню якості ПЗ. Якість ПЗ визначається якістю методів та інструментальних засобів, які застосовувались для забезпечення всього їх життєвого циклу. На практиці важливо оцінювати якість програм не лише в завершеному вигляді, але й в процесі їх проектування і розробки. Оціночна або прогнозована якість програмного продукту - характеристики, оцінені або передбачені для ПЗ на кожній стадії життєвого циклу (ЖЦ), які базуються на якості процесів та технології його забезпечення [4].

Валідації варто піддавати процес проектування ПЗ з метою зниження вартості усунення дефектів у програмному забезпеченні. Валідація процесу - підтвердження того, що процес, виконуваний у межах встановлених параметрів, протікає ефективно із заданими параметрами, розробляючи засіб, який задовольняє всі задані вимоги до продукції та її якості. Отже, валідація процесу проектування ПЗ повинна підтвердити простоту та високу якість проекту ПЗ, а також надати прогноз щодо складності та якості розроблюваного за проектом програмного забезпечення.

Валідацію процесу проектування ПЗ здійснюватимемо на основі опрацювання метричної інформації, доступної на етапі проектування, яка надає можливість зробити висновки про складність та якість проекту і розроблюваного ПЗ.

Метрична інформація є дуже важливою для одержання об'єктивних оцінок щодо складності та якості проекту, а також для одержання прогнозних оцінок тривалості та вартості проекту, оскільки безпосередньо визначають його трудомісткість. Не всі метрики можуть бути точно обчислені на ранніх стадіях роботи над проектом, оскільки вимагають, як мінімум, детального проектування, але для цих метрик можна розрахувати прогнозовані значення. У [5, 6] виділено метрики з точними та прогнозованими значеннями, доступні на етапі проектування, а також описано алгоритми їх визначення та діапазони значень.

На жаль, на сьогодні технологія вимірювання якості на основі метричної інформації ще не досягла достатньої зрілості та поширення через ряд невирішених питань щодо опрацювання метричної інформації: 1) відсутність єдиних стандартів на метрики - створено більше тисячі метрик, кожен постачальник "вимірювальної" системи пропонує власні способи оцінки якості і відповідно метрики; 2) проблема складності інтерпретації величин метрик - значення метрик, одержані за допомогою "вимірювальних систем", неінформативні або малоінформативні для користувача, замовника, а часто і для програміста; 3) розрахунок метрик передбачений лише для готового ПЗ - всі "вимірювальні" системи орієнтовані на розрахунок метрик для програмного коду, але часто є необхідність у розрахунку метрик вже на етапі проектування; 4) низький рівень автоматизації аналізу та опрацювання метрик складності та якості програмного забезпечення - на сьогодні автоматизовано лише процеси збирання, реєстрації та обчислення метричної інформації; 5) відсутність можливості порівняння принципово нового проекту з попередніми, що призводить до неможливості інтерпретації одержаних метрик для нового проекту; 6) вибір вартості та тривалості проекту і репутації фірми-проектувальника в якості основних параметрів при виборі проекту ПЗ, але рішення, прийняті на основі цих параметрів, не завжди гарантують належну якість ПЗ.

Невирішеність цих питань та ігнорування етапів життєвого циклу ПЗ не дозволяють повноцінно використовувати метрики для валідації процесу проектування ПЗ. Для успішної валідації проекту ПЗ на основі метричної інформації слід вирішити задачу визначення взаємозв'язку між значеннями метрик та якістю і складністю проекту і розроблюваного ПЗ.

### **Інтелектуальний метод валідації проектів ПЗ на основі метричної інформації**

Для оцінювання і прогнозування складності та якості ПЗ на основі метричного аналізу з метою валідації процесу проектування ПЗ слід вирішити задачу визначення взаємозв'язку між значеннями метрик та якістю і складністю проекту і розроблюваного ПЗ. Одним із засобів, який дозволяє узагальнити інформацію та виявити залежності між вхідними і результуючими даними, є штучні нейронні мережі (ШНМ).

Отже, розглянемо інтелектуальний метод валідації процесу проектування програмного забезпечення (ІМВПП), в якому ШНМ здійснює апроксимацію метрик ПЗ етапу проектування та надає оцінку складності і якості проекту ПЗ і безпосередньо розробленого за цим проектом ПЗ.

ІМВПП складається з наступних етапів: 1) підготовка метрик етапу проектування з точними та прогнозованими значеннями для подання їх на вхід ШНМ; 2) перевірка, чи не виходять одержані значення метрик, за межі діапазонів значень входів ШНМ; 3) опрацювання значень метрик штучною нейронною мережею; 4) аналіз результатів функціонування ШНМ; 5) формування висновку про складність та якість проекту і розроблюваного за проектом ПЗ на основі результатів ШНМ.

ІМВПП дозволяє оцінити проект та спрогнозувати характеристики складності та якості розроблюваного ПЗ на основі точних або прогнозованих значень метрик складності та якості ПЗ етапу проектування.

Вхідними даними для ШНМ є: множина метрик складності етапу проектування з точними значеннями; множина метрик якості етапу проектування з точними значеннями;

множина метрик складності етапу проектування з прогнозованими значеннями; множина метрик якості етапу проектування з прогнозованими значеннями.

Для формування вхідних даних ШНМ знадобляться множина метрик етапу проектування з точними значеннями (множина  $TMP = \{tmp_i | i = 1..9\}$ ) та множина метрик етапу проектування з прогнозованими значеннями (множина  $PMP = \{pmp_j | j = 1..15\}$ ).

З одержаних множин  $TMP, PMP$  формуються вектори, які подаються на вхід ШНМ. Результатом роботи ШНМ є оцінка складності та якості проекту на основі точних метрик етапу проектування та прогноз про складність та якість майбутнього програмного забезпечення на основі прогнозованих метрик етапу проектування. (рис.1).

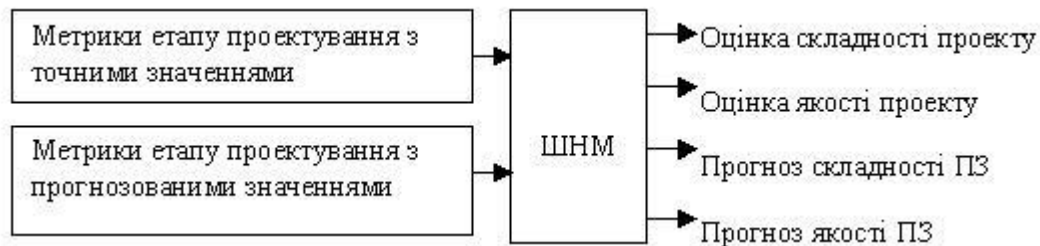


Рис.1. Нейромережна складова ІМВПП

ШНМ для опрацювання метрик етапу проектування ПЗ має 9 входів  $x'$  та 15 входів  $x$ , оскільки на входи  $x'$  подаються кількісні значення метрик етапу проектування з точним значенням, яких в попередньому аналізі виявлено 9, а на входи  $x$  подаються кількісні значення метрик етапу проектування з прогнозованим значенням, яких в попередньому аналізі виявлено 15.

Вхідні дані для ШНМ подаються у вигляді наступних множин:

1) множина метрик складності етапу проектування з точними значеннями  $CMEV = \{cmev_i | i = 1..4\}$ , де  $cmev_i$  - кількісне значення  $i$ -ї метрики складності з точним значенням, якщо ця метрика визначалась, інакше (-1);

2) множина метрик якості етапу проектування з точними значеннями  $QMEV = \{qmev_j | j = 1..5\}$ , де  $qmev_j$  - кількісне значення  $j$ -ї метрики якості з точним значенням, якщо ця метрика визначалась, інакше (-1);

3) множина метрик складності етапу проектування з прогнозованими значеннями  $CMPV = \{cmpv_k | k = 1..6\}$ , де  $cmpv_k$  - кількісне значення  $k$ -ї метрики складності з прогнозованим значенням, якщо ця метрика визначалась, інакше (-1);

4) множина метрик якості етапу проектування з прогнозованими значеннями  $QMPV = \{qmpv_n | n = 1..9\}$ , де  $qmpv_n$  - кількісне значення  $n$ -ї метрики якості з прогнозованим значенням, якщо ця метрика визначалась, інакше (-1).

Результатами опрацювання цих множин є:

1) оцінка складності проекту  $PCE$  в діапазоні  $[0, 1]$ , де 0 - метрики складності з точними значеннями не визначались, близько 0 - проект складний для реалізації та передбачає високу вартість реалізації, а 1 - проект простий для реалізації;

2) оцінка якості проекту  $PQE$  в діапазоні  $[0, 1]$ , де 0 - метрики якості з точними значеннями не визначались, близько 0 - проект неякісний, а 1 - проект задовольняє вимоги замовника щодо якості;

3) прогноз складності розроблюваного за даним проектом програмного забезпечення  $SCP$  в діапазоні  $[0, 1]$ , де 0 - метрики складності з прогнозованими значеннями не визначались, близько 0 - майбутнє ПЗ буде мати суттєву складність, а 1 - майбутнє ПЗ очікується простим;

4) прогноз якості розроблюваного за даним проектом програмного забезпечення *SQP* в діапазоні  $[0, 1]$ , де 0 - метрики якості з прогнозованими значеннями не визначались, близько 0 - майбутнє ПЗ буде неякісним, а 1 - майбутнє ПЗ очікується високої якості.

Основою для одержання оцінки складності проекту є елементи множини *CMEV*. Основою для одержання оцінки якості проекту є елементи множин *CMEV* і *QMEV*. Основою для одержання прогнозу складності розроблюваного ПЗ є елементи множини *SMPV*, але враховуються й елементи множин *CMEV* і *QMEV*. Основою для одержання прогнозу якості розроблюваного ПЗ є елементи множин *SMPV* і *QMPV*, але враховуються й елементи множин *CMEV* і *QMEV*.

На основі аналізу 4-х одержаних результатів робиться висновок про якість і складність проекту та очікувану якість і складність розроблюваного за проектом програмного забезпечення.

### Реалізація та дослідження нейромережної складової ІМВПІІ

Для вибору архітектури для аналізу метрик етапу проектування ПЗ та прогнозу характеристик якості ПЗ було проведено аналіз відомих архітектур штучних нейронних мереж [7]. У якості ШНМ аналізу метрик та прогнозування характеристик якості ПЗ використано багат шаровий (тришаровий) перцептрон.

Структурна схема шарів ШНМ в пакеті Simulink відображена на рис.2.

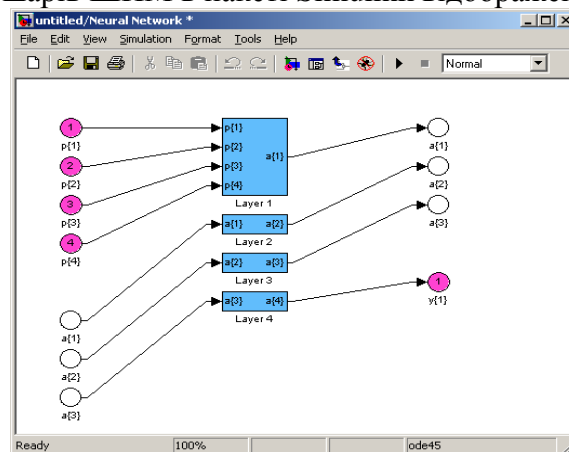


Рис.2. Структурна схема шарів ШНМ

Для навчання одержаної ШНМ послідовність навчальних векторів (навчальна вибірка) задано у вигляді:

$c = \{ [32500; 0; 0; 0] [30875; 0; 0; 0] [\dots] \}$ ; - навчальні вектори для входу Input1;

$[0; 0; 0.15; 0; 0] [0; 0; 0.2; 0; 0] [\dots] \}$ ; - навчальні вектори для входу Input2;

$[3450; 0; 0; 0; 0; 0] [5900; 0; 0; 0; 0; 0] [\dots] \}$ ; - навчальні вектори для входу Input3;

$[0; 0; 0; 0; 1.7; 0; 0; 0; 0] [0; 0; 0; 0; 1.8; 0; 0; 0; 0] [\dots] \}$ ; - навчальні вектори для входу Input4.

Цільовий вектор визначено як:

$m = \{ [0.05; 0.02; 0.01; 0.01] [0.1; 0.04; 0.02; 0.02] [\dots] \}$ .

Якість рішень, наданих ШНМ, суттєво залежить від якості інформації, що використовується для її навчання. Тому актуальною задачею при реалізації НМОП є підготовка навчальної та тестової вибірок з даними про значення метрик етапу проектування.

Навчальна вибірка складається з 1935 векторів, тестова вибірка - з 324 векторів. В результаті навчання за алгоритмом градієнтного спуску з вибором параметра швидкості налагодження (traingda) отримуємо ШНМ, похибка навчання якої складає приблизно 0,102197.

### Аналіз отриманих результатів

У якості прикладу використання запропонованого методу розглянемо валідацію проекту на основі аналізу результатів ШНМ, вартості та часу розроблення для 2-х проектів, розроблених софтверною компанією "СТУ-Електронікс" м.Хмельницького (таблиця 1).

Таблиця 1. Характеристики проектів

№ проекту	Характеристики $Y_1, Y_2$	Характеристики $Y_3, Y_4$	Вартість	Час розроблення
1	$Y_1=0,51$ $Y_2=0,56$	$Y_3=0,60$ $Y_4=0,57$	87000 грн	200 робочих днів
2	$Y_1=0,32$ $Y_2=0,35$	$Y_3=0,38$ $Y_4=0,37$	89000 грн	210 робочих днів

Характеристики проектів з таблиці 1 свідчать, що обидва проекти мають приблизно однакові вартість та час розроблення, але суттєво різні оцінки складності та якості проекту і прогнози щодо складності та якості розроблюваного за проектом ПЗ, тому на основі лише вартості та часу розроблення софтверна організація може прийняти хибний висновок щодо вибору проекту. Саме оцінки, надані ШНМ, допоможуть зробити вірний вибір і реалізувати 1-й проект, який має кращі показники складності та якості, тобто саме проект №1 успішно пройшов валідацію.

### Висновки

Валідація процесу проектування ПЗ повинна підтвердити простоту та високу якість проекту ПЗ, а також надати прогноз щодо складності та якості розроблюваного за проектом програмного забезпечення.

Розроблений інтелектуальний метод валідації процесу проектування ПЗ дозволяє одержати висновок про якість і складність проекту та очікувану якість і складність розроблюваного за проектом програмного забезпечення.

Отже, саме оцінки ІМВПП дають змогу провести валідацію процесу проектування та проекту ПЗ і здійснити обґрунтований вибір на користь того чи іншого проекту.

### Література

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь / Интернет-ресурс. - Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/67/6744.shtml>
2. Петрухин В.А., Лаврищева Е.М. Методы и средства инженерии программного обеспечения / Интернет-ресурс. - Режим доступа: <http://www.intuit.ru/department/se/swebok/10/1.html>
3. А.Карпов. Верификация и валидация / Интернет-ресурс. - Режим доступа: <http://software.intel.com/ru-ru/blogs/2010/02/05/2003055>
4. Липаев В.В. Программная инженерия. Методологические основы. - М.: ТЕИС, 2006. - 608 с
5. Поморова О.В., Говорущенко Т.О., Онищук О.С. Оцінювання результатів проектування та прогнозування характеристик якості програмного забезпечення // Вісник Хмельницького національного університету - Хмельницький: ХНУ, 2011 - №2, с.168-178
6. Поморова О.В., Говорущенко Т.О. Інтелектуальний метод оцінювання результатів проектування та прогнозування характеристик якості програмного забезпечення // Радіоелектронні і комп'ютерні системи – Харків: НАУ "ХАІ", 2010 – № 6, с.211-218
7. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Нейронные сети Matlab 6 / Под общей редакцией к.т.н. В.Г.Потемкина – М.: Диалог-Мифи, 2002. – 496 с.