
УДК 006.86

Лебедев А., д-р техн. наук, проф., Лебедева І. (Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

Методологічні підходи до синтезу нових методів випробувань

У роботі описується методологія розроблення нових методів випробувань і формування рішень під час їх розроблення. Методологія базується на використанні нечітких когнітивних карт. Розглядається питання вибору методу, на основі якого базується модель формування рішень. Наведено алгоритм процесу розроблення нового методу випробувань та складові когнітивної карти. Запропонована методологія дозволить формувати рішення як на кожному окремому етапі розроблення нового методу випробувань, так і під час оцінювання придатності методу. Загальна мета роботи - забезпечення якості випробувань через удосконалення методології розроблення методу випробування.

Ключові слова: нечітка когнітивна карта, орієнтований граф, модель методу випробувань, теорія обмежень, інформація.

Вступ. Одним з першочергових завдань в умовах технічного регулювання є розроблення сучасних методів випробувань. Ця потреба витікає з умов науково-технічного прогресу та сучасного розвитку техніки і

© Лебедев А., Лебедева І. 2017

НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЖУРНАЛ

№ 1 (100) січень 2018 р.

ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ АПК

засобів контролю її технічного стану. Наявні методи випробувань є надійними. Проте в деяких випадках застосовувані засоби виміральної техніки, випробувальне устаткування і методика випробувань – такі, що не відповідають об'єкту випробувань. Тому особливу увагу необхідно приділяти розробленню нових методів і методик, питанням нормування визначуваних показників, тобто встановлення їхніх номінальних значень, метрологічного допуску на ці значення, а також питанням прийняття рішень для легалізації нового методу.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Розробляючи нові методи випробувань, необхідно комплексно вирішувати сукупність різних завдань, які включають, у загальному вигляді, оперативне аналізування інформації і вироблення та отримання керівних сигналів, які забезпечують формування відповідних рішень [1]. Виконання згаданих завдань можливе лише за застосування системного підходу з використанням адаптивного керування, що дасть можливість вирішувати завдання з урахуванням конкретних умов. Адаптація у такій постановці являє собою вибір оптимального варіанта в умовах недостатньої апріорної інформації, а адаптивний алгоритм розглядається як алгоритм, що дозволяє уточнювати прийняте рішення по мірі надходження нової інформації [2, 3].

Процес розроблення методу випробувань – це один із елементів системи метрологічного забезпечення випробувальної лабораторії [4]. В [4] запропоновано підхід до синтезу адаптивних систем метрологічного забезпечення (МЗ) ВЛ на основі нечіткої логіки за умови прийняття рішення в умовах ризику (рис. 1). Запропонована схема функціонування адаптивної системи МЗ охоплює всі аспекти забезпечення необхідної точності вимірювань і випробувань. Особливістю цієї адаптивної системи МЗ є її здатність приймати рішення з урахуванням попередньо-накопиченого досвіду, тобто здатність навчатись і вибирати оптимальне рішення.



Рис. 1 – Розгорнута схема адаптивної системи прийняття рішення [4]

Формування і прийняття рішень під час розроблення нових методів випробувань можна вважати складною погано формалізованою задачею [5, 6], тобто задачею, яка в окремих випадках вимагає побудови оригінального алгоритму вирішення залежно від конкретної ситуації, для якої можуть бути характерні невизначеність і динамічність вхідних даних і знань.

Це пов'язано з тим, що розв'язання такої задачі відбувається в умовах невизначеності, внаслідок браку інформації, необхідної для формалізації процесів. Крім того, невизначеність пов'язана з відсутністю апріорної інформації, а саме знань законів протікання процесів

внаслідок їхньої складності. Це призводить до неможливості побудови формальних аналітичних моделей, які враховують специфіку більшості впливових факторів.

Математичним апаратом для опису методів випробувань, які розробляються, є нечітке когнітивне моделювання [5, 6], що дає змогу формалізувати чисельно невимірні фактори, використання неповної, нечіткої і суперечливої інформації.

Мета і постановка завдань дослідження. Метою роботи є розроблення методології створення нових методів випробувань з використанням нечітких когнітивних карт.

Методологія синтезу нових методів випробувань. Методологію синтезу нових методів випробувань, у загальному вигляді, показано на рис. 2.

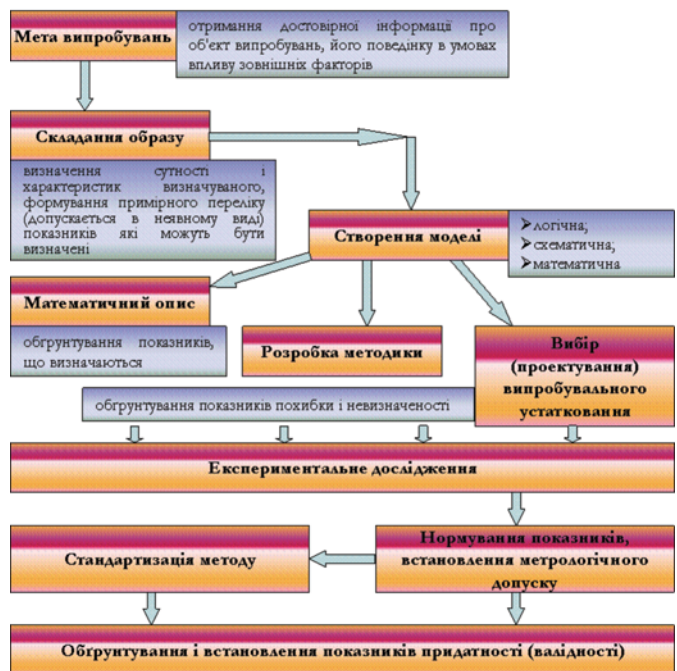


Рис. 2 – Методологія синтезу нових методів випробувань

Метою випробувань є отримання достовірної інформації про досліджувану об'єкт, а також інформації про поведінку об'єкта за різних зовнішніх факторів впливу. Мета формується на етапі постановки задачі.

Далі, на етапі абстрактного мислення, складається образ того, що і як буде досліджуватись. На цьому етапі формується уявлення про сутність і характеристики визначуваного, формується примірний перелік показників які можуть бути визначені, вибирається пріоритетний напрямок подальшого дослідження. Інформація, яка синтезується на цьому етапі, є вхідною для подальшої формалізації.

Після складання образу створюється модель майбутнього методу: логічна, схематична, математична. Вигляд моделі залежить від складеного образу.

Допускається поєднання декількох моделей, наприклад, логічна і математична або схематична і математична тощо.

Створення моделі є складним і копітким етапом. Умовно його можна розділити на декілька процесів: розроблення та обґрунтування математичної моделі і

схеми випробувань, розроблення методики випробувань, вибір або проектування випробувального устаткування.

Математичний опис моделі – це процес обґрунтування якісних/кількісних показників, обґрунтування взаємозв'язків між функціональним станом об'єкту випробувань і визначеними показниками, синтез схеми вимірювання під час випробувань. Проводиться математичне моделювання для визначення примірного порядку кількісних значень показників, які визначаються. На основі цього формуються вимоги до випробувального устаткування, за необхідності проводиться його класифікація. Проводиться попередній розрахунок показників похибки, невизначеності та необхідної кількості вимірювань.

Методика випробувань передбачає обґрунтування послідовності дій. До умов випробувань і кваліфікації випробувачів устанавлюються відповідні вимоги.

На основі математичної моделі випробувань, умов випробувань і методики формуються вимоги до випробувального устаткування. Воно може бути вибране з уже наявного або проектуватись заново. Маючи інформацію про фактичні показники похибки і невизначеності, переглядається математична модель і вносяться відповідні корективи.

Наступний етап – експериментальна перевірка можливості практичної реалізації методу. Для цього вибирається об'єкт випробувань, якість якого підтверджена іншими (стандартними) методами. Визначаються показники правильності і прецизійності методу [7]. Інформація, отримана на цьому етапі, аналізується і, залежно від рівня досягнення поставленої мети, приймається одне з двох рішень:

- метод є придатним для використання: показники точності і невизначеності відповідають поставленій меті;

- метод потребує доопрацювання: вибір нового випробувального устаткування, перегляд методики тощо.

У разі прийняття рішення про придатність методу випробувань, проводиться нормування показників, встановлюється метрологічний допуск на них. Після цього проводиться стандартизація методу, обґрунтовуються і встановлюються показники придатності методу з урахуванням фактичних значень показників.

Прийняття рішень під час розроблення нових методів випробувань. Практично на кожному етапі розроблення нового методу випробувань особа, яка проводить цю роботу, стикається із необхідністю прийняття рішення. Ефективним способом прийняття рішення є застосування нечітких когнітивних моделей, в яких враховується те, що взаємовплив між факторами, викликаними різними причинно-наслідковими зв'язками, може мати різну інтенсивність і ця інтенсивність може змінюватися з часом [5, 6]. Вводиться поняття нечіткої когнітивної карти. Застосування нечітких когнітивних моделей дозволяє автоматизувати вирішення ряду складно формалізованих задач, які виникають на різних етапах прийняття керівного рішення.

Загалом, процес прийняття рішення за новим методом випробувань складається з чотирьох основних етапів:

- аналізування проблеми (постановка завдання щодо характеристик, які необхідно визначити);

- формування мети і завдань (обґрунтування математичної моделі, розроблення методики, вибір (проекування) випробувального устаткування, вибір критеріїв і оцінювання їхньої ефективності (показники точності, достовірності та адекватності));

- формування й аналіз множини альтернатив (варіанти під час прийняття рішення, оцінка ефективності кожного рішення);

- формування керівної дії (кінцеве рішення).

Кожен етап розділяється на окремі підетапи, які є окремими задачами. Деякі задачі розв'язуються на основі припущень і нестрогих роздумів, які закладаються в модель випробування; формуються обмеження щодо застосування методу. Складність виникає під час експериментального дослідження методу внаслідок дії таких суб'єктивних факторів як виконавець, об'єкт, на якому проводяться дослідження, та умови проведення випробувань. Доводиться враховувати статистичну інформацію і приймати рішення про можливість її розповсюдження як такої, що відповідає певним вимогам.

Нечітка когнітивна карта розроблення методу випробувань являє собою причинно-наслідкову мережу, яка відображає придатність методу. Формальний вигляд нечіткої когнітивної карти:

$$Y = \langle R, U \rangle, \quad (1)$$

де $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ – множина об'єктів моделі (концепти);

$U = \{1, 0\}$ – бінарне відношення на множині R , яке задає зв'язки між об'єктами.

Об'єкти r характеризують як кількісні показники (похибка, невизначеність, тощо), так і якісні (умови випробувань, тощо). Нечітка когнітивна карта будується на інформації, якою володіє особа, яка розробляє метод випробувань.

На множині концептів R можна виділити множину вхідних впливів $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$, множину вихідних впливів $V = \{v_1, v_2, \dots, v_p\}$, проміжні концепти $E = \{e_1, e_2, \dots, e_z\}$, множину зв'язків між концептами $U = \{u(r_i, r_j)\}$, як зазначалось вище, зв'язки між концептами бінарного типу. Кожному зв'язку ставиться у відповідність нечітке правило з термами, які є лінгвістичними перемінними стану концепта.

Отже, інформаційну модель розроблення нових методів випробувань можна представити універсальною алгеброю:

$$H = \langle Q, T, O, P, S, D \rangle, \quad (2)$$

де Q – множина з описом математичних моделей методу випробувань;

T – множина критеріїв для визначення достатності похибки (невизначеності) вимірювання;

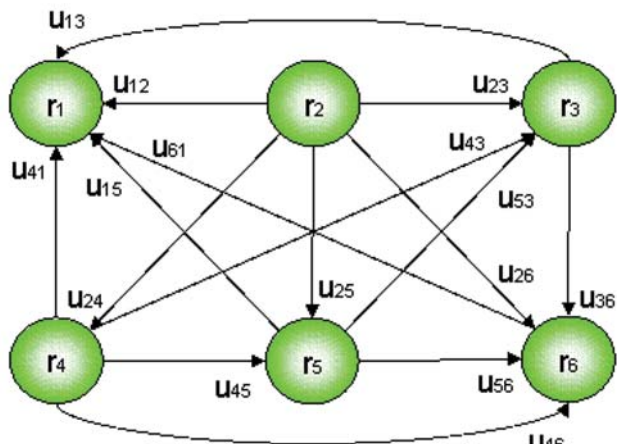
O – множина з описом варіантів умов випробувань;

P – множина критеріїв для визначення достатності кількості спостережень (вимірювань);

S – множина правил, за якими приймаються рішення;

D – множина показників придатності методу.

Нечітку когнітивну карту зручно представити як зважений орієнтовний граф, вершини якого (концепти) відповідають об'єктам множини R , а дуги – причинно-наслідковим зв'язкам. Кожна дуга має вагу, яка задається відповідним нормованим показником інтенсивності впливу u_{ij} (рис. 3).



r_1 – показники придатності; r_2 – математична модель;

r_3 – показники похибки і невизначеності;

r_4 – методика випробувань; r_5 – умови проведення випробувань; r_6 – кількість спостережень (вимірювань);

Рис. 3 – Зважений орієнтований граф керування процесом розроблення методу випробувань

Кінцевим результатом (прийнятим рішенням) є значення показників придатності методу і їх відповідність встановленим вимогам. На показники придатності будуть впливати, узагальнено, два фактори: методика випробувань з відповідними умовами, значення похибки і невизначеності вимірювання та математична модель випробувань, що характеризує адекватність методу реальним умовам. Математична модель випробувань буде впливати на рішення стосовно вибору методики випробувань. Зі свого боку, методика випробувань буде впливати на кількість спостережень і, відповідно, похибку і невизначеність вимірювання.

Встановлення причини і наслідків, виявлення причинно-наслідкових зв'язків та виявлення ваги кожної дуги графа (рис. 3) зручно проводити з використанням теорії обмежень (ТОС) [8, 9]. ТОС ґрунтується на причинно-наслідковому ланцюгу, який визначає найслабші ланки чи обмеження в будь-якій підсистемі чи системі управління загалом. ТОС дозволяє визначити слабкі місця в системі і дати інформацію про місцезнаходження відхилення від заданого стану.

Висновки. Аналізування, виконане з урахуванням запропонованої моделі (рис. 3), дає змогу виявити такі закономірності:

- модель розроблення нових методів випробувань записується кінцевою множиною об'єктів, які є значимими для методу випробувань характеристиками;
- між об'єктами є причинно-наслідкові зв'язки, які можуть позитивно/негативно впливати на характеристики методу, який розробляється;
- значення показників придатності є основним критерієм, за яким робиться висновок про можливість застосування методу;

– показники похибки і невизначеності під час вимірювання повинні зіставлятися з економічною доцільністю їх досягнення та виробничою необхідністю.

Представлена методологія розроблення нових методів випробувань на основі нечітких когнітивних карт дозволяє описувати складні багатокритеріальні інтелектуальні системи прийняття рішення в умовах ризику під час розроблення нових методів випробувань.

Подальшого дослідження потребують питання формального опису складових алгебри (2) і використання ТОС для встановлення причинно-наслідкових зв'язків у графі керування процесом випробувань.

Література

1. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (iso/iec 17025:2005, idt): ДСТУ iso/iec 17025:2006. – [чинний від 2007-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – vi, 26 с. – (Національний стандарт України).
2. Деменков Н.П. Нечеткое управление в технических системах. Учебное пособие / Н.П. Деменков. – М.: Изд-во. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 200 с.
3. Кошева Л.О. Відтворюваність – основна характеристика точності результатів випробувань / Л.О. Кошева // Електроніка та системи управління. – 2011. – № 2 (28). – С. 89-94.
4. Коробко А.І. Управління якістю випробувань автотракторної техніки з використанням нечіткої логіки / А.І. Коробко, О.О. Михайлова, О.О. Назарько, Ю.А. Радченко // Вісник житомирського державного технологічного університету. Технічні науки. – 2016. – № 2 (77). – с. 109-114.
5. Авдеева З.К. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) / Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И. // Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций. Труды 6-й межд. конф. / под ред. З.К. Авдеевой, С.В. Ковриги. – М.: Институт проблем управления РАН, 2006. – С. 41-54.
6. Максимов В.И. Аналитические основы применения когнитивного подхода при решении слабоструктурированных задач / Максимов В.И., Корноушенко Е.К. // Труды ИПУ РАН. – 1999. – Т. 2. – С. 95-109.
7. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 1. Основні положення та визначення: дсту гост iso 5725-1:2005 (Гост ISO 5725-1:2003, idt). – [чинний від 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – viii, 29 с. – (Національний стандарт України).
8. Элияху М. Голдратт Процесс непрерывного совершенствования / Элияху М. Голдратт, Дж. Кокс Цель. – Минск: Попурри, 2009. – 496 с.
9. Детмер Уильям Теория ограниченный Голдратта: Системный поход к непрерывному совершенствованию / Уильям Детмер; пер. с англ. – 2 изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. – 444 с.
10. Кравчук В., Мельник Ю. Машини для заготівлі і приготування кормів. Посібник для аграрних вищих навчальних закладів II-IV рівнів акредитації. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, Досницьке 2009 р, с. 131.

Аннотация. В работе описывается методология разработки новых методов испытаний и формирования решений при разработке новых методов испытаний. Методология базируется на использовании нечетких когнитивных карт. Рассматривается вопрос выбора метода, на основе которого базируется модель формирования решений. Приведен алгоритм процесса разработки нового метода испытаний и составляющие когнитивной карты. Предложенная методология позволяет формировать решения как на каждом отдельном этапе разработки нового метода испытаний, так и при оценке пригодности метода. Работа направлена на общую цель обеспечения качества испытаний путем усовершенствования методологии разработки метода испытания.

is based on the use of fuzzy cognitive maps. The question of the choice of the method on the basis of which the model for the formation of solutions is based is considered. The algorithm of the process of developing a new test method is presented. These are the components of the cognitive map. The proposed methodology makes it possible to formulate solutions both at each individual stage of developing a new test method, and in assessing the suitability of the method. The work is aimed at the overall goal of ensuring the quality of tests by improving the methodology for developing the test method.

Summary. The paper describes the methodology for developing new test methods and forming solutions for the development of new test methods. The methodology

Стаття надійшла до редакції 30 серпня 2017 р.