

Обчислювальні методи і системи перетворення інформації, 4–5 жовтня, 2012. 2. Автоматы. Сб. статей / Под ред. К.Э. Шенона, Дж. Маккарти, перев. с англ. под ред. А.А. Ляпунова. – М.: ИИЛ, 1956. – 604 с. 3. Математика. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. Ю.В. Прохоров, 3-е изд. – М.: Большая Рос. энциклопедия, 1998. – 848 с. 4. Глушков В.М., Цейтлин Г.Е., Ющенко Е.Л. Алгебра. Языки. Программирование. – 2-е изд. перераб. – Киев: «Наукова думка», 1978. – 318 с. 5. Цейтлин Г.Е. Введение в алгоритмику. – К.: Сфера, 1998. – 310 с. 6. Овсяк В.К. Засоби еквівалентних перетворень алгоритмів інформаційно-технологічних систем / Овсяк В.К. // Доповіді Національної академії наук України. – 1996. – № 9. – С. 83–89. 7. Owsiak W., Owsiak A. Rozszerzenie algebry algorytmów // Pomiar, automatyka, kontrola. – 2010. – № 2. – S. 184–188. 8. Математическая энциклопедия. – Т.4. – М.: Советская энциклопедия, 1982. – 1216 стб. 9. Драган Я., Овсяк В., Сікора Л. Самоорганізація – принцип еволюції складних систем // Дух, наука, думка, воля поступу української економіки: Зб. праць. / Упоряд. І.В. Барановський. – Львів: Укр. акад. друк. 2001. – 64 с. – С. 29–31. 10. Математическая энциклопедия. – Т. 3. – М.: Советская энциклопедия, 1982. – 1184 стб. 11. Овсяк О.В. Рекурентно-декомпозиційна методологія інформаційних технологій і систем // Поліграфія і видавнича справа. – 2011. – № 3 (55). – С. 74–84.

УДК 621.372:538.56

В. Передерій¹, С. Бабичев², В. Литвиненко^{1,2}

¹Миколаївський національний університет ім. О.М. Сухомлинського,
кафедра комп'ютерних систем та мереж

²Херсонський національний технічний університет,
кафедра інформаційних технологій та комп'ютерних систем

ЗАСТОСУВАННЯ МЕРЕЖІ БАЙЄСА ДЛЯ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ ЗНАЧИМОСТІ ВПЛИВАЮЧИХ ФАКТОРІВ НА ЛПР В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ ПРИ ПРИЙНЯТТІ РЕЛЕВАНТНИХ РІШЕНЬ

© Передерій, В., Бабичев С., Литвиненко В., 2012

Розроблено Байєсівську мережу для оцінки ступеня значимості особистих і зовнішніх факторів, що впливають на прийняття релевантних рішень ЛПР в автоматизованих системах управління.

Ключові слова: особа що приймає рішення, прийняття релевантний рішення, особистісні і зовнішні фактори, Байєсовська мережа.

Developed and investigated Bayesian network designed to assess the significance of personal and external factors affecting the performance of the automated control system

Key words: individual decision-maker, decision-making relevant, personal and external factors, Bayesian network, the coefficients for the change in the probability factor

Вступ

Сучасні автоматизовані системи прийняття рішень характеризуються наявністю складного об'єкта управління з розподіленими параметрами, неоднорідних і інтенсивних інформаційних потоків, що надходять до користувача в режимі реального часу. Робота користувача системи під час управління технологічними об'єктами є напруженою, а наслідки помилок призводять до значного матеріального збитку, людських жертв тощо [1]. Внаслідок цього високу актуальність набуває

завдання створення моделей і алгоритмів, що дають змогу підвищити як безпеку функціонування автоматизованих систем управління, так і прийняття релевантних рішень під час управління складними технологічними об'єктами.

Постановка проблеми

У роботах [1–3] автори проаналізували основні причини порушення працездатності автоматизованих систем управління, до того ж показали, що однією з головних причин є людський фактор. Під час функціонування системи релевантність прийнятого рішення визначається впливом на особу, яка приймає рішення, сукупності зовнішніх і внутрішніх факторів. У літературі [1–4] детально розглянуті питання визначення комфортного робочого середовища користувача системи. У [5, 6] описані розробки з створення математичних моделей і алгоритмів, що дозволяють оцінити релевантність прийнятих рішень з урахуванням впливу зовнішніх і особистих факторів на безпеку роботи автоматизованих систем. У [7] автори розробили алгоритми формалізації взаємозв'язку зовнішніх факторів і психофункціональних характеристик користувачів на основі теорії нечітких множин і алгоритму клонального відбору для оптимізації релевантності прийнятих рішень. Однак водночас не було оцінено ступінь впливу і, як наслідок, ступінь значимості того чи іншого фактора.

Мета роботи

Розробка системи оцінки ступеня значимості особистих і зовнішніх факторів, що впливають на роботу автоматизованої системи управління, на основі мережі Байеса.

Виклад основного матеріалу

Байєсівські мережі являють собою графічні моделі подій і процесів на основі об'єднання деяких висновків теорії ймовірностей і теорії графів [8]. Основу байєсівської мережі становить пара $\langle G, B \rangle$, де перша компонента G – це спрямований ациклічний граф, що відповідає випадковим змінним, а друга B – множина параметрів, що визначають систему.

Повна загальна ймовірність байєсівської мережі обчислюється за формулою

$$P_B(X^{(1)}, \dots, X^{(N)}) = \prod_{i=1}^N P_B(X^{(i)} | P_A(X^{(i)})),$$

де A – множина станів середовища; $N = (x_1, \dots, x_N)$ – вектор параметрів їх розподілів.

Умовна ймовірність події визначається співвідношенням:

$$p(E | H_k) = \frac{p(E \cap H_k)}{p(H_k)}, \quad (1)$$

де E і H_k – пов'язані між собою змінні. Ця залежність дає змогу визначити, якою буде ймовірність події E , якщо має місце конкретна подія H_k .

Взаємовиключні події формують вичерпне, якщо

$$\bigcup_{i=1}^n E_i = \Omega. \quad (2)$$

Дві змінні не перетинаються, якщо вони не мають однакових значень. Теорія побудови мереж Байеса ґрунтується на припущенні, що події є вичерпними і не перетинаються. У цьому випадку ймовірність події можна обчислити за допомогою умовних ймовірностей:

$$p(E) = \sum_{i=1}^n p(E \cap H_i) = \sum_{i=1}^n p(E | H_i) \cdot p(H_i). \quad (3)$$

Використовуючи формулу (1), ймовірність перетину подій E і H можна виразити так:

$$p(E \cap H_k) = p(E | H_k) \cdot p(H_k) = p(H_k | E) \cdot p(E), \quad (4)$$

Звідки одержуємо:

$$p(H_k | E) = \frac{p(E | H_k) \cdot p(H_k)}{p(E)}. \quad (5)$$

Враховуючи (3) формулу (5) можемо записати так:

$$p(H_k | E) = \frac{p(E | H_k) \cdot p(H_k)}{\sum_{i=1}^n p(E | H_i) \cdot p(H_i)}. \quad (6)$$

- Мережа Байєса, формована на підставі формули (6), являє собою спрямований ациклічний граф, де кожен вузол являє собою змінну, а кожна дуга – імовірнісну залежність, зумовлену кількісно використанням умовного розподілу ймовірностей для кожного вузла. До складу мережі Байєса входять такі компоненти:

§ множина вузлів, що визначають компоненти системи;

§ множина спрямованих зв'язків між компонентами системи.

Визначення коефіцієнтів значимості того чи іншого фактора здійснювалося в два етапи:

- розраховувалися ймовірності вхідних факторів при апріорі заданої ймовірності вихідної змінної, до того ж ймовірності значень вихідної змінної змінювалися в максимально можливому діапазоні;
- визначався коефіцієнт максимальної зміни ймовірностей i -го параметра:

$$k_i = \frac{P_{i\max} - P_{i\min}}{\sum P}, \quad (7)$$

де $\sum P$ – сума значень ймовірностей значень i -го фактора за різних апріорі заданих значень вихідної змінної. Очевидно, що чим вищий коефіцієнт максимальної зміни ймовірностей, тим чутливіша система до цього вхідного параметра, отже, значимість цього параметра буде вагомішою.

В [7] представлені дослідження з оцінки релевантності прийнятого рішення з урахуванням особистісних і зовнішніх факторів, що впливають на роботу автоматизованої системи управління. Сукупність факторів, що впливають, була розділена на дві групи:

- 1) фактори, пов'язані з впливом навколишнього середовища користувача;
- 2) фактори, пов'язані з поточним психологічним станом користувача.

До першої групи належать:

- а) інтенсивність шуму I_N ;
- б) інтенсивність вібрацій I_V ;
- в) освітленість робочого місця E ;
- г) температура T ;
- д) вологість f ;
- е) атмосферний тиск P .

До складу групи факторів, пов'язаних з поточним психологічним станом користувача, входять:

- а) рівень інформаційної пропускну здатності I_0 ;
- б) ступінь втоми користувача F ;
- г) обмеженість часу прийняття рішення T_P ;
- д) невідповідність ступеня напруженості TS ;
- е) концентрованість уваги A .

Перша група факторів визначає рівень стану середовища S_c , друга група факторів визначає рівень стану людини S_p . Розв'язання поставленої задачі зводиться до знаходження максимуму цільової функції:

$$R_p = F(S_c^+, S_p^+) \rightarrow \max \quad (8)$$

Рівень стану навколишнього середовища і поточного стану користувачів своєю чергою також виражаються через первинні фактори відповідно до рівнянь:

$$S_c = f_1 \left(I_N^-, I_V^-, E^+, T^{+-}, f^+, \left(\frac{\Delta P}{\Delta t} \right)^- \right) \quad (9)$$

$$S_p = f_2 \left(I_0^+, F^-, T_p^-, TS^-, A^+ \right) \quad (10)$$

Підставивши (9) і (10) в (8), отримуємо цільову функцію автоматизованої системи підтримки прийняття рішень:

$$R_p = F \left[f_1 \left(I_N^-, I_V^-, E^+, T^{+-}, f^+, \left(\frac{\Delta P}{\Delta t} \right)^- \right)^+, f_2 \left(I_0^+, F^-, T_p^-, TS^-, A^+ \right)^+ \right] \rightarrow \max \quad (11)$$

У табл. 1 і 2 наведена формалізація факторів поточного стану навколишнього середовища і стану користувача у вигляді лінгвістичних змінних і термів. У разі виникнення складності у виборі одиниці вимірювання відповідної величини використовувалася рангова шкала, кожен діапазон якої відповідає ступеню прояву того чи іншого фактора.

Таблиця 1

Формалізація факторів стану навколишнього середовища в лінгвістичні змінні

Первинний фактор	Границі зміни	Терми лінгвістичної оцінки
I_N (дБА)	0–75	0-20 – «Н»(низький), 21-45 – «С»(середній), 46-75 – «В»(високий)
I_V (мм/с)	0–15	0-4 – «Н»(низький), 5-10 – «С»(середній), 11- 15 «В»(високий)
E (Лк)	0–600	0-200 – «Н»(низький), 201-400 – «С»(середній), 401-600 – «В»(високий)
T (°C)	10–40	10-17 – «Н»(низька), 18-25 – «С»(середня), 26-40 – «В»(висока)
f (%)	0–90	0-30 – «Н»(низька), 31-60 – «С»(середня), 61-90 – «В»(висока)
$\frac{\Delta P}{\Delta t}$ (мм рт. ст/доб)	0–15	0-3 – «Н»(низька), 4-7 – «С»(середня), 8-15 – «В»(висока)

Таблиця 2

Формалізація факторів поточного стану користувача в лінгвістичні змінні

Первинний фактор	Границі зміни	Терми лінгвістичної оцінки
I_0 (ранг)	0–15	0-5 – «Н»(низька), 6-10 – «С»(середня), 11-15 – «В»(висока)
F (ранг)	0–15	0-5 – «Н»(низька), 6-10 – «С»(середня), 11-15 – «В»(висока)
T_p (хвил)	0–60	0-5 – «В»(висока), 5-30 – «С»(середня), 30-60 – «Н»(низька)
TS (ранг)	0–15	0-5 – «Н»(низька), 6-10 – «С»(середня), 11-15 – «В»(висока)
A (ранг)	0–15	0-5 – «Н»(низька), 6-10 – «С»(середня), 11-15 – «В»(висока)

Для оцінки стану користувача системи була введена рангова шкала: «ДН» (дуже низька, $0 < R_p \leq 3$), «Н» (низька, $3 < R_p \leq 6$), «С» (середня, $6 < R_p \leq 9$), «В» (висока, $9 < R_p \leq 12$), «ДВ» (дуже висока, $12 < R_p \leq 15$).

Розв'язували задачу побудови мережі Байєса з використанням програмного середовища GeNIe 2.0 [9]. Під час побудови мережі Байєса в якості вхідних змінних використовувалися характеристики стану зовнішнього середовища і користувача, а в якості вихідної змінної релевантність прийнятих рішень користувачем системи. Для побудови структури зв'язків мережі використовувалися знання експерта в певній предметній області. Спочатку був побудований граф взаємного впливу факторів стану навколишнього середовища, поточного стану користувача та релевантності прийняття ним рішень. Потім цей граф був розширений за допомогою введення експертом візуальних зв'язків між елементами системи. Отримана структура мережі Байєса наведена на рис. 1. На рис. 2 показано Байєсову модель співвідношення вузлів мережі при високій релевантності.

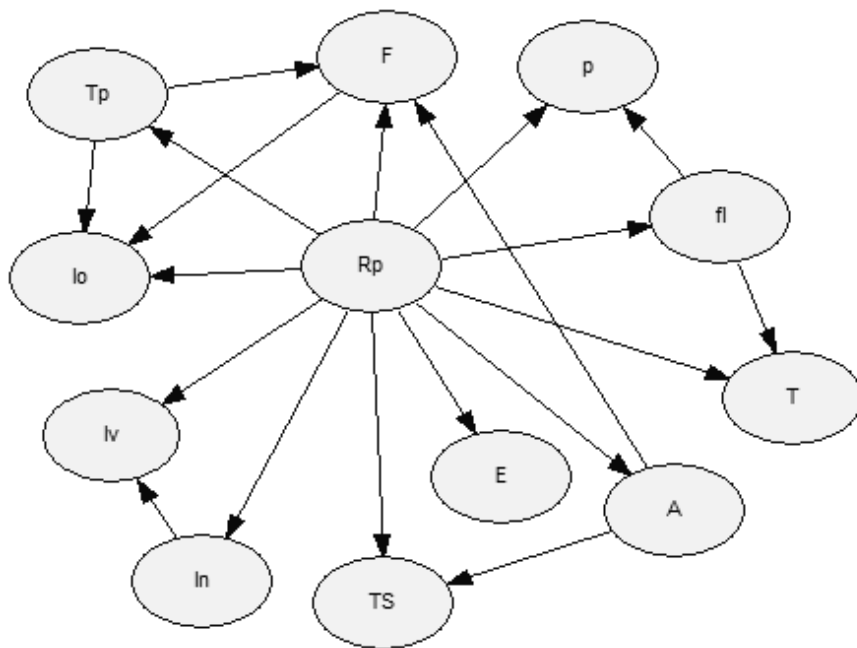


Рис. 1. Структура зв'язків мережі Байєса

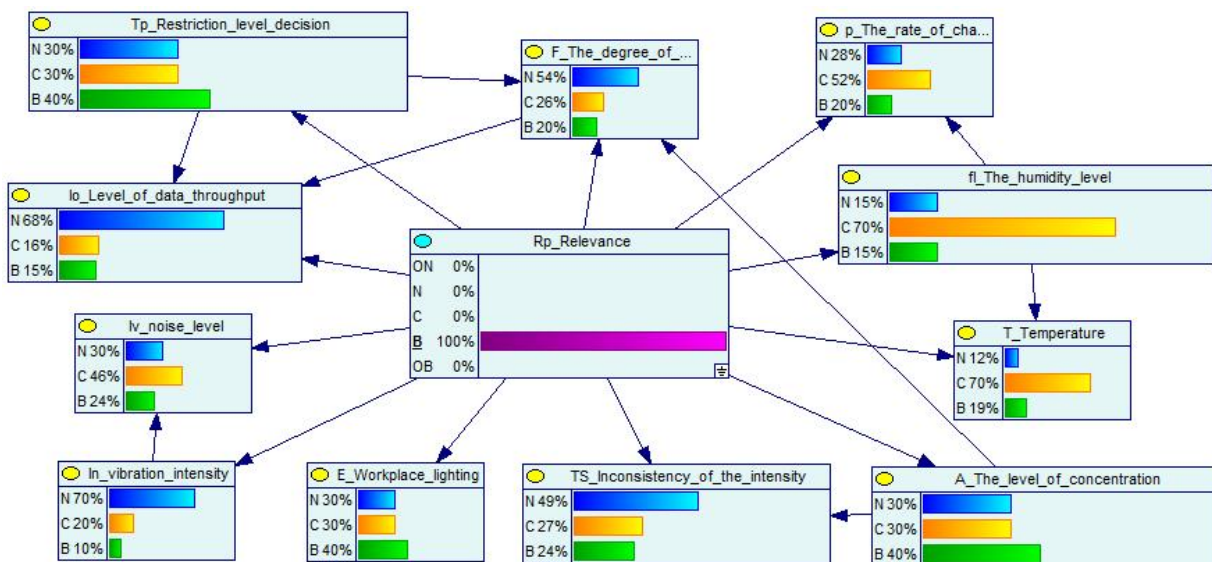


Рис. 2. Байєсова модель ймовірностей вузлів мережі при високій релевантності прийняття рішень ЛПП

Розподіл ймовірностей факторів стану середовища та стану користувача при крайніх діапазонах наведені в табл. 3. Значення коефіцієнтів максимальної зміни ймовірностей для відповідних факторів, розраховані за формулою (7), наведені в табл. 4. На рис. 3 показана гістограма розподілу коефіцієнтів.

Аналіз даних табл. 4 і гістограми дає змогу зробити висновок, що максимально значущі фактори, що впливають на релевантність прийняття рішення, є: інтенсивність шуму навколишнього середовища, інтенсивність вібрацій, рівень освітленості, ступінь втоми користувача, обмеженість часу прийняття рішень і рівень концентрації уваги користувача системи. Облік коефіцієнтів значущості факторів, що впливають, дозволяє підвищити точність оцінки релевантності прийнятих рішень користувачем у системі нечіткого логічного висновку шляхом урахування коефіцієнта значимості того чи іншого фактора. До того ж система буде чутливіша до більш значущих чинників і менш чутлива до факторів, коефіцієнт значимості яких мінімальний.

Таблиця 3

Розподіл ймовірностей факторів стану середовища та стану користувача при крайніх значеннях релевантності прийняття рішення користувачем системи

0 < R _p ≤ 3											
	I _N	I _V	E	T	f	$\Delta P / \Delta t$	I _o	F	T _p	TS	A
H	0	10	80	38	40	58	36	10	0	89	90
C	10	11	15	42	20	30	32	12	10	10	10
B	90	79	5	20	40	12	32	78	90	1	0
12 < R _p ≤ 15											
	I _N	I _V	E	T	f	$\Delta P / \Delta t$	I _o	F	T _p	TS	A
H	90	79	5	11	10	17	51	77	50	29	10
C	10	11	15	80	80	66	25	13	40	30	30
B	0	10	80	9	10	16	24	11	10	41	60

Таблиця 4

Значення коефіцієнтів максимального зміни ймовірностей для факторів, що впливають на релевантність прийняття рішень

Фактори стану середовища і стану користувача											
	I _N	I _V	E	T	f	$\Delta P / \Delta t$	I _o	F	T _p	TS	A
k	0,9	0,69	0,75	0,38	0,6	0,41	0,15	0,67	0,8	0,6	0,8

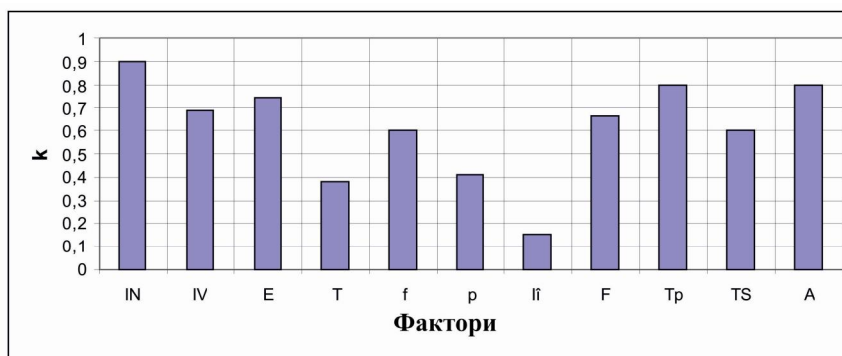


Рис. 3. Гістограма розподілу коефіцієнтів максимальної зміни ймовірностей впливаючих факторів

Висновки

У роботі розроблено модель урахування коефіцієнтів значущості факторів стану середовища та стану користувача при визначенні релевантності прийнятих рішень користувачем автоматизованої системи, заснована на мережі Байєса. Побудована Байєсова мережа, враховує характер взаємозв'язку між впливаючими факторами і релевантністю прийняття рішень користувачем. Дано рекомендації з обліку коефіцієнтів значущості факторів, що впливають на нечіткій системі визначення, що сприяє підвищенню об'єктивності при оцінці релевантності прийняття рішень користувачем системи. Надалі автори планують розробити комплексну систему визначення релевантності прийнятих рішень користувачем, засновану на мережі Байєса і системі нечіткого логічного висновку.

1. Человеческий фактор: В 6 т. Т. 2. Эргономические основы проектирования производственной среды: Пер. с англ. / Д. Джоунз, Д. Бродбент, Д.Е. Вассерман и др. – М.: Мир, 1991. – 500 с.

2. Справочник по инженерной психологии / Под ред. Б.Ф. Ломова. – М.: Машиностроение, 1982. – 368 с. 3. Шибанов Г.П. Количественная оценка деятельности человека в системах человек-техника. – М.: Машиностроение, 1983. – 263 с. 4. Шеридан Т.Б., Феррел У.Р. Системы человек-машина: Модели обработки информации, управления и принятия решений человеком-оператором: Пер. с англ. / Под ред. К.В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1980. – 400 с. 5. Передерий В.И., Еременко А.П. Математические модели и алгоритмы определения релевантности принимаемых решений с учетом психофункциональных характеристик пользователей при управлении автоматизированными динамическими системами // Автоматика, автоматизация, электротехнические комплексы и системы. – 2007. – № 2. – С. 34–40. 6. Передерий В.И., Еременко А.П. Математические модели и алгоритмы принятия релевантных решений в автоматизированных системах с учетом личностных и внешних факторов на базе генетических алгоритмов// Автоматика, автоматизация, электротехнические комплексы и системы. – 2008. – № 2. – С. 28–37. 7. Передерий В.И., Бабичев С.А., Литвиненко В.И. Применение алгоритма клонального отбора для принятия релевантных решений пользователями с учетом личностных и внешних факторов // Системні технології. Регіональний міжвідомстний збірник наукових праць. – Вип. 6(77). Дніпропетровськ, 2011. – С. 117–131. 8. Murphy K. A brief introduction to graphical models and Bayesian networks / Technical report 2001-5-10, department of computer science, University of British Columbia, Canada, May 2001. – 19 p. 9. <http://genie.sis.pitt.edu/>

УДК 620.3, 621.3

А. Пукач, В. Теслюк, Р.-А. Іванців, М. Лобур
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра систем автоматизованого проектування

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ДІАПАЗОНУ ЗНАЧЕНЬ ВЕЛИЧИНИ ВИМІРЮВАНОВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ

© Пукач А., Теслюк В., Іванців Р.-А., Лобур М., 2012

Розроблено метод визначення діапазону значень величини вимірюваного електричного опору, алгоритм і модель функціонування на основі кольорових мереж Петрі, та схемну модель підсистеми визначення діапазону значень величини вимірюваного електричного опору, які виступають ефективним інструментом під час розв’язання задачі вимірювання малих величин електричного опору в МЕМС.

Ключові слова: електричний опір, МЕМС, модель, кольорові мережі Петрі.

In this paper method for measured electric resistance value range determining, algorithm and functioning model based on colored Petri nets, and schematic model of measured electric resistance value range determining subsystem, that appears as effective tool for solving the problem of measuring small quantities of electric resistance in MEMS.

Keywords: electric resistance, MEMS, model, colored Petri nets.

Вступ

Широке впровадження у всі сфери людської діяльності технологій виготовлення мікроелектромеханічних систем (МЕМС) передбачає створення нових, або удосконалення вже існуючих [6] методів вимірювання малих величин електричного опору, зумовлених мікронними розмірами активних компонентів МЕМС [1–5]. Одним із способів покращання точності