

DOI: 10.18372/2310-5461.40.13268

УДК 519.179.2 : 004.415.5 : 351.814.33(045)

О. О. Тімочко, аспірантЛьотна академія Національного авіаційного університету,
orcid.org/0000-0003-4248-0426
e-mail: alexander.timochko@gmail.com;**О. М. Тихомиров**, старш. викладач,Державний університет інфраструктури та технологій
orcid.org/0000-0001-5126-8469
e-mail: tihomirov62@gmail.com;**О. В. Гойжевський**, старш. викладачДержавний університет інфраструктури та технологій
orcid.org/0000-0003-5862-248
e-mail: bog260341@gmail.com;**О. В. Губаревич**, канд. техн. наук, доц.Державний університет інфраструктури та технологій
orcid.org/0000-0001-1269-8562
e-mail: gubar862@gmail.com

ОЦІНКА ЗАТРАТ ЧАСУ НА ВИЯВЛЕННЯ НЕКОРЕКТНИХ РІШЕНЬ ПРИ КЛАСИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РОЗФАРБОВАНИХ МЕРЕЖ ПЕТРІ

Вступ

Особливості вирішення завдань системами підтримки прийняття рішень, що працюють у режимі реального часу, висувають суворі вимоги до їх програмного забезпечення [1; 2]. Ці вимоги зумовлені:

- загальними підходами до побудови системи підтримки прийняття рішень (СППР);
- специфікою побудови і використання СППР;
- специфікою вирішуваних завдань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Контроль коректності знань у процесі формування і поповнення БЗ детально розглянуто у працях [1–3]. У праці [4] запропоновано оцінювати ефективність методу поповнення і контролю коректності ієрархічної бази знань системи підтримки прийняття рішень.

Але підходи до оцінки якості методу верифікації програмного продукту нечіткої логічної системи класифікації повітряних об'єктів, побудованої з використанням розфарбованих мереж Петрі, до кінця не сформовані.

Таким чином, *метою статті* є оцінка витрати часу на виявлення некоректних рішень при класифікації об'єктів із застосуванням розфарбованих мереж Петрі (РМП).

Основна частина

Витрати часу на виявлення одного неврахованого елементарного об'єкта залежно від кількості ознак k з використанням РМП для формального представлення тестових наборів показані на рис. 1, залежно від кількості класів n — на рис. 2 і залежно від об'єму бази знань (БЗ) ($n \times k$) — на рис. 3.

На рис. 4 наведені витрати часу на виявлення неврахованих об'єктів з $n = 15$ і $k = 25$ залежно від кількості отримуваних узагальнених об'єктів $K_{уз}$.

Отримані оцінки показують, що витрати часу на виконання розробленого алгоритму зростають поліноміально зі збільшенням розміру БЗ і не гірше, ніж в квадратичній залежності, принаймні для БЗ, що містять до 10 класів і до 256 ознак.

Завдяки високому ступеню узагальненості неврахованих об'єктів, їх кількість виявляється або мінімальною, або близькою до неї, що свідчить про досить хороше наближення отриманого результату.

При цьому невраховані об'єкти, що виявляються, є ортогональними один до одного. Ще однією перевагою цього алгоритму є його нечутливість до надмірності і суперечності в БЗ.

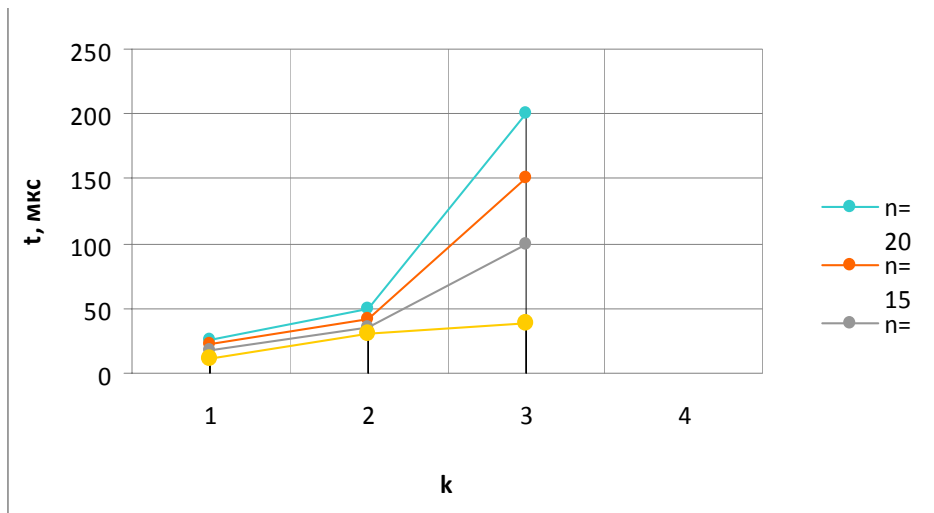


Рис. 1. Витрати часу на виявлення одного неврахованого елементарного об'єкта залежно від кількості ознак k для вдосконаленого методу, побудованого на розфарбованих мережах Петрі

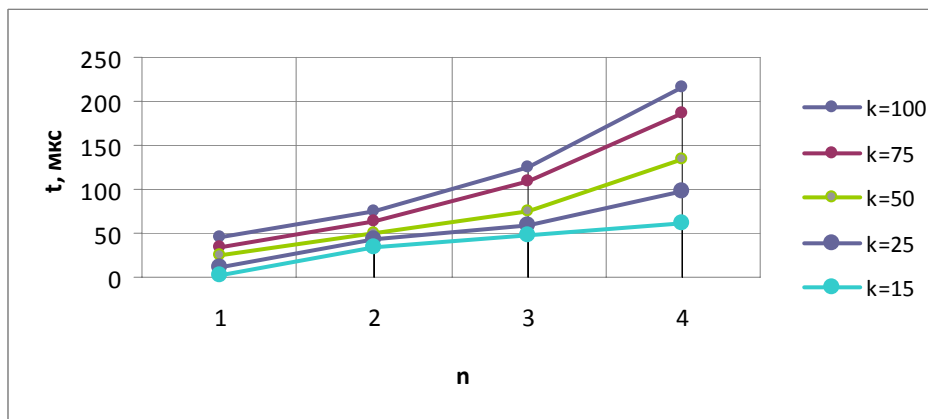


Рис. 2. Витрати часу на виявлення одного неврахованого елементарного об'єкта залежно від кількості класів n для вдосконаленого методу, побудованого на розфарбованих мережах Петрі

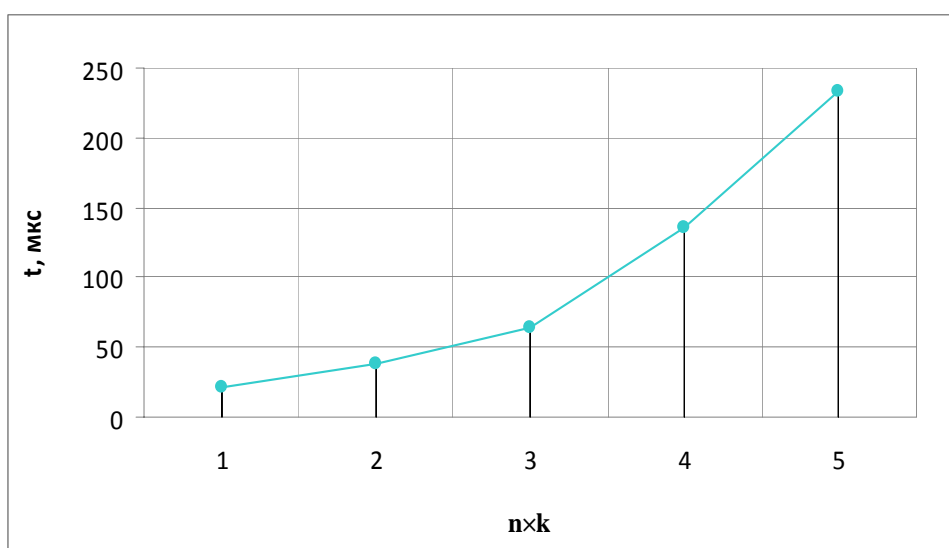


Рис. 3. Витрати часу на виявлення одного неврахованого елементарного об'єкта залежно від об'єму ($n \times k$) БЗ для вдосконаленого методу, побудованого на розфарбованих мережах Петрі

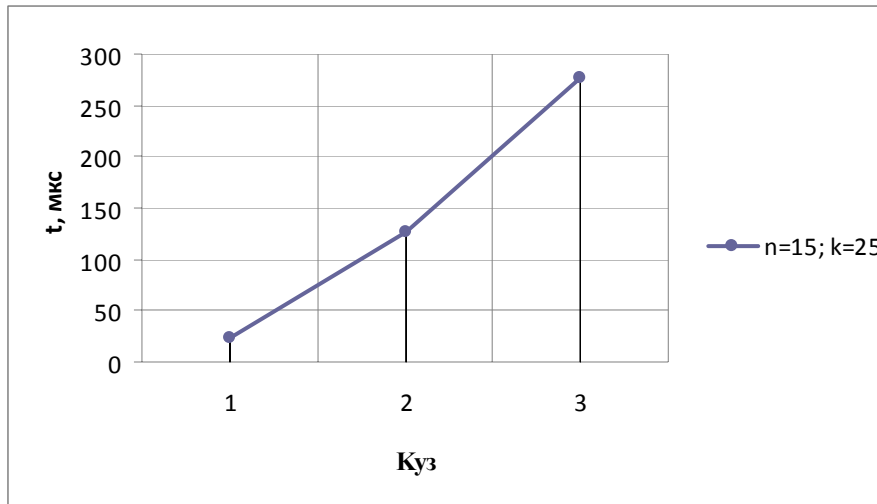


Рис. 4. Витрати часу на виявлення неврахованих об'єктів в БЗ з $n = 15$ і $k = 25$ залежно від кількості отримуваних узагальнених об'єктів $K_{уз}$ для вдосконаленого методу, побудованого на розфарбованих мережах Петрі

Оцінка адекватності спроектованих тестових наборів з використанням розфарбованих мереж Петрі

Оцінимо адекватність спроектованих тестових наборів на основі вимог до програмного забезпечення (ПЗ) інформаційної підсистеми з використанням розфарбованих мереж Петрі. Для цього визначимо склад показників, що характеризують якість тестових наборів, і виявимо вплив на них методу проектування тестових наборів. Для проекту ПЗ клієнтського додатка ClassDirect розподіленої електронної системи за такі показники можуть розглядатися показники тестового покриття (основний — повнота тестового покриття вимог, додатковий — повнота тестового покриття на базі аналізу потоків управління) і достовірності тестових наборів.

Оцінка достовірності спроектованих тестових наборів з використанням розфарбованих мереж Петрі

Значення показника достовірності може бути оцінене, відповідно до праць [5; 6], так

$$D = 1 - \sum_{j=1}^4 \beta_j \sum_{i \in q_j} \alpha_i, \quad (1)$$

де β_j — відносне середнє значення похибки, що вноситься в проектні рішення внаслідок неточного (узагальненого) врахування чинників; α_i — вага важливості врахування розробленим методом в тестових наборах i -го чинника у відносних одиницях; q_j — множина чинників, що враховуються в тестових наборах j -м способом узагальнення;

Для оцінки значення показника достовірності проведений аналіз множини чинників, використовуваних при проектуванні тестових наборів, і визначена вага кожного чинника для різних способів узагальнення (табл. 1). У табл. 2 наведені, згідно з працями [5; 6], можливі значення β_j залежно від відносної похибки ϵ початкової інформації.

Для порівняння розглядали:

— відомий підхід, який використовують при проектуванні тестових наборів традиційні таблиці рішень (ТТР);

— метод проектування тестових наборів на основі вимог до ПЗ з використанням розфарбованих мереж Петрі.

Значення ваг чинників, що враховують, при різних способах узагальнення і можливі значення β_j при різній відносній похибці початкової інформації, наведені, відповідно в табл. 1 і 2.

Слід зазначити, що значення показника достовірності $D = f(\beta(\epsilon), \alpha)$ для різних підходів розраховані для фіксованих значень відносної погрешності ($\epsilon = 10\%$, 20% , 40% , 80%).

Для порівняння розробленого підходу з існуючими підходами без урахування значень ϵ можна скористатися приведеними в праці [5; 6] узагальненими значеннями величини β_j .

Оцінка показника достовірності тестових наборів при використанні розробленого методу і традиційного підходу дає такі значення для мінімальної відносної похибки початкових даних: ТТР — 0,431; метод на основі розфарбованих мереж Петрі — 0,865 (рис. 5).

Таблиця 1

Шкала значущих чинників, що враховуються при проектуванні тестових наборів

Номер з/п	Найменування чинника, що враховується	Вага чинника у відносних одиницях	Спосіб узагальнення	
			ТТР	РМП
1	Покриття тестовими наборами функціональних вимог до ПО	0,0795	Н	П
2	Впорядкованість множини ознак	0,0786	Н	К
3	Впорядкованість множини дій	0,0784	Н	К
4	Забезпечення зв'язності	0,0754	Н	К
5	Формальне представлення ациклічних сценаріїв	0,0714	Н	П
6	Формальне представлення циклічних сценаріїв	0,0694	П	П
7	Використання рекурсивного виклику	0,0663	П	Ф
8	Перевірка надмірності	0,0612	Н	К
9	Перевірка суперечності	0,0598	Н	К
10	Перевірка повноти	0,0577	Н	К
11	Наявність взаємозв'язку «вимоги на основі моделі випадків використання в нотатції OOT → сценарії випадків використання на основі моделі взаємодії в нотатції OOT → тестовий набір»	0,0522	П	Ф
12	Можливість перетворення рішень у потік управління тестового набору	0,0478	П	Ф
13	Можливість автоматизації процесу проектування тестових наборів	0,0459	Ф	Ф
14	Наочність представлення тестових наборів	0,0431	П	Ф
15	Можливість використання розфарбованих мереж Петрі при розробці ПЗ	0,0409	П	П
16	Покриття тестовими наборами нефункціональних вимог до ПЗ	0,0382	К	К
17	Модифікуємість тестових наборів	0,0342	Ф	Ф

Примітка: К — непряме, Ф — функціональне, П — пряме, Н — безпосереднє узагальнення.

Таблиця 2

Значення величини β_j з урахуванням відносної похибки початкових даних ε

Відносна похибка початкових даних ε (%)	Значення β_j для j -го способу узагальнення			
	К	Ф	П	Н
0...10	0,8	0,5	0,2	0
11...20	0,9	0,7	0,4	0,1
21...40	1,0	0,8	0,5	0,2
41...100	1,0	0,9	0,8	0,5

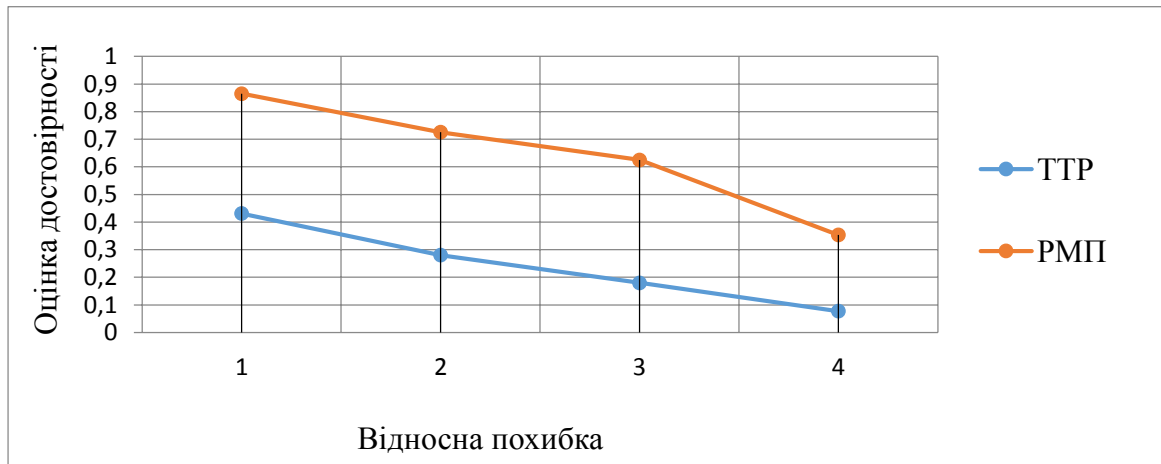


Рис. 5. Залежність показника достовірності тестових наборів при різних підходах до їх проектування від відносної похибки початкових даних

Розрахунки показують, що використання розробленого методу при проектуванні тестових наборів дозволить підвищити значення показника достовірності тестів, що розробляються.

Виграш від використання вдосконаленої інформаційної технології проектування тестових наборів на основі розфарбованих мереж Петрі при цьому складає порівняно з використанням ТТР в 2 рази або 50 %.

Оцінка показника тестового покриття спроектованими тестовими наборами з використанням розфарбованих мереж Петрі

Розрахунок повноти тестового покриття вимог проводиться відповідно до виразу [7]

$$T_{COV}^T = \left(\frac{L_{COV}^T}{L_{TOTAL}^T} \right) \cdot 100 \%, \quad (2)$$

де T_{COV}^T — повнота тестового покриття вимог; L_{COV}^T — кількість вимог, що перевіряються тестовими випадками; L_{TOTAL}^T — загальна кількість вимог, представлених випадками використання.

Для вимірювання повноти покриття вимог необхідно проаналізувати випадки використання, що описують вимоги до програмного продукту, і відповідно їх сценарії.

Опціонально кожен сценарій зв'язується з одним або декількома тестовими випадками, що перевіряють його.

Сукупність цих зв'язків і є матрицею трасування. Зокрема, простеживши зв'язки, можна зрозуміти які саме вимоги перевіряє тестовий випадок. Матриця відбиває зв'язки сценаріїв випадків використання, що визначають функціональні вимоги до ПЗ розподіленої електронної системи ClassDirect з розробленими тестовими випадками.

Оцінка повноти покриття функціональних вимог тестовими наборами на рівні системного тестування ПЗ розподіленої електронної системи ClassDirect при використанні розробленого методу і традиційного підходу дає такі значення для повноти тестового покриття згідно виразу (2) (за умови коректного використання розробленого методу): ТТР — до 60 %; РМП — до 98 % (рис. 6).



Рис. 6. Оцінка повноти тестового покриття вимог на основі вдосконаленої і традиційної інформаційної технології проектування тестових наборів

Тобто виграш від використання вдосконаленої інформаційної технології проектування тестових наборів за допомогою розфарбованих мереж Петрі при цьому складає порівняно з використанням ТТР більше ніж 1,5 разу.

Критерій повноти тестового покриття на базі аналізу ознак об'єктів будується за такою схемою: для тестованої системи S критерій F визначає множину елементів тестового покриття Q_S^F . Елементом тестового покриття можна на основі аналізу потоку повітряних об'єктів з їх ознаками вважати деякі класи, до яких можуть бути віднесені виявлені об'єкти в процесі роботи тестованої програмної системи. При появі в процесі виконання програми або аналізі елементів тестового покриття і різних їх комбінацій у рамках відповідних рівнів тестового покриття можна говорити про повноту або якість перевірки, яку виконує цей тестовий набір. Наприклад, елементами тестового покриття є ознаки, якими описуються виявлені повітряні об'єкти. Крім того, критерій F визначає логічну функцію

$$f : Q_S^F \times T \rightarrow \{0, 1\}, \quad (3)$$

де T — множина тестових випадків.

Функція (3) набуває значення $f(q, t) = 1$, якщо елемент тестового покриття q покривається тестовим випадком t . Тестовий набір σ для системи S задовольняє критерій повноти тестового покриття F , якщо кожен елемент тестового

покриття з множини Q_S^F покривається хоч би одним тестовим випадком з тестового набору σ .

Розрахунок повноти тестового покриття на базі аналізу потоків управління проводиться відповідно до виразу

$$T_{COV}^G = \left(\frac{L_{COV}^G}{L_{TOTAL}^G} \right) \cdot 100\%, \quad (4)$$

де T_{COV}^G — повнота тестового покриття на базі аналізу вхідної інформації; L_{COV}^G — кількість елементів, що перевіряються тестовими випадками; L_{TOTAL}^G — загальна кількість елементів, представлених випадками використання.

Дані рівні тестового покриття на базі аналізу вхідної інформації та їх покриття з використанням розробленого і традиційного підходів до проектування тестових наборів представлені в табл. 3 (П — повністю покриває (коефіцієнт покриття 1), Ч — частково покриває (коефіцієнт покриття 0,5), Н — не покриває (коефіцієнт покриття 0)).

Оцінка повноти тестового покриття на базі аналізу вхідної інформації на рівні системного тестування ПЗ розподіленої електронної системи ClassDirect при використанні розробленого методу і традиційного підходу дає такі значення згідно виразу (4) і табл. 3 (за умови коректного використання розробленого методу) : ТТР — до 45 %; РМП — до 80 % (рис. 7).

Таблиця 3

Рівні тестового покриття на базі аналізу вхідної інформації та їх покриття з використанням розробленого і традиційного підходів до проектування тестових наборів

Рівні	Атестовані елементи	Короткий опис	Покриття	
			ТТР	РМП
Рівень 1	Покриття операторів	Кожен оператор має бути виконаний (пройдений) як мінімум один раз	П	П
Рівень 2	Покриття альтернатив	Кожна альтернатива виконана як мінімум один раз	Ч	П
Рівень 3	Покриття умов	Кожна умова, TRUE, що має, і FALSE, на виході виконана як мінімум один раз	П	П
Рівень 4	Покриття умов альтернатив	Тестові випадки створюються для кожної умови і альтернативи	Ч	П
Рівень 5	Покриття множинних умов	Досягається покриття альтернатив, умов і умов альтернатив (рівні 2, 3 і 4)	Н	Ч
Рівень 6	Покриття нескінченної кількості шляхів	Якщо у разі зациклення кількість шляхів стає нескінченною, допускається істотне їх скорочення, обмежуючи кількість циклів виконання, для зменшення кількості тестових випадків	Н	Н
Рівень 7	Покриття шляхів	Усі шляхи мають бути перевірені	Н	П

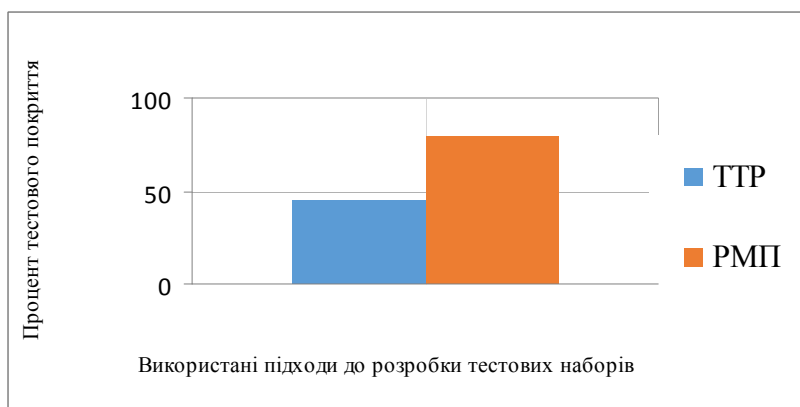


Рис. 7. Оцінка повноти тестового покриття на базі аналізу вхідної інформації на основі вдосконаленої і традиційної інформаційної технології проектування тестових наборів

Таким чином, вираш від використання вдосконаленої інформаційної технології проектування тестових наборів з РМП при цьому складає порівняно з використанням ТТР практично в два рази.

Таким чином, порівняльна оцінка вдосконаленої технології (з використанням РМП) з використанням нині (ТТР) при проектуванні тестових наборів на основі вимог до ПЗ інформаційної підсистеми розпізнавання класу повітряних об'єктів свідчить про перевагу використання запропонованої технології.

Висновки

1. Практична апробація вдосконаленої технології проектування тестових наборів на основі вимог до програмного забезпечення інформаційної підсистеми з використанням розфарбованих мереж Петрі виконана на базі проектних рішень в нотатії UML для програмного забезпечення клієнтського додатка розподіленої електронної системи. У межах практичної апробації розроблені відповідні тестові набори з використанням нового і традиційного підходів.

2. Аналіз оцінки витрат часу на виявлення невиявлених повітряних об'єктів з використанням розробленого вдосконаленого методу дозволяють зробити висновок, що витрати часу на виконання приведенного алгоритму ростуть поліноміально і не гірше, ніж в квадратичній залежності.

3. Аналіз ефективності застосування вдосконаленої технології проектування тестових наборів на основі вимог до програмного забезпечення інформаційної підсистеми з використанням розфарбованих мереж Петрі в частині оцінки показника достовірності тестових наборів показав, що порівняно з традиційними таблицями

рішень забезпечує підвищення достовірності тестових наборів в два рази.

4. Аналіз ефективності застосування вдосконаленої технології проектування тестових наборів на основі вимог до програмного забезпечення інформаційної підсистеми з використанням розфарбованих мереж Петрі в частині оцінки повноти тестового покриття вимог показав, що порівняно з використанням традиційних таблиць рішень забезпечує підвищення повноти тестового покриття вимог більш ніж в 1,5 рази і складає для функціональних вимог, тестованих на системному рівні, до 98 % тестового покриття.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Батыршин И. З.**, Недосекин А. О., Стецко А. А., Тарасов В. Б. и др. Нечеткие гибридные системы: Теория и практика. М. : Физматлит, 2007. 208 с.
2. **Пегат А.** Нечеткое моделирование и управление; пер. с англ. 2-е изд. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 798 с.
3. **Пытьев Ю. П.** Возможность: Элементы теории и применения. М.: Эдиториал УРСС, 2000. 192 с.
4. **Василенко Д. Є.**, Тімочко О. О. Оцінка ефективності поповнення бази знань систем підтримки прийняття рішень. *Новітні технології*. 2018. № 4(22). С. 24–31.
5. **Городнов В. П.** Вища математика (популярно, із прикладами): підручник для студ. екон. спец. вищ. навч. закл.; Нар. укр. акад. [Каф. математики і мат. моделювання]. Х.: Вид-во НУА, 2005. 384 с.
6. **Городнов В. П.** Моделирование боевых действий частей, соединений и объединений Войск ПВО. Харьков : ВИРТА ПВО, 1987. 379 с.
7. **Про Тестинг.** Тестирование программного обеспечения. URL: <http://www.protesting.ru/testing/testdesign.html> (дата звернення 25.10.2018)

Тімочко О. О., Тихомиров О. М., Гойжевський О. В., Губаревич О. В.
ОЦІНКА ЗАТРАТ ЧАСУ НА ВИЯВЛЕННЯ НЕКОРЕКТНИХ РІШЕНЬ ПРИ КЛАСИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РОЗФАРБОВАНИХ МЕРЕЖ ПЕТРІ

Відомий порядок оцінки ефективності методу поповнення і контролю коректності ієрархічної бази знань системи підтримки прийняття рішень. Але підходи до оцінки якості методу верифікації програмного продукту для класифікації повітряних об'єктів, побудованого з використанням розфарбованих мереж Петрі, до кінця не сформовані.

Мета статті — оцінити затрати часу на виявлення некоректних рішень при класифікації об'єктів із застосуванням розфарбованих мереж Петрі.

Наведені витрати часу на виявлення одного неврахованого елементарного об'єкта залежно від кількості ознак, від кількості класів, від кількості отримуваних узагальнених об'єктів.

Встановлено, що зі збільшенням розміру бази знань витрати часу на виконання алгоритму ростуть поліноміально і не гірше, ніж в квадратичній залежності.

Здійснено оцінку адекватності спроектованих тестових наборів з використанням розфарбованих мереж Петрі. Визначено склад показників, що характеризують якість тестових наборів. Такими показниками є показники тестового покриття і достовірності тестових наборів. Основним показником є повнота тестового покриття вимог, додатковим — повнота тестового покриття на базі аналізу потоків управління. Виявлено, як метод проектування тестових наборів впливає на показники.

Оцінена достовірність спроектованих тестових наборів з використанням розфарбованих мереж Петрі. Для оцінки значення показника достовірності враховані множина чинників, вага кожного чинника і відносні похибки початкової інформації. Значення показника достовірності розраховані для фіксованих значень відносної погрешності ($\varepsilon = 10\%, 20\%, 40\%, 80\%$). Ретельно складена множина чинників, використовуваних при проектуванні тестових наборів. Для порівняння розглядалися: відомий підхід до проектування тестових наборів на основі традиційні таблиці рішень; метод проектування тестових наборів на основі використання розфарбованих мереж Петрі.

Оцінка повноти покриття функціональних вимог тестовими наборами на рівні системного тестування програмного забезпечення для розфарбованої мережі Петрі становить до 98%, а для традиційних таблиць — до 60%.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень; тестовий набір; повноти тестового покриття; достовірність тестових наборів; шкала значущих чинників; адекватність; достовірність; витрати часу; розфарбовані мережі Петрі.

Timochko O. O., Tykhomyrov O. M., Hoyzhevskyy O. V., Hubarevych O. V.
ESTIMATION OF TIME SPENT ON IDENTIFICATION OF INCORRECT SOLUTIONS DURING CLASSIFICATION OF OBJECTS USING COLORED PETRI NETS

There is a known procedure for evaluating the effectiveness of the method of replenishing and monitoring the correctness of a hierarchical knowledge base of a decision support system. But the approaches to assessing the quality of the verification method of a software product for the classification of air objects constructed using colored Petri nets are not fully formed. The purpose of the article is to estimate the time spent on identifying incorrect decisions when classifying objects using colored Petri nets.

The time spent on identifying one unaccounted elementary object depending on the number of features, the number of classes, and the number of generalized objects obtained is given.

It has been established that with an increase in the size of the knowledge base, the time spent on the execution of the algorithm grows polynomially and no worse than in the quadratic dependence. The adequacy of the designed test suites was evaluated using colored Petri nets. The composition of indicators that characterize the quality of test suites was determined. These indicators are indicators of test coverage and reliability of test suites. The main indicator is the completeness of the test coverage requirements, additional — the completeness of the test coverage based on the analysis of control flows. It is revealed how the method of designing test cases affects the performance.

The reliability of the designed test kits was estimated using colored Petri nets. To assess the value of the indicator, many factors, the weight of each factor and the relative errors of the initial information are taken into account. Values of the confidence index are calculated for fixed values of the relative error ($\varepsilon = 10\%, 20\%, 40\%, 80\%$). Carefully put together a variety of factors used in the design of test kits. For comparison were considered: a well-known approach to the design of test suites based on traditional decision tables; method of designing test suites based on the use of colored Petri nets. The completeness of coverage of functional requirements with test suites at the level of system software testing was evaluated. For a colored Petri net, it makes up to 98%, and for traditional tables — up to 60%.

Keywords: decision support system; test suite; completeness of test coverage; reliability of test suites; scale of significant factors; adequacy; reliability; time consuming; colored Petri nets.

Тімочко О. О., Тихомиров А. Н., Гойжевський А. В., Губаревич О. В.
**ОЦЕНИВАНИЕ ЗАТРАТ ВРЕМЕНИ НА ВЫЯВЛЕНИЕ НЕКОРРЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ
КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСКРАШЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ**

Известен порядок оценки эффективности метода пополнения и контроля корректности иерархической базы знаний системы поддержки принятия решений. Но подходы к оценке качества метода верификации программного продукта для классификации воздушных объектов, построенного с использованием раскрашенных сетей Петри, до конца не сформированы.

Цель статьи — оценить затраты времени на выявление некорректных решений при классификации объектов с применением раскрашенных сетей Петри.

Приведены затраты времени на выявление одного неучтенного элементарного объекта в зависимости от количества признаков, от количества классов, от количества получаемых обобщенных объектов.

Установлено, что с увеличением размера базы знаний затраты времени на выполнение алгоритма растут полиномиально и не хуже, чем в квадратичной зависимости.

Оценена адекватность спроектированных тестовых наборов с использованием раскрашенных сетей Петри. Определен состав показателей, которые характеризуют качество тестовых наборов. Такими показателями являются показатели тестового покрытия и достоверности тестовых наборов. Основным показателем является полнота тестового покрытия требований, дополнительным — полнота тестового покрытия на базе анализа потоков управления. Выявлено, как метод проектирования тестовых наборов влияет на показатели.

Оценена достоверность спроектированных тестовых наборов с использованием раскрашенных сетей Петри. Для оценки значения показателя достоверности учтены множество факторов, вес каждого фактора и относительные погрешности начальной информации. Значения показателя достоверности рассчитаны для фиксированных значений относительной погрешности ($\epsilon = 10\%$, 20% , 40% , 80%). Тщательно составлено множество факторов, используемых при проектировании тестовых наборов. Для сравнения рассматривались: известный подход к проектированию тестовых наборов на основе традиционных таблиц решений; метод проектирования тестовых наборов на основе использования раскрашенных сетей Петри.

Оценена полнота покрытия функциональных требований тестовыми наборами на уровне системного тестирования программного обеспечения. Для раскрашенной сети Петри она составляет до 98% , а для традиционных таблиц — до 60% .

Ключевые слова: система поддержки принятия решений; тестовый набор; полнота тестового покрытия; достоверность тестовых наборов; шкала значимых факторов; адекватность; достоверность; затраты времени; раскрашенные сети Петри.

Стаття надійшла до редакції 15.09.2018 р.

Прийнято до друку 01.12.2018 р.