

ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ

УДК 001.891:65.011.56

ВИКОРИСТАННЯ «М'ЯКИХ» ОБЧИСЛЕНЬ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ДОРОЖНИХ МАШИН

О.В. Вікторова, аспірант, А.О. Коваль, асистент, ХНАДУ

Анотація. Розглянуто один із можливих підходів до вирішення проблеми підвищення достовірності та точності вимірювань параметрів у динамічних режимах роботи дорожньої машини. Обґрунтовано необхідність використання «м'яких» обчислень при розробці алгоритмів функціонування інтелектуальної інформаційно-вимірювальної системи дорожньої машини.

Ключові слова: дорожня машина, інтелектуальна інформаційно-вимірювальна система, «м'які» обчислення.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ «МЯГКИХ» ВЫЧИСЛЕНИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ДОРОЖНЫХ МАШИН

Е.В. Викторова, аспирант, А.А. Коваль, ассистент, ХНАДУ

Аннотация. Рассмотрен один из возможных подходов к решению проблемы повышения достоверности и точности измерений параметров в динамических режимах работы дорожной машины. Обоснована необходимость использования «мягких» вычислений при разработке алгоритмов функционирования интеллектуальной информационно-измерительной системы дорожных машин.

Ключевые слова: дорожная машина, интеллектуальная информационно-измерительная система, «мягкие» вычисления.

USING OF «SOFT» COMPUTING IN INTELLIGENT INFORMATION-MEASURING SYSTEM OF ROAD MACHINES

O. Viktorova, postgraduate, A. Koval, assistant, KhNAHU

Abstract. This paper considers one of the possible approaches to solving the problem of increasing reliability and accuracy of measurement parameters in the dynamic modes of road machines. The necessity of using «soft» computing in the development of intellectual functioning algorithms of information-measuring system of road machines.

Key words: road machine, intelligent information-measuring system, «soft» computing.

Вступ

Успіх сучасного дорожнього будівництва значною мірою визначається ефективністю використання і рівнем технічної готовності засобів механізації. Збільшення будівельних робіт і їх собівартість, умови організації робіт значною мірою залежать від розвитку і

стану дорожньо-будівельних машин. Основні вимоги до сучасної дорожньої техніки: висока надійність, економічність, висока якість виконання робіт. Ефективність використання дорожніх машин залежить як від технічного стану, так і від оптимального використання режимів роботи. Витрати на підтримку, збереження та відновлення працездатності до-

рожніх машин становить до 25 % собівартості машино-години експлуатації, а за період служби вони в 8–10 разів перевищують собівартість нових машин.

Для вирішення цієї трьохвищої задачі необхідно, щоб дорожні машини комплектувалися діагностичним комплексом для прогнозування та оцінки технічного стану, з метою попередження відмов і несправностей, інтелектуальною інформаційно-вимірювальною системою та адаптивною системою керування. Останні два компоненти забезпечують адаптацію дорожніх машин до режимів та умов роботи.

Комплексне використання інтелектуальної інформаційної системи, діагностичної системи та адаптивної системи керування дозволяє автоматизувати технологічний процес укладання дорожнього полотна із заданою точністю.

Таким чином, аналізуючи все вищесказане, необхідним і дуже важливим компонентом бортової системи є інтелектуальна інформаційно-вимірювальна система (ІВС).

Аналіз публікацій

Сучасний розвиток технічних і програмних засобів створюють умови для розробки і впровадження інтелектуальних ІВС в ДМ. Як зазначено в [1], унаслідок цього можливе: створення багатоцільової техніки, машин з безвідходною технологією робіт, забезпечення високого рівня комфорту і безпеки для оператора, підвищення надійності і ресурсу техніки, забезпечення сервісного супроводу, оптимізації параметрів машин, використання існуючої техніки в умовах, де вона дає найбільший ефект і вдосконалення техніко-експлуатаційних параметрів машин.

Використання досягнень фундаментальних наук та фізико-технічних ефектів і, перш за все, штучного інтелекту відкриває нові перспективи.

Мета і постановка задачі

На сьогодні, незважаючи на тяжкі умови експлуатації і жорсткі вимоги до надійності, діагностика дорожніх машин носить лише фрагментарний та періодичний характер. При проведенні діагностування дорожніх

машин проводиться вимірювання близько тридцяти неелектричних величин. Суттєвим є те, що всі вимірювання проводяться у статистичному режимі, або в динамічному режимі з використанням спеціалізованих стендів. Але в умовах реальної експлуатації дорожньої техніки динамічні режими роботи і навантаження будуть відмінними від стендових. Таким чином виміряні параметри не будуть достовірними в повній мірі і за ними не можна прийняти рішення про відповідність параметрів вузлів та систем установленим вимогам.

Метою статті є розробка пропозицій щодо використання «м'яких» обчислень в ІВС дорожньої машини. Це, на погляд авторів, дозволить підвищити точність та достовірність вимірювальної інформації і, як наслідок, значно підвищити ефективність бортової системи діагностики.

Пропозиції щодо використання «м'яких» обчислень в інтелектуальних інформаційно-вимірювальних системах дорожніх машин

Одним зі шляхів вирішення задачі підвищення точності та достовірності вимірюваної інформації є вирішення задачі безпосередньо. Даний підхід передбачає встановлення великої кількості датчиків на дорожню машину, з метою вимірювання всіх можливих параметрів. Періодичність опитування датчиків, з метою підвищення достовірності вимірювань, встановлюють високою. Всі вимірювання будуть проводитися в реальних умовах експлуатації. В результаті отримаємо дуже великий масив інформації, частина з якої не завжди буде корисною. Отримана інформація можливо і буде точною, але це не означає, що вона буде достовірною у повній мірі. Слід також відмітити, що такий підхід потребує значних обчислювальних затрат і необхідності зберігання великих масивів вимірювальної інформації. Таким чином можна зробити висновок про нераціональність даного підходу.

Відповідно до цього пропонується застосування «м'яких» вимірювань, сутність яких полягає в тому, що кількість вимірювальних параметрів, періодичність і частота їх вимірювання визначається як технічним станом дорожньої машини, так і зовнішніми навантаженнями. Таким чином ми будемо мати

ПВС з топологічною та інформаційною адаптацією. Застосування «м'яких» вимірювань дозволить оптимізувати структуру ПВС і значно підвищити достовірність вимірювання основних інформативних параметрів динамічних режимів роботи дорожньої машини.

Використання «м'яких» обчислень в ПВС будемо розглядати не як окрему методологію, а як сукупність обчислювальних методологій, які колективно забезпечують основи для розуміння, конструювання і розвитку інтелектуальних систем (в нашому випадку інтелектуальних інформаційно-вимірювальних систем). У цій сукупності головними компонентами «м'яких» обчислень є нечітка логіка, нейрообчислення, генетичні обчислення та імовірнісні обчислення. Також при такому системному підході до «м'яких» обчислень будемо розглядати міркування на базі свідочств, мережі довіри, хаотичні системи і розділи теорії машинного навчання.

Як вказано в [2], порівняно з традиційними «жорсткими» обчисленнями, «м'які» обчислення більш пристосовані для роботи з неточними, невизначеними або частково дійсними даними. А при проведенні вимірювань параметрів у динамічних режимах роботи дорожньої машини ми маємо саме такий випадок. Керівним принципом «м'яких» обчислень є: «терпимість до неточності, невизначеності і часткової істинності для досягнення зручності маніпулювання, робастності, низької вартості рішення і кращої згоди з реальністю».

Кожна з методологій має багато можливостей для її використання в рамках «м'яких» обчислень, з метою підвищення ефективності ПВС. Нечітку логіку будемо розглядати як основу методів роботи з неточністю, зернистою структурою (гранульованою) вимірювальної інформації, наближених міркувань і, що найбільш важливе, обчислень зі словами. Нейрообчислення відображають здатність ПВС до навчання, адаптації й ідентифікації. У разі генетичних обчислень мова йде про можливість систематизувати випадковий пошук і досягати оптимального значення характеристик. Імовірнісні обчислення забезпечують базу для керування невизначеністю і проведення міркувань, витікаючих зі свідочств. Таким чином необхідно комплексно підходити до використання «м'яких» обчислень на кожному з етапів проведення вимірювань бортовою ПВС дорожньої машини.

В ході проведених досліджень [2, 3] підвищення ступеня інтелектуальності систем керування елементами ПВС досягається за рахунок використання математичного забезпечення підходів та методів, яке бурхливо розвивається в рамках теорії штучного інтелекту нового наукового напрямку, що отримав назву «м'які» обчислення.

Фундаментальною основою цього напрямку є теоретичні принципи формалізації знань, які використовуються при організації проектування і функціонування системи, з урахуванням їх неточності і невизначеності, а також їх алгоритмічна обробка при прийнятті рішень або виборі операцій підтримки цілеспрямованих дій.

У традиційних «жорстких» обчисленнях головними цілями є точність, визначеність і строгість результату. На противагу їм при організації «м'яких» обчислень виходять з тези, що досягнення цих цілей вимагає повного інформаційного опису всіх елементів обчислювального процесу, що в більшості випадків призводить до великих ресурсних і фінансових витрат, в ряді випадків – принципово неможливо. Тому завдання «м'яких» обчислень – забезпечення відповідності їх результату по відношенню до неточності та невизначеності оброблюваних інформаційних об'єктів.

У даній роботі розглянуто пропозиції щодо застосування нечітких концепцій в системі моніторингу режимів роботи і навантажень дорожніх машин та системи підтримки прийняття рішень в ПВС для гнучкого керування їх структурою.

Розглянемо нечіткий підхід у рамках концепції «м'яких» вимірювань при обробці вимірювальної інформації в системі підтримки прийняття рішень в системах керування режимами роботи ПВС дорожніх машин. Найважливіші апріорні відомості і дані про технічний стан дорожньої машини зовнішніх, а також динамічних навантажень, характеризуються значним рівнем неточності та невизначеності.

У загальному випадку об'єкт вимірювання (дорожня машина) складається із взаємозалежних і взаємодіючих систем і підсистем. Таку систему можна зобразити схемою (рис. 1).

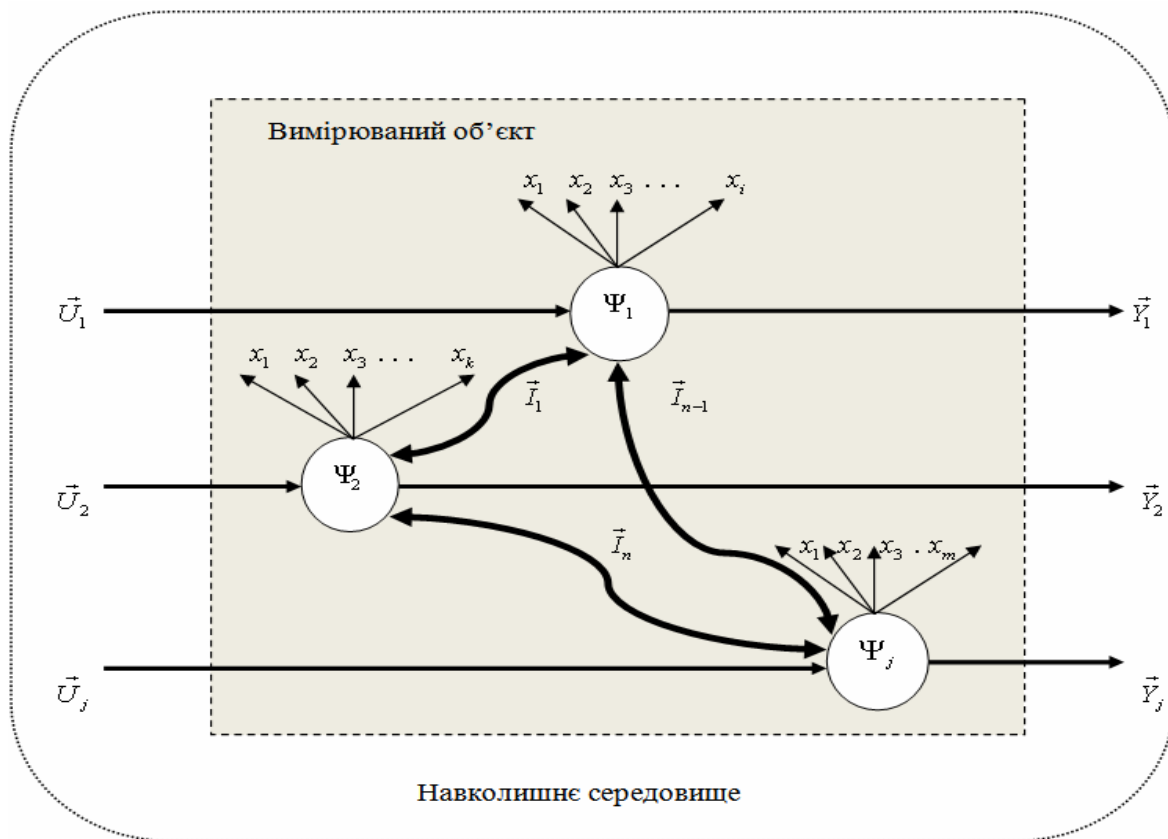


Рис. 1. Загальна схема вимірюваного об'єкта

Дорожня машина тісно взаємодіє з навколишнім середовищем. На рис. 1: ψ_1, ψ_2, ψ_j – оператори функціонування, які характеризують стан об'єкта, де j – кількість станів об'єкта вимірювання; $\bar{U}_1, \bar{U}_2, \dots, \bar{U}_j$ – вектори вхідних дій на систему; $\bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \dots, \bar{Y}_j$ – вектори реакції системи на вхідні дії на систему; $x_1, x_2, \dots, x_{i,k,m}$ – вимірювані параметри, що визначаються внутрішніми станами ψ_1, ψ_2, ψ_j системи. У процесі роботи системи між операторами функціонування ψ_j здійснюється інформаційний обмін $\bar{I}_1 \dots \bar{I}_{n-1}$.

Слід зауважити, що вид і характер взаємодії операторів функціонування системи ψ_j у процесі роботи динамічної системи буде змінюватися. Кожен оператор функціонування ψ_j характеризується кількома вимірюваними параметрами $x_1, x_2, \dots, x_{i,k,m}$. Оскільки оператори функціонування у процесі роботи інформативно тісно взаємопов'язані між собою, тому і вимірювані параметри також будуть впливати один на одного. Залежно від динаміки роботи об'єкта вимірювання кількість його станів буде змінюватися. Відповідно буде варіюватися і кількість операторів фун-

кціонування, а це приведе до зміни кількості вимірюваних параметрів і їх взаємозв'язку. У такій ситуації елементи отриманого в ПВС вектора вимірюваних параметрів формуються за наближеними оцінками, отриманими з інтелектуальної бази знань, сформованої на етапі проектування ПВС. База знань, формується експертами за результатами експериментальних досліджень динамічних режимів роботи дорожньої машини та зовнішніх навантажень, які на неї діють.

Ступінь невизначеності системи характеризується ентропією, як вказано в [4]. Ентропія тісно пов'язана з числом станів системи

$$H = k \log_2 P, \quad (1)$$

де k – постійна Больцмана; P – число станів системи.

У динамічному режимі роботи дорожньої машини ентропія системи змінюється як під впливом зовнішніх умов, що впливають на систему, так і залежно від технічного стану дорожньої машини. Зовнішні умови визначають стани, доступні системі і їх кількість.

Даний підхід застосовується як до вимірювання параметрів навколишнього середовища, так і безпосередньо при вимірюванні інформативних параметрів режимів роботи дорожньої машини. В подальшому будемо розглядати три види ентропії: ентропію навколишнього середовища, ентропію дорожньої машини й ентропію режимів роботи. Всі ці види ентропії необхідно враховувати при проектуванні ПВС. Оскільки вони при сукупності визначають достовірність та точність вимірювальної інформації. Це призводить до того, що, з метою досягнення максимальної точності і достовірності вимірювальних параметрів у кожному зі станів функціонування дорожньої машини (які визначаються її режимами роботи і технічним станом), необхідно проводити велику кількість вимірювань за кожним з вимірюваних параметрів. Виникає протиріччя між збалансованістю кількості вимірювальних параметрів, їх достовірністю і точністю.

Поряд із цим, як показали проведені експериментальні дослідження, для кожного функціонального стану можна виділити ряд характерних критичних, найбільш інформативних вимірюваних параметрів, які найбільш повно будуть його характеризувати. Залежно від технічного стану і режиму роботи ця кількість вимірюваних параметрів буде змінюватися відповідно до алгоритму функціонування ПВС. В основу функціонування алгоритму ПВС покладено принцип нечіткого керування.

Одним зі шляхів розвитку нечіткого підходу до формування оцінок вимірюваних параметрів є концепція «м'яких» вимірювань. Вона ґрунтується на принципах байєсівських інтелектуальних вимірювань, що поєднують у собі риси теоретико-імовірнісного підходу, байєсівського підходу і теорії нечітких множин. Фундаментальним поняттям тут є універсальна шкала. Вона розширює поняття традиційних шкал репрезентативною теорією вимірювань, як зазначено в [5], що служить основою теорії експертних оцінок, перш за все, тієї її частини, яка пов'язана з аналізом висновків експертів, виражених в якісному (а не кількісному) вигляді.

Основна ідея, що дозволяє сформувати нечіткі вимірювання, полягає у сполученні лінгвістичної шкали з основною шкалою за рахунок використання загального метричного

носія. Лінгвістична шкала виражається в термінах обмеженої природної мови і може бути представлена за допомогою лінгвістичних змінних. Лінгвістичні шкали відносяться до класу порядкових шкал, тобто шкал, на яких задається відношення порядку (наприклад, «більше-менше»). Основною шкалою вимірювання є шкала рівних відносин (метрична), або абсолютна шкала – ця шкала класифікує об'єкти або суб'єкти пропорційно ступеню вираженості вимірюваної властивості. У шкалах відносин класи позначаються числами, які пропорційні один до одного. Це передбачає наявність абсолютної нульової точки відліку.

Результатом «м'яких» вимірювань є обрані на заданій шкалі лінгвістичні значення, які оцінюються у процесі спостереження змінних. Реалізація таких вимірювань полягає в проектуванні всіх можливих вимірювань на універсальну множину деякої шкали. Ця шкала визначається на відомих елементах терм-множини лінгвістичних змінних і поставлено у відповідність конкретному вимірюванню. Для перетворення інформації використовується операція фазифікації. Ця операція дозволяє чітким значенням, отриманим в результаті безпосередніх вимірювань або їх вторинної обробки, приписати нечіткі множини як елементи відповідних терм-множин лінгвістичної змінної.

Функціонування ПВС ґрунтується на використанні знань про властивості об'єкта, умов і засобів вимірювання, а також процедур метрологічного аналізу та синтезу. Підвищення точності вимірювання і наявність здатності до адаптації досягається за рахунок вибору значень (оптимізації) керуючих параметрів вимірюваної процедури, фільтрації адитивних перешкод і корекції похибок результатів вимірювань.

Застосуємо цей підхід для нечіткого представлення початкових оцінок інформативних параметрів транспортного режиму роботи дорожньої машини, в якості якої виступає автогрейдер.

За результатами експериментальних досліджень було встановлено наступну динаміку змін режимів роботи автогрейдера: транспортний, слабонавантажений, середньонавантажений і сильнавантажений режими. Це викликано величиною динамічного наванта-

ження, що виникає при експлуатації автогрейдера, на робочому органі і силовому агрегаті, а також на ходовій частині. Кожен режим характеризується інформативними параметрами, за результатами вимірювань яких приймається рішення про той чи інший режим роботи.

В якості прикладу розглянемо транспортний режим. Транспортний режим використовується для переміщення автогрейдера від одного робочого місця до іншого. Характерними рисами цього режиму є велика швидкість руху 35–45 км/год і відсутність динамічних навантажень на робочий орган. У транспортному режимі найбільш навантажений силовий агрегат. Первинною інформацією є швидкість автогрейдера V , температура двигуна t °С, його вібрація f_b , а також кількість обертів колінчастого вала N . Значення f_b як результат безпосереднього вимірювання представимо нечіткою множиною з функцією приналежності μ_{f_b} , що визначається за формулою

$$\mu_{f_b}(v) = \sum_i^k \sum_j^n \min(p_{f_b}(v_{ij})), \quad (2)$$

де $p_{f_b}(v_{ij})$ – щільність розподілу ймовірності випадкової величини; j – кількість станів об'єкта вимірювання; i – кількість вимірюваних параметрів у кожному стані.

З іншими параметрами транспортного режиму зв'язуються відповідні лінгвістичні змінні: <ТЕМПЕРАТУРА>, <ШВИДКІСТЬ> і <КІЛЬКІСТЬ ОБЕРТІВ>. За результатами наближеного визначення і на основі заданих лінгвістичних змінних формуються нечіткі оцінки результатів «м'яких» вимірювань. Аналогічним чином виконуються вимірювання при інших режимах роботи автогрейдера, таких як: слабонавантажений, середньонавантажений і сильнавантажений режими. Для кожного режиму роботи будуть обрані інформативні параметри, які повною мірою охарактеризують стан об'єкта в даний момент часу.

Одним із найважливіших компонентів даного підходу є база знань, яка являє собою сукупність масиву даних про режими роботи дорожньої машини і зовнішніх динамічних навантажень. Ці масиви формуються за озна-

ками нечітких правил «якщо – то», які визначаються залежно від динамічних режимів роботи автогрейдера. Наведемо приклад одного з правил.

Спочатку встановлюється деяке значення навантаження на відвал автогрейдера, наприклад: $p_d = 0...0.8$; потім проводиться вимірювання поточного параметра – навантаження p_{d_1} . Якщо $p_{d_1} < p_d$, то приймається рішення про вимірювання наступного значення навантаження. Але якщо ця рівність не виконується, тоді повертаємося до вимірювання поточного навантаження. Далі, якщо $p_d < p_{d_2}$, де $p_{d_2} = 0,8$, то приймається рішення про наявність транспортного режиму роботи.

Залежно від обраного режиму роботи вибирається кількість вимірюваних інформативних параметрів для даного режиму 4: швидкість автогрейдера V , температура двигуна t °С, його вібрація f_b , кількість обертів колінчастого вала N . Також встановлюється періодичність вимірювання оціночних величин. У даному режимі роботи немає необхідності встановлювати малий період вимірювання інформативних параметрів, оскільки транспортний режим характеризується постійною швидкістю і навантаженням на двигун, відсутністю навантажень на робочий орган і раму автогрейдера, а вібрації будуть незначними. Таким чином ПВС буде формувати масив даних, який, залежно від режиму роботи дорожньої машини, буде постійно змінюватися.

За набором подібних нечітких правил буде прийматися рішення про керування елементами ПВС дорожньої машини відповідно до зовнішніх динамічних навантажень. Це дозволить значно знизити ентропію і відповідно підвищити достовірність вимірювання інформативних параметрів дорожньої машини та зовнішніх динамічних навантажень.

Висновки

Розроблений підхід створює методичну базу для проведення «м'яких» обчислень. Це може використовуватися в системах підтримки прийняття рішень з вибору режиму роботи в складних умовах експлуатації дорожньої машини.

Таким чином, розроблені рекомендації щодо використання «м'яких» вимірювань дозволяють використовувати всі переваги «м'яких» обчислень в реалізації вимірювальних процесів, збільшити цим самим точність та достовірність вимірювальної інформації і, як наслідок, значно підвищити ефективність ПВС дорожньої машини.

Використання «м'яких» обчислень дозволить надалі розробляти гнучкі універсальні вимірювальні алгоритми для інтелектуальних інформаційно-вимірювальних систем, структура яких буде адаптивною до режимів роботи дорожніх машин.

Література

1. Баловнев В.И. Выбор и прогноз эффективности работы дорожных машин / В.И. Баловнев // Наука и техника в дорожной отрасли. – М. : Дороги. – 2009. – № 3. – С. 37–40.
2. Нечаев Ю.И. Концепция мягких вычислений в бортовых интеллектуальных системах реального времени / Ю.И. Нечаев, Ю.Л. Сиек : материалы Междунар. научн. конф. по мягким вычислениям и измерениям, 10–14 июня 1999 г. Санкт-Петербург. – СПб, 1999. – С. 64–68.
3. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы : пер. с пол. / Д. Рутковская, М. Пилиньский. – М. : Горячая линия–Телеком, 2006. – 452 с.
4. Ціделко В.Д. Невизначеність вимірювання. Обробка даних і подання результату вимірювання : монографія / В.Д. Ціделко, Н.А. Яремчик. – К. : Політехніка, 2002. – 176 с.
5. Асаи К. Прикладные нечеткие системы: пер. с япон. / К. Асаи, Д. Ватада. – М. : Мир, 1993. – 368 с.

Рецензент: Л.І. Нефьодов, професор, д. т. н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 30 червня 2011 р.