

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОГО ГІБРИДНОГО КЛАСИФІКАТОРА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО ПОКАЗНИКА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ОПЕРАТОРА ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ

Обґрунтовано можливість застосування нечіткого гібридного класифікатора для визначення узагальненого показника функціонального стану людини-оператора ергатичних систем. Запропоновано використовувати 4-х шарову нейро-нечітку мережу для підвищення ефективності визначення відповідності функціонального стану людини-оператора заданим професійним вимогам.

Grounded possibility of application of unclear hybrid classifier for determination of the generalized index of the functional state of man-operator of the ergatic systems. It is suggested to utilize 4-layer neuro network with a pattern for the increase of efficiency determination of accordance of the functional state of man-operator to the set professional requirements.

Ключові слова: нечіткий гібридний класифікатор, узагальнений показник, функціональний стан, людина-оператор, ергатична система, нейро-нечітка мережа.

Вступ. Вирішення проблеми оцінки функціональних станів (ФС) людини-оператора значно загострилося в умовах технічного прогресу, коли різко збільшились навантаження на психіку людини та виникли умови для появи специфічних, екстремальних станів. Саме тому задачі зв'язку ФС і ефективності виконання діяльності, визначення найбільш досконалих способів діагностики ФС, механізмів його регуляції, математичної обробки і об'єктивного аналізу отриманих результатів займають провідне місце в сучасних дослідженнях в області інженерної психології, ергономіки, психології праці, медицині і фізіології.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В сучасній практиці оцінка функціональних станів стикається зі значними розбіжностями у формуванні і інтерпретації комплексу інформативних параметрів і способів їх обробки [1, 2]. Крім того, аналіз комплексу таких інформативних параметрів показує наявність великої кількості різнорідних значень, що вимірюються в порядковій шкалі, шкалах інтервалів, відношень і абсолютній шкалі. Переважна більшість існуючих методів обробки експериментально отриманої інформації не пристосована для врахування різнорідності (різношкальності) значень вимірних параметрів.

Метою даної статті є обґрунтування способу обробки багатовимірних даних окремих складових ФС оператора із застосуванням нечіткого гібридного класифікатора, який дозволяє врахувати різнорідність інформативних параметрів і нечіткість їх інтерпретації при визначенні узагальненого показника функціонального стану оператора ергатичних систем.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Стан людини неможливо охарактеризувати як просту зміну в протіканні окремих функцій чи процесів. Це складна системна реакція індивіда. Під "системою" при цьому розуміють сукупність взаємодіючих між собою елементарних структур чи процесів, поєднаних в одне ціле рішенням спільної задачі, яка не може бути виконана жодним з її компонентів [3, 4, 5].

Таким чином ФС людини змінюється з часом і не піддається опису за допомогою набору фіксованих параметрів. Роздільна обробка вимірних показників ФС і критеріїв їх оцінювання не завжди дозволяє дати однозначну інтерпретацію змінам ФС, що спостерігаються [6]. Багаторівневість функціонального стану, як системної реакції організму людини-оператора, задає різні напрями для його визначення.

Один з таких напрямків полягає в пошуку усталених конфігурацій фізіологічних відповідей для різних поведінкових ситуацій, що є базою для виділення інтегральних психофізіологічних показників для оцінки функціональних станів [1, 7, 8].

У психофізіології під інтегральними методами розуміють методи, що засновані на об'єднанні декількох методик визначення окремих показників або невеликої сукупності однорідних показників для виведення на їх основі умовної („штучної“) оцінки ФС людини.

Велика кількість факторів, від котрих залежить функціональний стан, а також різноманітність функцій, в яких проявляється його специфічність, є основною складністю у вирішенні задач оцінки і прогнозування ФС [9]. Вирішити ці задачі можна лише шляхом використання інтегральних методів визначення ФС [1, 10, 11].

Проблеми невизначеності і багатофакторності виникають як в середині кожної складової ФС, так і при згортці сукупності оцінок в інтегральний (більш коректно – узагальнений) показник ФС ($K_{\text{фс}}$).

Так, наприклад, за результатами аналізу джерел [1, 7, 9, 10] для характеристики ФС людини-оператора (ФСЛО) можна використати наступні показники (в позначеннях, прийнятих в психофізіології):

а) фізіологічні показники $\overset{\uparrow}{X}^{\Phi}$:

- частота серцевих скорочень (ЧСС), одиниця вимірювання – $\frac{1}{x\text{в}}$, шкала вимірювання –

відношення;

- артеріальний тиск (АТ) (систоличний СТ і діастолічний ДТ), одиниця вимірювання – мм.рт.ст., шкала вимірювання – інтервальна;
- латентний період простої сенсомоторної реакції (ЛПСР), одиниця вимірювання – мс., шкала вимірювання – інтервальна;
- частота виникнення спонтанних шкірногальваничних рефлексів (ШГР), одиниця вимірювання –

$\frac{1}{xv}$, шкала вимірювання – відношення;

б) психологічні показники \dot{Y}^{Π} :

- функціональна рухливість нервових процесів (ФРНП), одиниця вимірювання – мс., шкала вимірювання – інтервальна;
- мотивація діяльності (М), одиниця вимірювання – бали, шкала вимірювання – порядкова;

в) енергетичні показники \dot{Z}^E :

- максимальне споживання кисню (МСК), одиниця вимірювання – $\frac{мл}{xv \cdot кг}$, шкала вимірювання –

відношення.

З урахуванням вказаних показників ФСЛО блок-схему розрахунку $K_{\Phi C}$ можна представити у вигляді, зображеному на рис. 1.

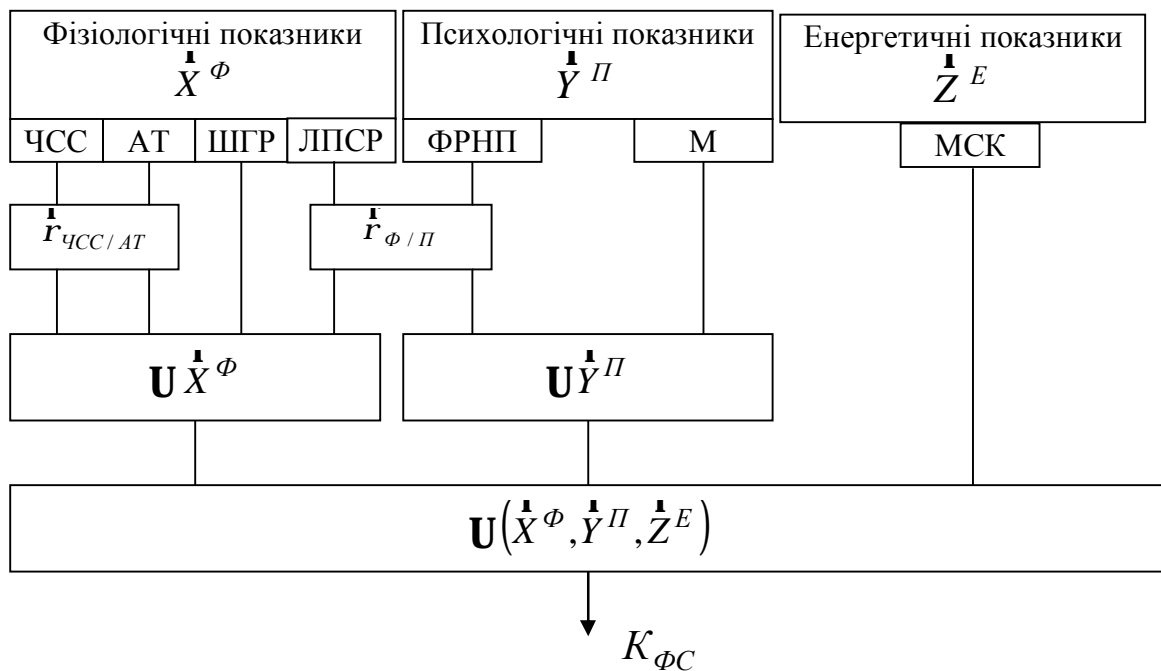


Рис. 1. Блок-схема розрахунку узагальненого показника ФС

На рис. 1 через $\Gamma^I_{ЧСС/АТ}$ та $\Gamma^I_{Φ/Π}$ враховуються експертні висновки про існування залежностей між окремими показниками однієї або кількох груп показників.

Для розв'язання задачі класифікації, тобто віднесення ФСЛО, що характеризується набором показників, до одного з декількох станів, пропонується застосувати так званий нечіткий гібридний класифікатор [12]. Такий класифікатор є системою, що об'єднує в структурному і функціональному відношеннях принципи нейронних мережних моделей і нечітку логіку обробки даних відповідно.

Поставлену задачу будемо вирішувати за допомогою 4-прошаркової нейро-нечіткої мережі, структурна схема якої приведена на рис. 2.

Перший прошарок А мережі створює на виході ступінь належності як міру відповідності виміряних показників ФСЛО $\{X, Y, Z\}$ заданим вимогам.

Запропонований варіант мережі розрахований на 3-рівневе нечітке оцінювання: „нижче норми” (нн або <), „норма” (нн або ≈), „вище норми” (вн або >). Типовий приклад функцій розподілення для вказаних лінгвістичних оцінок приведений на рис. 3.

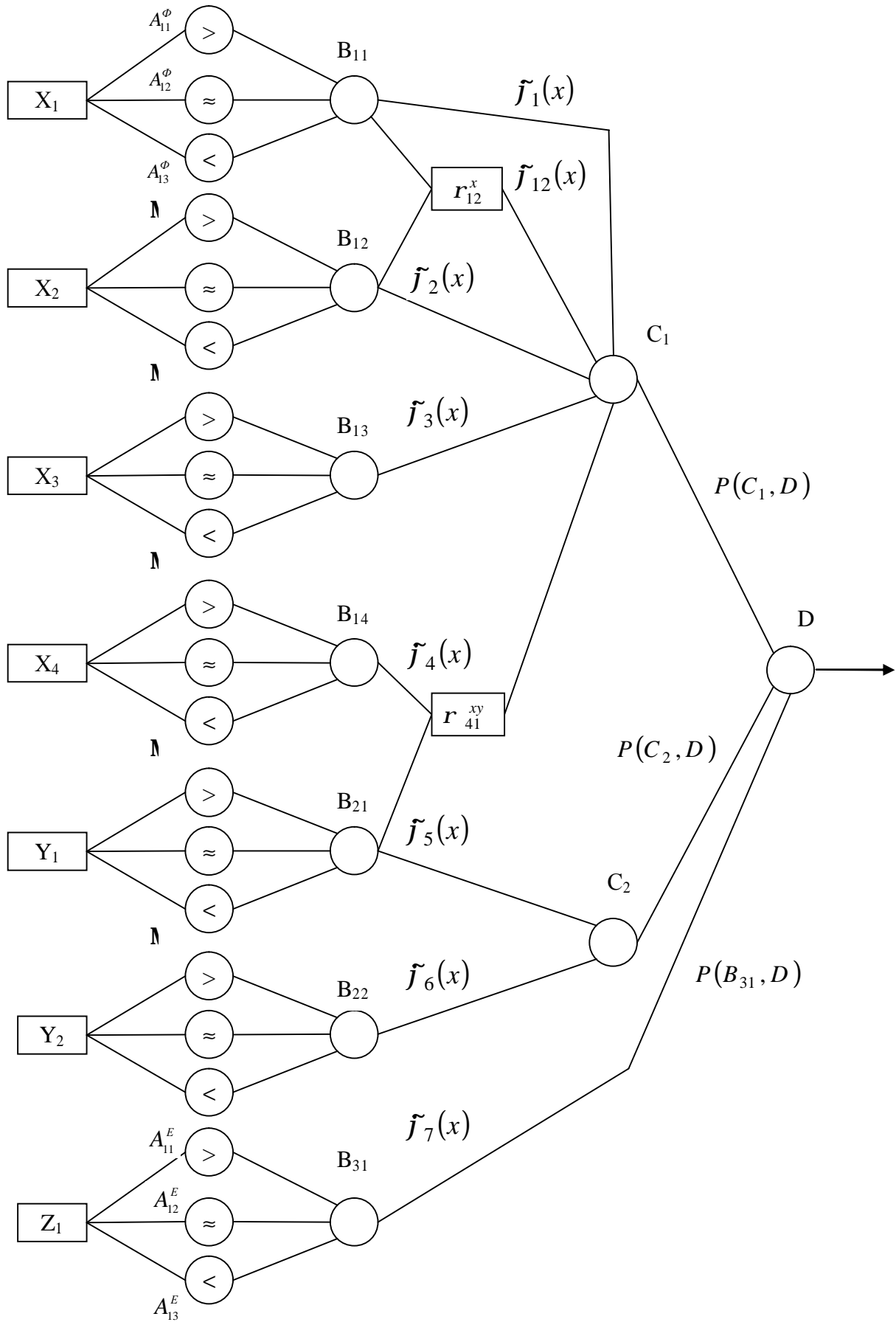


Рис. 2. Структурна схема прошаркової нейро-нечіткої мережі

При необхідності роздільна здатність такого класифікатора може бути підвищена, що тягне за собою збільшення числа нейронів в прошарку A , але не вплине на інші прошарки мережі та алгоритм її функціонування.

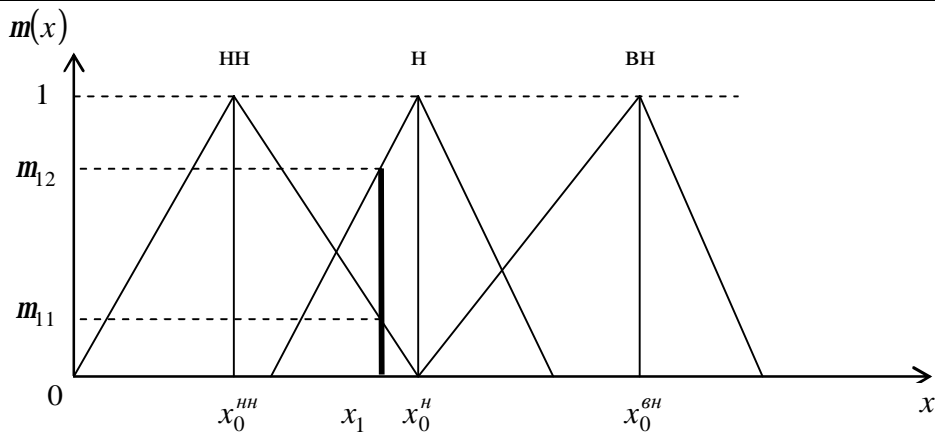


Рис. 3. Приклад функцій розподілення лінгвістичних оцінок

Другий прошарок B є об'єднуючим по кожному конкретному показнику $x_i (y_j; z_k)$ і потрібен для того, щоб врахувати можливість попадання i -го признаку одночасно в дві класифікаційні групи (як правило, з різним ступенем належності). Наприклад (див. рис. 3):

$$B_{11} = \mathcal{F}_1^{\%}(x) = \{A_{11}^{\phi} | m_{11}(x_1); A_{12}^{\phi} | m_{12}(x_1)\},$$

де m_{11} – міра відповідності результату вимірювання ЧСС вимозі „нижче норми”, m_{12} – міра відповідності результату вимірювання ЧСС вимозі „норма”.

Третій прошарок C призначений для об'єднання нечітких оцінок всередині кожної групи показників: фізіологічної \mathcal{X}^{ϕ} , психологічної \mathcal{Y}^{ψ} і енергетичної \mathcal{Z}^E . Особливістю зв'язків між 3 і 4-м прошарками є наявність всередині групових r_{ij}^x і міжгрупових r_{ij}^{xy} допоміжних функціональних елементів, що відображають факт функціональної залежності відповідних (i, j) показників. Введення допоміжних функціональних елементів дозволяє підвищити гнучкість і надійність роботи класифікатора в умовах можливої неповноти вимірювань з причини часових або технічних проблем у штатному режимі функціонування ергатичної системи.

Так, наприклад, ЧСС і АТ зв'язані через коефіцієнт ефективності кровообігу наступним емпіричним співвідношенням [13]:

$$2600 = (AT_{\max} - AT_{\min}) \cdot ЧСС \quad (1)$$

Тому при відсутності, наприклад, даних про АТ (x_2) на вхід нейрона C_1 подається оцінка АТ ($\mathcal{F}_{12}^{\%}(x)$)

$$\mathcal{F}_{12}^{\%}(x) = r_{12}^x \left[\mathcal{F}_1^{\%}(x) \right],$$

де r_{12}^x – оператор перетворення у відповідності з формулою (1).

Нейрони прошарку C – це стандартні нейрони, виходи яких формуються з використанням активаційних функцій сигмоїдального типу і трактуються як ступені належності (міри відповідності) фізіологічного (психологічного, енергетичного) стану людини-оператора заданим вимогам.

Четвертий прошарок D представлений єдиним нейроном, входами якого є зважені значення мір відповідності ФСЛО по кожній групі показників, а виходом – міра відповідності ФСЛО в цілому заданим вимогам.

Ваги зв'язків $P(C_i, D)$ між третім і четвертим прошарками визначаються експертами заздалегідь залежно від конкретного роду професійної діяльності і характеризують важливість тієї чи іншої групи показників для ефективного функціонування оператора в складі ергатичної системи.

Запропонована нейро-нечітка мережа може бути класифікована як синхронна багатопрошаркова гетерогенна мережа з локальними зв'язками, але без зворотних зв'язків. Останнє дозволяє зняти питання про динамічну врівноваженість нейромережі, що є важливою перевагою наведеної структури.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на підвищення достовірності функціонування нейро-нечіткого класифікатора за рахунок об'єктивного обґрунтування ваги міжпрошаркових зв'язків $P(C_i, D)$ та кореляційних залежностей r_{ij}^x і r_{ij}^{xy} .

Висновок. Запропоноване рішення для оцінки ФС людини-оператора із застосуванням нечіткого гібридного класифікатора доцільно покласти в основу методики розрахунку узагальненого показника ФС оператора в мобільному технічному комплексі діагностики.

1. Леонова А. Б. Психодиагностика функциональных состояний человека / Леонова А. Б. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 200 с.
2. Сравнительная информативность показателей функционального состояния организма спортсменов / А. В. Муравьев, Л. Г. Зайцев, М. И. Симаков, Е. П. Сулоев // Теория и практика физ. культуры. – 1996. – № 9. – С. 25–29.
3. Анохин П. К. Узловые вопросы теории функциональных систем. – М. : Наука, 1980. – 196 с.
4. Греченко Т. Н. Психофизиология / Греченко Т. Н. – М. : Гардарики, 1999. – 358 с.
5. Основы психофизиологии / под ред. Ю. И. Александрова. – М. : ИНФРА, 1998. – 432 с.
6. Горго Ю. П. Основы психофізіології : [навч. посібник] / Ю. П. Горго, Г. М. Чайченко – Херсон : Персей, 2002. – 248 с.
7. Горбунов В. В. Психофизиологические показатели, прогнозирующие успешность летного обучения / В. В. Горбунов // Физиология человека. – 1999. – Т. 25. – № 2. – С. 81–85.
8. Лях Ю.Е. Возможности психофизиологического прогнозирования успешности профессиональной деятельности / Ю. Е. Лях, Л. П. Середенко // Воен. – мед. журн. – 1989. – № 5. – С. 55–56.
9. Авиационная медицина / под ред. Н. М. Рудного и др. – М. : Медицина, 1986. – 80 с.
10. Безматерных Л. Э. Нормативность методов количественной оценки индивидуального здоровья : автореферат на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Безматерных Л. Э. – Барнаул, 1997. – 16 с.
11. Интегральная оценка работоспособности при умственном и физическом труде : [методические рекомендации]. – М.: Экономика, 1990. – 109 с.
12. Круглов В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / Круглов В. В., Дли М. И., Голунов Р. Ю. – М.: Физматлит, 2001. – 225 с.
13. Спортивная медицина / под ред. А. В. Чоговадзе. – М. : Медицина, 1984. – 330 с.

Надійшла 16.8.2011 р.

УДК 621.322

I.V. ТРОЦИШИН, О.П. ВОЙТЮК
Хмельницький національний університет

КВАНТОВА ТЕОРІЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ – ПРИНЦИПОВО НОВІ МОЖЛИВОСТІ В МЕТОДОЛОГІЇ ПОБУДОВИ ЦАП І АЦП

В статті розглянуто методологію побудови ЦАП і АЦП на принципах Квантової теорії вимірювань (вимірювального перетворення), які відкривають принципові нові можливості одночасного збільшення роздільної здатності вимірювальних шкал та досягнення максимальної швидкодії. Вперше наглядно показано на прикладі ієрархічної структури, що ЦАП і АЦП двійкового типу, які використовуються в сучасній техніці, мають найгірші показники кількості поділок на шкалі від кількості зразкових елементів (подільників). Наведено результати досягнення покращення роздільної здатності за однакової кількості однакових резисторів у 10–100 разів, у порівнянні з класичними двійковими.

In the article the methodology of the DAC and ADC on the principles of quantum theory of measurement (measuring conversion), which open new opportunities for fundamental simultaneous increase in the resolution of measurement scales and maximize performance. For the first time vividly illustrated by the hierarchical structures used in modern technology DAC and ADC binary type, have the worst number of divisions on the scale of the number of model elements (dividers). The results of achieving better resolution for the same number of identical resistors of 10-100 times compared to classical binary.

Ключові слова: квантова теорія вимірювань, ЦАП, АЦП, атенуатор-подільник Троцишина, методологія покращення характеристик перетворення.

Вступ

В наш час тотального інформаційного суспільства, коли всі потоки інформації утворюють цифрові сигнали, які базуються на принципах двійкової арифметики, і всі вхідні АЦП та вихідні ЦАП будь якої інформаційної системи є саме пристроями такого двійкового аналогово цифрового (АЦП), або цифро-аналогового (ЦАП) перетворень, ніхто не замислюється, а чи дійсно ми використовуємо всі можливості таких перетворень? Яскравим підтвердженням, що не всі можливі (квантові) значення вимірювальних шкал використовуються, є використання шкали відношень (методу коінциденції), який показує, що класична шкала є лише частковим випадком шкали коінциденції [1, 2].

В той же час, Квантова теорія вимірювань (КТВ) [1–3] не обмежуються досягнутим, і вказує, що можливими є всі точки як і квантовими значення відповідної вимірювальної шкали перетворення. В даній статті у популярній та наглядній формі будуть наведені результати, які не мають аналогів у світі, і вказують, що дійсно, КТВ та застосування її принципів та методології дозволяє відкрити принципово нові можливості для утворення вимірювальних шкал перетворення ЦАП і АЦП із багатократним збільшенням роздільної здатності.