

УДК 004.891.3: 004.3

Т.О.Говорушенко, А.В.Красій

Хмельницький національний університет, Україна

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ СПЕЦИФІКАЦІЙ

У даній роботі авторами запропоновано концепцію інтелектуального прогнозування характеристик ПЗ на основі аналізу специфікацій, архітектуру штучної нейронної мережі (ШНМ) для прогнозування характеристик ПЗ, а також вирішено деякі проблеми, які виникають при реалізації такої ШНМ.

In this paper the authors proposed the concept of intelligent prediction of software characteristics based on analysis of software specifications, the architecture of artificial neural network (ANN) for prediction of the software characteristics and decided some problems that arise during ANN implementation.

Вступ. Специфікація вимог до програмного забезпечення (Software Requirements Specification - SRS) – це основа для побудови програмного забезпечення (ПЗ). Вона включає множину функціональних і нефункціональних вимог [1].

Процес розроблення ПЗ тісно пов'язаний з процесом аналізу та оцінювання значущих характеристик ПЗ. До характеристик ПЗ належать: вартість ПЗ, тривалість життєвого циклу ПЗ, модель життєвого циклу ПЗ, ефективність ПЗ, складність ПЗ, зручність використання ПЗ, кросплатформеність ПЗ, надійність та якість ПЗ.

Наразі все помітніше стає криза у галузі розроблення ПЗ. За наближеними оцінками Standish Group International [2], витрати на розроблення ПЗ складають близько 275 млрд. доларів на рік, але лише 72% програмних проєктів досягають етапу впровадження і всього 26% програмних проєктів завершуються успіхом (рис.1). При наявності ряду методів та засобів, залученні кращих фахівців для розроблення технологій проєктування і розроблення ПЗ, процес розроблення ПЗ, як і раніше, залежить від знань та досвіду розробників [3].

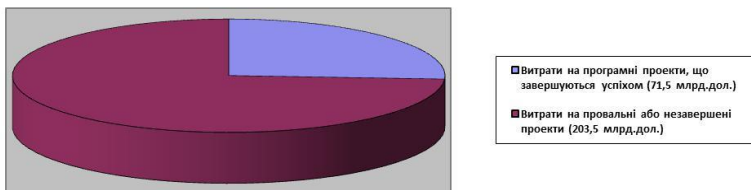


Рис.1. Розподіл витрат на програмні проєкти

Критичний вплив на програмні проекти та на успішність їх завершення здійснюють питання, пов'язані із аналізом специфікації. Отже, аналіз специфікації з метою одержання прогнозованих оцінок основних характеристик ПЗ є актуальним на етапі проектування.

З аналізу основних характеристик ПЗ [4] можна зробити висновок, що для більшості з них відсутні чіткі математичні формули, за якими можна було б обчислити кількісне значення тієї чи іншої характеристики на етапі проектування, а наявні формули або метрики не дозволяють обчислювати кількісних значень на етапі проектування, оскільки оперують даними, відсутніми на етапі проектування. Отже, можливість підрахунку прогнозованих кількісних значень характеристик ПЗ на етапі проектування наразі відсутня. Враховуючи вищевикладене, *актуальною задачею* наразі є визначення кількісних значень характеристик ПЗ на етапі проектування.

Показники специфікації вимог до ПЗ. Існує велика кількість специфікацій. Найповнішою з точки зору визначення основних характеристик ПЗ є специфікація вимог до ПЗ (SRS). Вона описує, як поводить ся ПЗ в певній ситуації, які функції повинне виконувати. Специфікація вимог до ПЗ має чітку, стандартизовану структуру [2].

При аналізі специфікації можна одержати кількісні та якісні показники інформації, корисні для визначення основних характеристик ПЗ на етапі проектування [4]. Всю якісну інформацію потрібно перетворити у кількісну за допомогою залучення експертів.

Для подальшої роботи введемо декілька визначень. *Кількісними показниками (КП)* специфікації вимог до ПЗ називатимемо корисні для визначення характеристик ПЗ показники специфікації, які мають точне кількісне значення (наприклад, "кількість виконавців - 7" і т.і.). *Якісними показниками* специфікації вимог до ПЗ називатимемо корисні для визначення характеристик ПЗ показники специфікації, які виражені лінгвістично (наприклад, "користувачі мають навички роботи із аналогічними продуктами" і т.і.). *Експертними кількісними показниками (ЕКП)* специфікації вимог до ПЗ називатимемо корисні для визначення характеристик ПЗ показники, які у специфікації виражені лінгвістично, але після опрацювання групою експертів набули кількісного виразу (наприклад, вищенаведений якісний показник, перетворений після опрацювання групою експертів у ЕКП "середня оцінка навичок роботи користувачів із аналогічними продуктами складає 3,8 (за 5-бальною шкалою)" і т.і.).

Аналіз основних характеристик ПЗ та показників специфікації вимог до ПЗ дав можливість встановити зв'язок кожної основної характеристики ПЗ із КП та ЕКП специфікації (рис.2).

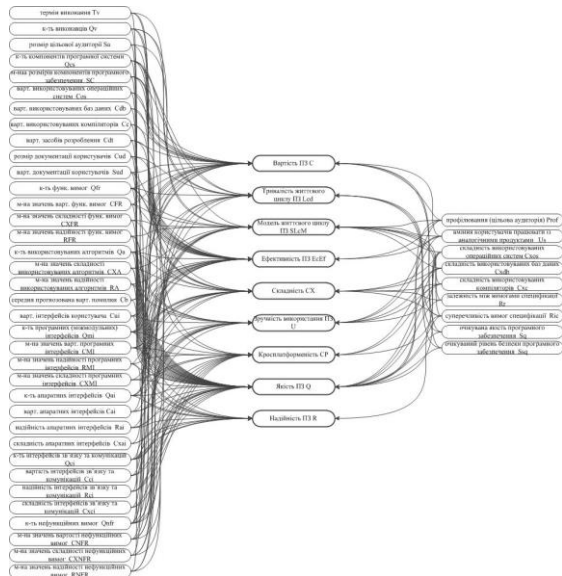


Рис.2. Зв'язок характеристик ПЗ із кількісними та експертними кількісними показниками специфікації вимог

Отже, специфікація вимог до ПЗ містить значну кількість інформації, корисної для визначення основних характеристик ПЗ.

Концепція інтелектуального прогнозування характеристик ПЗ на основі аналізу специфікацій. Враховуючи рис. 2, для розв'язку задачі прогнозування характеристик програмного забезпечення на основі КП та ЕКП специфікації потрібно розв'язати систему рівнянь, кожне з яких представляє собою функцію багатьох змінних, причому всі функції невідомі, але повинні враховувати важливість (ваги) кожного показника специфікації, а також взаємний вплив показників специфікації в межах кожної характеристики ПЗ [5]. Теорема Хехт-Нільсена [6] доводить можливість представлення функції багатьох змінних за допомогою нейронної мережі, тобто доводить можливість розв'язку задачі представлення такої функції на нейронній мережі.

Важкоформалізованою задачею прогнозування характеристик ПЗ є визначення ваг та взаємовпливу КП та ЕКП специфікації в межах кожної характеристики ПЗ. Одним із засобів, який дозволяє узагальнити інформацію, виявити залежності між вхідними і результуючими даними, а також врахувати ваги кожного показника специфікації та взаємний вплив показників специфікації в межах кожної характеристики ПЗ, є штучні нейронні мережі (ШНМ).

Концепцію прогнозування основних характеристик ПЗ на основі аналізу КП та ЕКП специфікації вимог до ПЗ із використанням ШНМ представлено на рис.3.

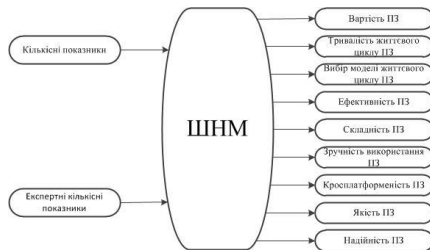


Рис.3. Концепція прогнозування характеристик ПЗ на основі аналізу специфікацій із використанням ШНМ

Аналіз відомих архітектур ШНМ показав, що для вирішення задачі аналізу показників специфікацій та прогнозування характеристик ПЗ найбільше підходить багатoshаровий персептрон.

Проблеми реалізації ШНМ для прогнозування характеристик ПЗ на основі аналізу специфікацій. Враховуючи рис. 2 і 3, побудуємо наступну архітектуру ШНМ для прогнозування характеристик ПЗ на основі аналізу специфікацій – рис.4.

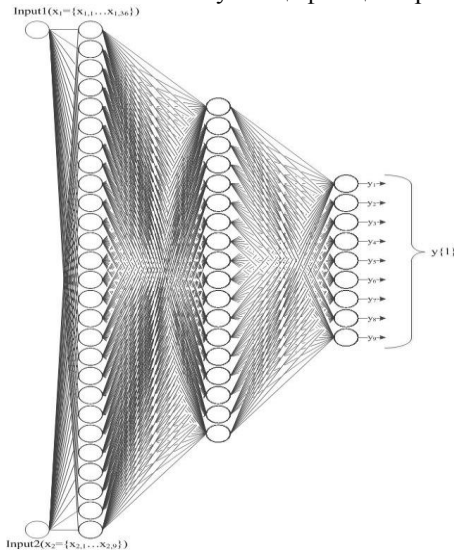


Рис.4. Архітектура ШНМ прогнозування характеристик ПЗ на основі аналізу специфікацій

На множину входів Input1 подаються кількісні показники специфікації, на множину входів Input2 – експертні кількісні показники специфікації. Вихідний вектор $y\{1\}$ представляє собою набір кількісних оцінок основних характеристик ПЗ (згідно рис.3).

Проблемою при реалізації ШНМ такої архітектури є той факт, що, як видно з рис.2, існує декілька показників, які представляють собою множини (множина розмірів компонентів ПЗ; множини значень вартості, складності та надійності функційних вимог; множини значень складності та надійності використовуваних алгоритмів; множини значень вартості, надійності та складності програмних інтерфейсів; множини значень вартості, складності та надійності нефункційних вимог), причому кількість елементів цих множин варіюватиметься для різних специфікацій. Для подачі на відповідний вхід ШНМ слід привести певну множину до одного значення.

Щодо опрацювання *множини розмірів компонентів ПЗ* з метою одержання єдиного кількісного показника для подачі на вхід ШНМ, то необхідно виконати додавання всіх елементів множини і отримати, таким чином, загальний розмір всіх компонентів ПЗ:

$$SC = \sum_{i=1}^{Qcs} sc_i, \quad (1)$$

де Qcs - кількість компонентів ПЗ, sc_i - розмір i -го компоненту.

Опрацюємо далі відповідні *множини функційних та нефункційних вимог специфікації*. Для цього функційні та нефункційні вимоги розділимо на обов'язкові вимоги, бажані вимоги та рекомендовані вимоги. Реалізація обов'язкових вимог в неповному обсязі або їх неконтрольована зміна в процесі розроблення ПЗ може призвести до суттєвих збоїв у роботі ПЗ або взагалі до виходу ПЗ з робочого стану. Реалізація бажаних вимог в неповному обсязі або їх неконтрольована зміна у процесі розробки ПЗ може призвести до неправильної роботи розробленої системи та знизити її гарантоздатність, але не призведе до суттєвих збоїв або виходу ПЗ з ладу. Реалізація рекомендованих вимог в неповному обсязі або їх неконтрольована зміна у процесі розробки ПЗ може призвести до зниження ефективності роботи розробленого ПЗ, але не вплине на правильність його роботи.

Зрозуміло, що більшість вимог представляються у вигляді текстових тверджень, тому для їх класифікації скористаємося аналізом дієслів та прислівників. Тоді до обов'язкових вимог віднесемо вимоги, які містять наступні дієслова та прислівники: обов'язково, заборонено, необхідно, в жодному разі. До бажаних вимог віднесемо вимоги, які

містять наступні дієслова та прислівники: бажано/ не бажано, дозволяється/ не дозволяється, потрібно/ не потрібно, може/ не може, має/ не має, повинно/ не повинно. До рекомендованих вимог віднесемо вимоги, які містять наступні дієслова та прислівники: рекомендується/ не рекомендується, рекомендовано/ не рекомендовано, необов'язково, не заборонено.

Для одержання єдиного кількісного показника по кожній множині слід знайти середнє значення по кожній множині, але для цього слід встановити вагові коефіцієнти кожної вимоги. Для цього було залучено експертів, які встановили наступні вагові коефіцієнти:

- 1) обов'язкові вимоги – ваговий коефіцієнт 1;
- 2) бажані вимоги – ваговий коефіцієнт 0,75;
- 3) рекомендовані вимоги – ваговий коефіцієнт 0,5.

Після встановлення таких вагових коефіцієнтів відповідні кількісні показники по кожній вищезазначеній множині будуть обчислюватись за наступними формулами:

$$CXFR = \frac{1 \cdot Scxmfr + 0,75 \cdot Scxdfr + 0,5 \cdot Scxfr}{Qfr}, \quad (2)$$

де $Scxmfr$ - сумарна складність обов'язкових функційних вимог, $Scxdfr$ - сумарна складність бажаних функційних вимог, $Scxfr$ - сумарна складність рекомендованих функційних вимог, Qfr - кількість функційних вимог;

$$RFR = \frac{1 \cdot Srmfr + 0,75 \cdot Srdfr + 0,5 \cdot Srrfr}{Qfr}, \quad (3)$$

де $Srmfr$ - сумарна надійність обов'язкових функційних вимог, $Srdfr$ - сумарна надійність бажаних функційних вимог, $Srrfr$ - сумарна надійність рекомендованих функційних вимог;

$$CXNFR = \frac{1 \cdot Scxmnfr + 0,75 \cdot Scxdnfr + 0,5 \cdot Scxnrfr}{Qnfr}, \quad (4)$$

де $Scxmnfr$ - сумарна складність обов'язкових нефункційних вимог, $Scxdnfr$ - сумарна складність бажаних нефункційних вимог, $Scxnrfr$ - сумарна складність рекомендованих нефункційних вимог, $Qnfr$ - кількість нефункційних вимог;

$$RNFR = \frac{1 \cdot Srmnfr + 0,75 \cdot Srdnfr + 0,5 \cdot Srrnfr}{Qnfr}, \quad (5)$$

де $Srnmfr$ - сумарна надійність обов'язкових нефункційних вимог, $Srdnfr$ - сумарна надійність бажаних нефункційних вимог, $Srrnfr$ - сумарна надійність рекомендованих нефункційних вимог.

Щодо кількісних показників за множинами вартості функційних та нефункційних вимог, а також програмних інтерфейсів, то вони обчислюватимуться за наступними формулами:

$$CFR = \sum_{i=1}^{Qfr} cfr_i, \quad (6)$$

де Qfr - кількість функційних вимог, cfr_i - вартість i -ї функційної вимоги;

$$CNFR = \sum_{i=1}^{Qnfr} cnfr_i, \quad (7)$$

де $Qnfr$ - кількість нефункційних вимог, $cnfr_i$ - вартість i -ї нефункційної вимоги;

$$CMI = \sum_{i=1}^{Qmi} cmi_i, \quad (8)$$

де Qmi - кількість програмних (міжмодульних) інтерфейсів, cmi_i - вартість i -го програмного інтерфейсу.

Проблемою наразі залишається представлення у вигляді кількісного показника множин значень складності та надійності використовуваних алгоритмів, а також множин значень надійності та складності програмних інтерфейсів.

Висновки. Авторами доведено, що аналіз специфікації, особливо її частини, пов'язаної з вимогами, надає різнопланову кількісну та якісну інформацію для подальшого розрахунку основних характеристик ПЗ.

Запропонована автором концепція інтелектуального прогнозування характеристик ПЗ на основі аналізу специфікацій дає можливість автору розробити інтелектуальний метод прогнозування характеристик ПЗ, в основі якого лежить штучна нейронна мережа (ШНМ) і який відрізняється від існуючих тим, що враховує важливість (ваги) кожного показника специфікації, а також взаємний вплив показників специфікації в межах кожної характеристики ПЗ. Вихідні функціонали ШНМ, що відповідатимуть прогнозованим кількісним значенням характеристик ПЗ, даватимуть можливість оцінити сумарний вплив КП та ЕКП специфікації на характеристики

розроблюваного за специфікацією ПЗ і зробити висновки щодо обґрунтованого вибору програмного проекту.

Запропонований підхід дасть змогу прийняти мотивоване та обґрунтоване рішення щодо вибору проекту на основі характеристик ПЗ після аналізу специфікацій вже на початку етапу проектування.

Перспективними завданнями для подальших досліджень є: 1) побудова нейромережного методу прогнозування характеристик ПЗ на основі аналізу специфікацій; 2) реалізація та навчання запропонованої ШНМ; 3) розроблення інтелектуальної системи прогнозування характеристик програмного забезпечення на основі аналізу специфікацій; 4) обчислення на основі одержаних прогнозованих значень характеристик ПЗ інтегративного показника проекту для подальшого порівняння та вибору проектів.

Проблемою при реалізації ШНМ наразі залишається представлення у вигляді кількісного показника множин значень складності та надійності використовуваних алгоритмів, а також множин значень надійності та складності програмних інтерфейсів, отже, *перспективним завданням* є визначення критеріїв перетворення зазначених множин у відповідні кількісні показники для подачі на вхід ШНМ. Очевидним є також ще одне *перспективне завдання* - визначення критеріїв кількісного оцінювання експертами якісної інформації специфікації.

На вирішення цих завдань і будуть спрямовані подальші зусилля авторів.

Література

1. IEEE 830-1998. Recommended Practice for Software Requirements Specifications - New York: IEEE, 1998
2. Т.О.Говорушенко. Забезпечення якості програмних продуктів // Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво" - Луцьк: Луцький національний технічний університет, 2014
3. O.Pomorova, T.Hovorushchenko. Intelligent Assessment and Prediction of Software Characteristics at the Design Stage // American Journal of Software Engineering and Applications (AJSEA), 2013; 2(2) - pp. 25-31 // <http://article.sciencepublishinggroup.com/pdf/10.11648.j.ajsea.20130202.11.pdf>
4. Говорушенко Т.О., Красій А.В. Визначення характеристик та вибір моделі життєвого циклу програмного забезпечення на основі аналізу специфікацій // Вісник Хмельницького національного університету – Хмельницький: ХНУ, 2013. - №6, с.201-208
5. Говорушенко Т.О., Красій А.В. Математичне моделювання специфікації вимог та характеристик програмного забезпечення // Радіоелектронні і комп'ютерні системи – Харків: НАУ “ХАІ”, 2014
6. Медведєв В.С., Потемкин В.Г. Нейронные сети Matlab 6 / Под общей редакцией к.т.н. В.Г.Потемкина – М.: Диалог-Мифи, 2002. – 496 с.