

міцності стоматологічного матеріалу за фотоелектричним сигналом // Вісник Сумського державного університету. Технічні науки. – Суми: Видавництво СумДУ, 2012. – № 3. – С. 182–187.

8. Никитюк В. В., Дозорський В. Г., Шадріна Г. М. Обґрунтування структури системи відбору фотоелектричних сигналів для визначення ступеня полімеризації стоматологічного матеріалу // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький : Видавництво ХНУ, 2. 2014. – С. 189–192.

9. Драган Я. П., Никитюк В. В., Хвостівська Л. В. Математична модель фотоелектричного сигналу полімеризації стоматологічного матеріалу у вигляді імпульсного періодичного корельованого випадкового процесу // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – Львів. – 2013. – № 771: Комп’ютерні науки та інформаційні технології. – С. 146–149.

УДК 004.93:681.32

В. Гожий

Чорноморський державний університет ім. Петра Могили,
кафедра інформаційних технологій і програмних систем

НЕЧІТКИЙ КОГНІТИВНИЙ АНАЛІЗ РИЗИКІВ ПРИ ТЕСТУВАННІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

© Гожий В., 2015

Розглянуто питання нечіткого когнітивного аналізу ризиків під час тестування програмного забезпечення. Визначено головні типи ризиків під час тестування програмного забезпечення. Для аналізу застосовано нечіткі когнітивні карти Силова. Визначено системні показники нечітких когнітивних карт та переваги і недоліки їх використання. У результаті когнітивного моделювання визначено найвпливовіші показники ризику.

Ключові слова: нечітка когнітивна карта, розподілені обчислення, схема відновлення, ВІВ-схема, кластер.

This article discusses the fuzzy cognitive analysis of risks in software testing. It identified the main types of risks in software testing. For the analysis were applied fuzzy cognitive map Silova. They were identified systemic indicators of fuzzy cognitive map, and the advantages and disadvantages of their use. As a result, cognitive modeling identified the most influential risk factors.

Key words: ring bundle, up-diffused calculations, recovery scheme, BIB-design, cluster.

Вступ

Розвиток методів когнітивного аналізу значною мірою зумовлений необхідністю дослідження слабоструктурованих систем і ситуацій, які охоплюють множини елементів різної природи, і залежності між елементами яких є як кількісними, так і якісними. Когнітивний підхід до дослідження слабоструктурованих ситуацій запропонували Р. Аксельрод і Ф. Робертс [10, 18] через обмеженість застосування точних моделей для побудови моделей слабоструктурованих систем і дослідження поведінки досліджуваної системи, підготовки та прийняття управлінських рішень з вирішення слабоструктурованих проблем і ситуацій, що виникають під час функціонування та розвитку таких систем. За такого підходу в основу побудови моделей слабоструктурованої системи

або ситуації покладено суб'єктивне розуміння й уявлення суб'єкта управління про параметри керованої системи і зв'язки між ними. Когнітивна карта як образ внутрішніх уявлень суб'єкта слугує інструментом для формування та уточнення гіпотези про функціонування досліджуваного об'єкта, розглянутого як складна система. Для того, щоб зрозуміти і проаналізувати поведінку складної системи, доцільно побудувати структурну схему причинно-наслідкових зв'язків. Когнітивна карта особливо корисна для аналізу дії важкоформалізованих чинників, вимірювання яких часто є дуже складною проблемою. Аналізуючи свої та чужі когнітивні карти, дослідник може швидко поглибити розуміння проблеми, поліпшити якість і обґрунтованість прийнятих рішень [13].

Постановка проблеми

Практика використання когнітивних карт показує, що для дослідження ризиків під час тестування програмного забезпечення, а також систем і процесів різного типу доцільно застосовувати нечіткі когнітивні карти. Поведінка (стан) системи може бути описана на основі значень системних змінних, що уможливорює використання класичних підходів з теорії систем, зокрема, для моделювання, аналізу динаміки, управління. Аналіз нечіткої когнітивної карти дає змогу виявити структуру проблеми, знайти найзначущі фактори, що впливають на неї, оцінити вплив факторів один на одного. В роботі розглянуто ризики під час тестування програмного забезпечення і проведено когнітивний аналіз, щоб виявити головні з них для подальшого опрацювання.

Огляд методів когнітивного аналізу

Сьогодні відомо кілька видів когнітивного аналізу на основі когнітивних карт, які розрізняються способами задання когнітивних карт і методами їх аналізу [7, 11].

Найпоширеніші види когнітивних карт:

- знакові когнітивні карти;
- нечіткі когнітивні карти Коско;
- модифіковані нечіткі когнітивні карти Коско;
- нечіткі реляційні когнітивні карти;
- нечіткі продукційні когнітивні карти;
- нечіткі когнітивні карти Силова.

Традиційні знакові когнітивні карти задаються у вигляді орієнтованого графа і представляють систему у вигляді множини концептів, що відображають системні змінні, пов'язані між собою причинно-наслідковими відносинами впливу [10]. Ці відносини можуть бути позитивними, негативними або нейтральними, котрі характеризують відповідний вплив концептів один на одного [14]. Цей вид когнітивних моделей є найпростішим, однак має низку недоліків. У знакових когнітивних картах концепти представляються лише якісно, характеризуючи, наприклад, зростання, зменшення або незмінність значень “концептуального” параметра і не дають змоги оцінити якісні зміни.

В основу аналізу стійкості знакових когнітивних карт, по суті, покладена відома методологія аналізу звичайних лінійних систем, оснований на порівнянні різних контурів, утворених з концептів такої карти. Однак такий аналіз не дозволяє виявити особливості взаємовпливу концептів, визначити і ранжувати за ступенем впливу позитивні й негативні тенденції, особливо в умовах багатоцільового задання критеріїв. Крім того, обмеженість алфавіту знакових когнітивних карт для представлення відносин між концептами дає змогу досліджувати характер процесів, що відбуваються, лише якісно, на основі аналізу тенденцій зміни системних змінних. Недоліки традиційних знакових когнітивних карт призвели до виникнення низки їх різновидів, що розширюють можливості й дозволяють виконувати кількісний аналіз складних систем.

У роботі [1] Коско запропонував новий тип когнітивних карт, що одержали назву “нечіткі когнітивні карти” (Fuzzy Cognitive Maps). Концепти у нечіткій когнітивній карті Коско можуть набувати значення з діапазону дійсних чисел $[0, 1]$. Термін “нечіткі” позначає тільки те, що причинні зв'язки можуть набувати не тільки значення, що дорівнює 0 або 1, а лежать у діапазоні

дійсних чисел, що відображають “силу” впливу одного концепту на інший. Підхід, оснований на теорії нечітких множин Заде [8], принаймні в обчислювальному аспекті, в моделі Коско не використовується. За статтею Коско з'явилася низка робіт, у яких запропоновано різні модифікації нечітких когнітивних карт Коско для моделювання складних систем. У роботах [9, 10] концепти когнітивних карт представляються на основі шкали дійсних чисел, обмежених у деякому діапазоні, наприклад $[-1, 1]$. Однак значення концептів при цьому залишаються чіткими числами, що обмежує можливості цих моделей.

Відносини між концептами нечіткої когнітивної карти Силова [12] представлені, як і в моделі Коско, у вигляді вагів, але вони розглядаються як елементи нечіткої матриці суміжності для графа НКК. Оскільки ваги можуть бути негативними, а операції над нечіткими множинами визначені для функції приналежності на $[0,1]$, то існує проблема обробки негативних впливів, аналогічна до моделі Коско. У роботі [12] вона вирішується подібно за рахунок подвоєння потужності множини концептів і роздільної обробки позитивних і негативних впливів. Для вирішення завдань акумулювання впливу декількох концептів на один концепт нечіткої когнітивної карти і визначення опосередкованого впливу концептів запропонована нечітка матрична регулярна алгебра, названа нечіткою каузальною алгеброю.

Прагнення максимально використовувати постулати теорії нечітких множин призвело до появи нечітких продукційних когнітивних карт, для опису впливів між концептами в яких використовують нечіткі продукційні правила (Rules Based Fuzzy Cognitive Maps – нечіткі когнітивні карти, основані на правилах). У цих картах концепти подано у вигляді нечітких множин, що визначаються функціями належності до базової множини. Причинно-наслідкові відносини між двома концептами виражені у вигляді нечіткого продукційного правила зі структурою “один вхід – один вихід” (Single Input – Single Output: SISO) щодо нечітких збільшень концептів.

Для об'єднання окремих впливів на вихідному концепті застосовується спеціальна операція “нечіткого акумулювання з перенесенням” (Fuzzy Cany Accumulation). Вона використовується для агрегування двох впливів від вхідних концептів, поданих у вигляді нечітких множин (функцій належності) вихідного концепту. Цей вид акумулювання дає змогу обробляти нечіткі числа за двома “координатами” (приналежності й базової множини) і враховувати адитивний характер впливів окремих концептів. Проте його механізм виглядає досить довільним.

У роботі [6] запропоновано узагальнені нечіткі продукційні когнітивні карти (Generalized Rule-Based Fuzzy Cognitive Maps), побудовані на основі нечітких продукційних когнітивних карт, з деякими додатковими властивостями.

На основі проведеного дослідження вирішили як математичну модель використовувати нечіткі когнітивні карти Силова. Ця модель є точнішою, ніж класичні знакові когнітивні карти, дає змогу враховувати силу причинно-наслідкових зв'язків і опосередковані взаємовпливи концептів на систему і системи на концепти. Нечіткі продукційні або реляційні когнітивні карти в цей момент недостатньо опрацьовані й у деяких ситуаціях неадекватно описують систему, яка досліджується.

Ризики під час тестування програмного забезпечення

Ризик, за визначенням, – це якийсь фактор процесу, що розвивається, який потенційно справляє негативний вплив на процес і, як наслідок, на його результат. Якщо розділяти ризик та проблему, то ризик – це те, що може статися і призвести до негативних наслідків, а проблема – це те, що вже сталося і заважає працювати. І ризик, і проблема заважають або можуть заважати працювати, але способи роботи з ризиками та проблемами різні: перші треба намагатися виявити та зрозуміти, знайти, і, за змогою, мінімізувати їхні наслідки до того, як вони почнуть впливати на процес, а з проблемами треба працювати за фактом – залагодити або зменшити. Якщо відокремити ризики і проблеми, область управління ризиками стає набагато простішою і зрозумілішою.

Опрацювання ризиків можна подати у вигляді схеми (рис. 1).



Рис. 1. Схема роботи з ризиками

Головна особливість роботи з ризиками – це те, що вони циклічні, як і будь-які інші проектні активності, якщо йдеться про ітераційний процес. Якщо ітерації доволі довгі, циклів робіт, пов'язаних з управлінням ризиками, може бути декілька. Для того, щоб правильно працювати з ризиками, і щоб ця робота давала результати, потрібно чітко розуміти, до якого рівня належить той чи інший ризик – до рівня відповідальності менеджера з тестування чи до рівня проектних ризиків, працювати на якому потрібно разом з менеджером проекту і провідним розробником. Системні ризики або ризики рівня бізнесу компанії зазвичай поза зоною впливу проектної команди, але проектна команда може брати участь у підготовці якихось рішень і аналізі поточної ситуації, щоб надати особам, що приймають рішення, актуальну і зрозумілу інформацію.

У результаті експертного опитування та аналізу літературних джерел виділено головні типи ризиків під час тестування:

1. Неповна оцінка трудовитрат за проектом

Саме цей ризик є найчастіше основною причиною не виконаних вчасно або зовсім невдалих проектів. Загалом ризик, звичайно, належить до рівня проектних ризиків, а точніше до ризиків управління проектами. Але, оскільки оцінка витрат праці за проектом передбачає оцінку трудовитрат з тестування, а роботи з тестування стоять на критичному шляху плану ітерації, то ризик часто пов'язаний з неправильною оцінкою трудовитрат з тестування, який ми розглянемо наступним окремим ризиком. Ризик характеризується тим, що тестувальники не залучаються ні до аналізу витрат праці за проектом, ні до отримання самих оцінок. Ситуація, в якій оцінки на тестування просто “спускає” менеджер проекту, замовник або хтось, суперечить основним принципам управління проектами: оцінку завдання дає виконавець, інакше виконавець може не братися за виконання завдання або не відповідає за його результат.

Формально це ризик проектного рівня, якщо йдеться про оцінку витрат праці за проектом, але частково може управлятися і мінімізуватися групою тестування або її менеджером, долученням тестувальників до процесу отримання оцінок за витратами праці й з погляду отриманих оцінок і планів проекту.

2. Неповна оцінка витрат праці з тестування

Аналогічний до попереднього ризик, що ґрунтується здебільшого на порушенні принципу “оцінку витрат праці дає виконавець”, але вже на рівні завдань проекту з тестування. Крім базової причини виникнення цього ризику, також істотно ризикованими факторами можуть бути пропуск неявних вимог, неправильне визначення типів тестів і конфігурацій, в яких буде проводитися тестування – ці завдання найбільше впливають на обсяг робіт з тестування і, як наслідок, помилки, допущені під час виконання цих завдань, призводять до зміни обсягів робіт з тестування та істотно впливають на план тестування.

3. Тест-план не прив'язаний до плану проекту

Це найпоширеніша проблема процесу тестування, яка дає змогу акцентувати на ній як на серйозному ризику. Тестування та розробка залежать від одного проектного ресурсу – часу. Якщо плани двох напрямів не пов'язані жорстко або не синхронізовані на постійній основі, існує ймовірність або ризик, що порушення планів розроблення не буде враховано у плані робіт з тестування, що призведе до нестачі часу на тестування і, як наслідок, до незавершеного етапу тестування. Ось чому плани тестування і розроблення ще повинні бути пов'язані жорстко на рівні єдиного плану проекту.

4. Стратегія тестування відсутня або неприйнята для групи розроблення або замовника.

Формально це не ризик, а проблема, яка породжує ризик, що стратегія тестування не буде виконана в тій частині завдань, де перетинається із завданнями розроблення, або не буде забезпечена ресурсами (найчастіше саме проектним часом) і, як результат, все одно не виконана.

5. Ризик звільнення ключового або не дуже ключового співробітника.

Для вирішення цієї проблеми необхідно скоординувати свої зусилля з сусідніми відділами або проектами (у яких цей ризик теж є) і домовитися, що в разі такої події вони зможуть хоч якось (якщо це дозволить специфіка продукту і поточна завантаженість) допомогти людьми. Аналогічно, будьте готові допомогти.

6. Решта проблем

Зміну навіть зафіксованих вимог або їх пріоритетів часто зараховують до ризиків як до чинника, який вплине на обсяг ітерації і відповідно призведе до перегляду планів і, можливо, зриву термінів поставки версії програмного продукту. Це реальність, з якою треба працювати як з проектним обмеженням і намагатися не доводити навіть до стану проблеми. Дієвим шляхом є якраз обмеження обсягів ітерації за термінами, коли будь-яка зміна у вимогах призводить до виштовхування якогось іншого шматочка робіт (і розроблення, і тестування) в наступну ітерацію.

7. Ризик ігнорування ризиків

Один із ризиків, який поширюється на всі рівні управління ризиками. Це той факт, що ризики є, що процес (навіть найбільш налагоджений, вивірений, формалізований і контрольований) може давати збої, зазвичай призводить до надто оптимістичних планів, до конфліктів у разі їх невиконання, до необхідності терміново перепланувати (що зазвичай призводить до прорахунків і ще більше порушує нормальний ритм робіт) і, як результат, – до провалів.

Когнітивне моделювання і аналіз ризиків під час тестування програмного забезпечення

Виконаємо когнітивний аналіз ризиків на етапі тестування під час розроблення програмного забезпечення. На основі побудови нечіткої когнітивної карти та її аналізу необхідно визначити найбільш важливі й впливові фактори ризику під час тестування програмного забезпечення.

Основними результатами когнітивного аналізу є визначення консонансу, дисонансу, позитивного і негативного впливу концептів один на одного і на систему загалом й інші системні та інтегральні показники, які використовують для дослідження властивостей аналізованої системи. Існує множина способів формального вираження консонансу, але ми розглянемо найпростіший.

Консонансом називається показник

$$c = \frac{|a+b|}{|a|+|b|},$$

де (a,b) – пара зв'язків у транзитивно замкнутої когнітивної матриці, а впливом називається показник

$$p = \text{sign}(a+b) \max(|a|, |b|), a \neq -b;$$

і відповідно дисонанс визначимо як нечіткий додаток консонансу: $d = 1 - c$.

У цьому випадку консонанс – функція позитивного і негативного впливу концепту на концепт, а показник впливу – максимуму позитивного чи негативного впливу. Що вищий консонанс, то переконливіша думка про знак впливу.

У результаті аналізу процесу тестування визначено перелік концептів нечіткої когнітивної карти:

1. K1 – неповна оцінка витрат праці за проектом.
2. K2 – неповна оцінка витрат праці з тестування.
3. K3 – тест-план не прив’язаний до плану проекту.
4. K4 – відсутня стратегія тестування або не прийнята групою розробки.
5. K5 – ризик звільнення ключового співробітника або ключових співробітників.
6. K6 – інші проблеми.
7. K7 – ризик ігнорування ризиків.
8. K8 – вартість проекту.
9. K9 – термін виконання проекту.
10. K10 – загальна кількість працівників.

Модельована ситуація може бути представлена у вигляді нечіткої когнітивної карти (рис. 2), яка ілюструє множинні зв’язки і характер взаємодії визначених факторів.

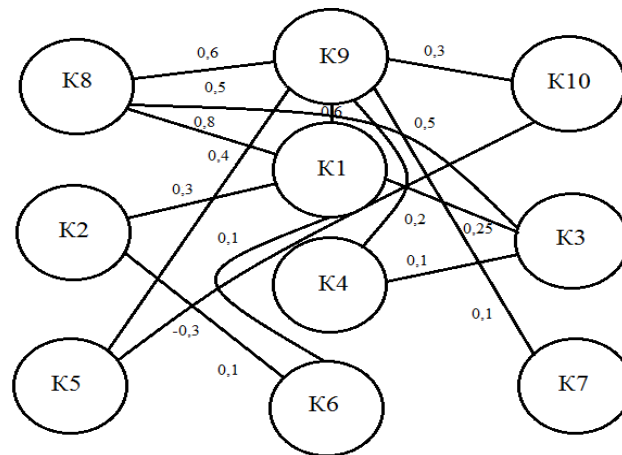


Рис. 2. Нечітка когнітивна карта оцінки ризиків тестування під час розроблення ПЗ

Для розрахунків параметрів нечіткої когнітивної карти використано програмний продукт FCM. На рис. 3, 4 наведено матрицю концептів та системні показники нечіткої когнітивної карти.

	0(K1)	1(K2)	2(K3)	3(K4)	4(K5)	5(K6)	6(K7)	7(K8)	8(K9)	9(K10)
(K1)	0	0,3	0,25	0	0	0,1	0	0,8	0,6	0
(K2)	0,3	0	0	0	0	-0,3	0	0	0	0
(K3)	0,25	0	0	0,1	0	0	0	0,5	0	0
(K4)	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,2	0
(K5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	0
(K6)	0,1	-0,3	0	0	0	0	0	0	0	0
(K7)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0
(K8)	0,8	0	0,5	0	0	0	0	0	0,6	0
(K9)	0,6	0	0	0,2	0,4	0	0,1	0,6	0	0,3
(K10)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0

Рис. 3. Матриця концептів

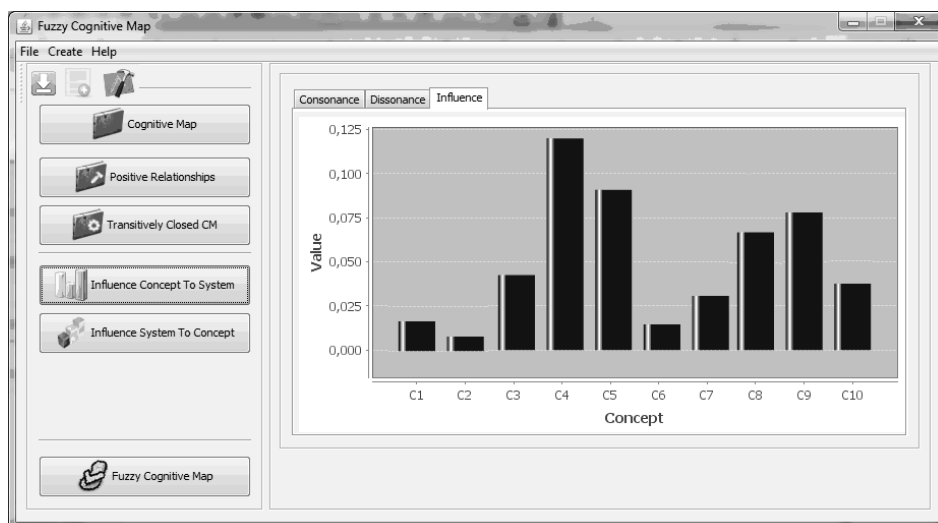
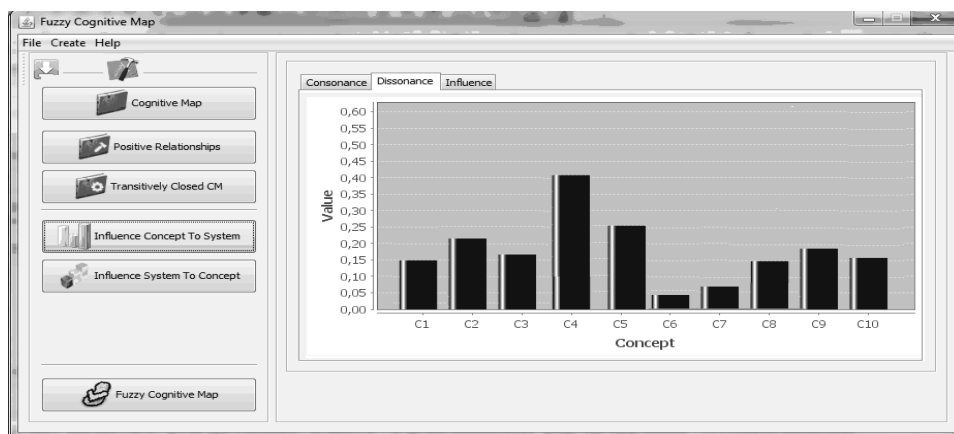
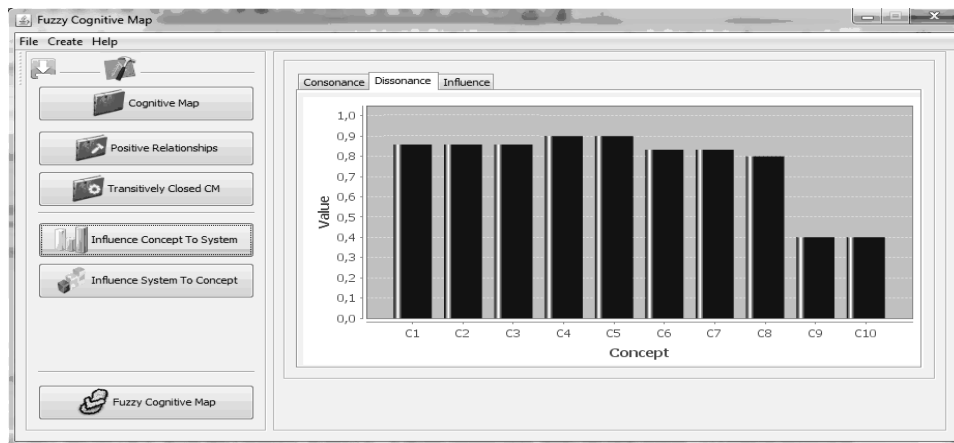


Рис. 4. Системні показники нечіткої когнітивної карти:
 а – консонанс; б – дисонанс; в – вплив системи на концепт

Проаналізуємо нечітку когнітивну карту та основні висновки, отримані на підставі проведеного моделювання. У нашому випадку це тільки системні показники впливу концепту на систему.

Концепт К4 (відсутність стратегії тестування або неприйняття групою розробки) найбільшою мірою порівняно з іншими впливає на систему. Наступні концепти за ступенем позитивного впливу на систему – К5 (ризик звільнення ключового співробітника або ключових співробітників), К9 (термін виконання проекту) та К8 (вартість проекту) найважливіші та найзначущіші для системи.

З двох майже однакових концептів К2 та К10 (К2-Тест-план не прив'язаний до плану проекту; (К10 – загальна кількість співробітників), однаково впливають на систему, що дає підстави зробити висновок про необхідність виділяти однаковий час на обидва концепти.

Проаналізуємо також вплив таких концептів, як К6 (інші проблеми), К7 (ризик ігнорування ризиків), К1 (неповна оцінка витрат праці за проектом), К2 (неповна оцінка витрат праці з тестування) один на одного та на систему загалом. Передусім зазначимо, що найбільше впливає на систему концепт К4, найменше впливає на систему концепт К1. Так можна проаналізувати всю систему та, змінюючи вхідні показники, вирішити та зрозуміти, як саме і який концепт впливатиме на систему та інші концепти.

Висновки

Розглянуто сучасні методи нечіткого когнітивного моделювання і аналізу. Найефективнішим сьогодні є метод побудови когнітивних моделей на основі нечітких когнітивних карт Силова, що поєднує теорії нечіткої алгебри Заде та теорії графів. Визначено ризики під час тестування на етапі розроблення програмного забезпечення. За допомогою програмного комплексу FCM проведено аналіз і когнітивне моделювання ризиків. За допомогою когнітивного моделювання визначено ключові ризики під час тестування, для подальшого їх опрацювання в СППР.

1. Kosko B. *Fuzzy Cognitive Maps* // *International Journal of Man-Machine Studies*. – 1986. – Vol. 1. – P. 65–75. 2. Борисов В. В., Круглов В. В., Федулов А. С. *Нечеткие модели и сети*. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 284 с. 3. Pedrych W. *Relevancy of fuzzy models*. *Information Sciences*. V. 52. 1990. – P. 285–302. 4. Buchanan B. G. Shortliffe E. H. *Rule-Base Expert System. Readings*(MA), USA: Addison-Wesley, 1984. 5. Ljung L. *System Identification, Theory for the User*. – New Jersey: Prentice Hall, 1987. 6. Борисов В. В. *Нечеткие модели и сети* / В. В. Борисов, В. В. Круглов, А. С. Федулов. – М.: Горячая линия-телеком, 2007. – 284 с. 7. Борисов В. В. *Нечеткие модели и сети* / В. В. Борисов, В. В. Круглов, А. С. Федулов. – М.: Горячая линия-телеком, 2007. – 284 с. 8. Заде Л. А. *Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений: Пер. с англ. / Л. А. Заде*. – М.: Мир, 1976. – 168 с. 9. Максимов В. И. *Структурно-целевой анализ развития социально-экономических ситуаций* / В. И. Максимов // *Проблемы управления*, 2005. – № 3. – С. 30–38. 10. Робертс Ф. С. *Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам: пер. с англ. / Ф. С. Робертс*. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 496 с. 11. Рыков А. С. *Методы системного анализа: многокритериальная и нечеткая оптимизация, моделирование и экспертные оценки* / А. С. Рыков. – М.: Экономика, 1999. – 316 с. 12. Силлов В. Б. *Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке* / В. Б. Силлов. – М.: ИНПРО-РЕС, 1995. – 228 с. 13. Миркин Б. Г. *Проблема группового выбора* / Б. Г. Миркин. – М.: Наука, 1974. – 256 с. 14. Трахтенгерц Э. А. *Компьютерная поддержка принятия решений* / Э. А. Трахтенгерц. – М.: СИНТЕГ, 1998. – 376 с. 15. Федулов А. С. *Модели, методы и программные средства обработки нечеткой информации в системах поддержки принятия решений на основе когнитивных карт: дис. доктора техн. наук: 05.13.11, 05.13.01* / Федулов Александр Сергеевич. – Москва, 2007. – 206 с. 16. Федулов А. С. *Нечеткие реляционные когнитивные карты* / А. С. Федулов // *Теория и системы управления*. – 2005. – № 1. – С. 120–133. 17. Ярушкіна Н. Г. *Основы теории нечетких и гибридных систем: учеб. пособие* / Н. Г. Ярушкіна. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 320 с. 18. Axelrod R. *The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites* / R. Axelrod. – Princeton, NJ: Princeton University Press, 1976. – 405 p.