

681.327.12

**М. М. Биков<sup>1</sup>**  
**В. В. Ковтун<sup>1</sup>**

## **ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ РОЗПІЗНАВАННЯ МОВЦІВ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ**

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

*Подано математичне обґрунтування надійності автоматизованої системи розпізнавання мовців критичного застосування з урахуванням її структурних особливостей та впливу параметрів каналу передавання мовного сигналу на можливість виникнення в останньому випадкових завад. Отримані результати дозволяють оптимізувати структуру системи і вибрати оптимальну тривалість паролльної фрази для підвищення достовірності автоматизованої системи розпізнавання мовців критичного застосування.*

**Ключові слова:** автоматизована система розпізнавання мовців критичного застосування, розпізнавання образів, надійність, кепстральний аналіз, згортальна нейромережа, мовний сигнал.

### **Вступ та постановка задачі дослідження**

Серед існуючих класів автоматизованих систем окреме місце займають так звані критичні системи (critical systems), які функціонують з високою надійністю і зберігають прогнозований її рівень протягом всього життєвого циклу автоматизованої системи незалежно від будь-яких зовнішніх обставин. Для створення критичних систем віддають перевагу перевіреним відомим методам та технологіям перед новітніми розробками, які не пройшли всебічної емпіричної перевірки. Ресурсозатратні технології, використання яких для розробки поточних автоматизованих систем є економічно не вигідним, допустимі для створення критичних систем, у них головним є надійність функціонування. Надійність автоматизованої критичної системи забезпечується, зокрема, надійністю підсистем, які входять до її складу і відповідають за контроль важливих для критичної системи функцій чи операцій. Контроль оператора критичної системи, зокрема його ідентифікація, для визначення прав допуску до виконання певних дій виконується автоматизованою критичною системою розпізнавання мовця критичного застосування.

Систему автоматизованого розпізнавання мовців критичного застосування в загальному вигляді можна віднести до широкого класу інформаційних систем, які є складними людино-машинними комплексами, що включають в себе ергатичні ланки, технічні засоби і програмне забезпечення. Основними показниками якості інформаційних систем є надійність, достовірність і безпека. Надійність — властивість системи зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування. Надійність — це комплексний показник, який включає в себе, зокрема, такі характеристики як безвідмовність, ремонтпридатність, безпеку і живучість [1].

Наявні методи [1—3] забезпечення надійності та достовірності інформаційних систем можна віднести до двох класів. До першого відносять методи, які забезпечують безпомилковість (безвідмовність) функціональних технічних, ергатичних і програмних ланок системи, тобто ті, які підвищують їх надійність. До другого — методи, які забезпечують виявлення і виправлення помилок, що виникають у інформації, якою оперує чи продукує система, тобто методи контролю достовірності інформації та її корекції.

Класично основними показниками надійності є ймовірність безвідмовної роботи і середній наробіток на відмову, які визначаються за відомими даними щодо відмов елементів, які входять до складу інформаційної системи. Однак для АСУ, інформаційних мереж, обчислювальної техніки та

інших подібних систем цих понять для характеристики надійності недостатньо, тому їх доповнюють такими поняттями як живучість і достовірність. Живучість — це властивість об'єкта зберігати працездатність (повністю або частково) в умовах несприятливих впливів, не передбачених нормативними умовами експлуатації. Живучість системи визначається не тільки тим, що вона може тривалий час безперервно без відмов працювати у нормальних умовах експлуатації, але також і тим, що система навіть у непередбачених несприятливих умовах експлуатації зберігала хоч обмежену працездатність. Під достовірністю розуміють, перш за все, якість інформації, яка видається інформаційною системою. Її оцінюють статистично, зводячи до таких показників як ймовірність бездефектної роботи і ймовірності виникнення помилок першого і другого роду.

Визначення надійності класичних автоматичних систем управління, як правило, зводиться до складання системи диференціальних рівнянь відповідно до графа станів системи, вибору початкових умов і розрахунок показників її надійності. Для моделювання систем використовують [2—6], зокрема, метод Монте-Карло, модель Шіка–Волвертона, модель Муса, модель перехідних імовірностей, марковські моделі тощо.

Специфіка структурної організації автоматизованих систем розпізнавання мовців критичного застосування і використання у складі таких систем класифікаторів на основі нечіткої логіки або штучних нейромереж різних типів, вимагає відповідного формулювання функції визначення надійності. Також необхідно описати вплив каналу отримання інформації системою та його вплив на якість мовних сигналів, з якими працюватиме система розпізнавання.

*Метою статті є* отримання вищезгаданих залежностей та формулювання способів їх практичного використання.

### Математична постановка визначення надійності автоматизованої системи розпізнавання мовців критичного застосування

Розглянемо задачу розпізнавання мовців у загальному вигляді. Нехай існує множина мовців  $D_i$ , які об'єднуються у алфавіт розпізнавання  $A = \{D_i\}_{i=1}^M$ , де  $M$  — кількість мовців, яких розпізнаватиме автоматизована система. Класифікатор автоматизованої системи розпізнавання мовців критичного застосування  $D(x)$  виконує процедуру класифікації, використовуючи функцію, яка ставить у відповідність вектору альтернатив  $\vec{a}(a_1, \dots, a_k, \dots, a_M)$  образ мовця  $x$  у просторі інформативних ознак. Кожна  $k$ -та альтернатива  $a_k$  описується індексом класу  $i_k \in \{1, \dots, M\}$  і оцінкою належності об'єкта розпізнавання до цього класу  $o_k \in [0, 1]$ . Альтернативи у векторі  $\vec{a}$  упорядковані за спаданням значення оцінки належності  $o_k$ , отже,  $o_1 = \max_{k \in \{1, \dots, M\}} o_k$  і  $o_1 \geq o_2 \geq \dots \geq o_M$ . Задачею класифікатора є знаходження індексу класу із максимальною оцінкою приналежності, тобто  $i_1$ .

Традиційно основною характеристикою якості роботи автоматизованої системи розпізнавання мовців критичного застосування вважають достовірність розпізнавання, для визначення якої необхідно оцінити імовірності виникнення помилок першого  $\alpha_{sr}^{(1)}$  (мовця розпізнано правильно, проте, результат визнано недостовірним) та другого роду  $\alpha_{sr}^{(2)}$  (мовця розпізнано помилково, проте, результат визнано достовірним) системи розпізнавання. Виберемо значення вагового показника  $W_{sr}^{(1)}$  для оцінювання ваги помилки першого роду та показник  $W_{sr}^{(2)}$  для оцінювання ваги помилки другого роду. Ефективність автоматизованої системи розпізнавання мовців критичного застосування визначається можливістю її класифікатора мінімізувати суму помилок першого та другого роду

$$\alpha_{sr}^{(1)} W_{sr}^{(1)} + \alpha_{sr}^{(2)} W_{sr}^{(2)} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $\alpha_{sr}^{(1)}$ ,  $\alpha_{sr}^{(2)}$  — імовірності виникнення помилок першого та другого роду відповідно.

Для комплексного оцінювання надійності автоматизованої системи розпізнавання мовців критичного застосування необхідно визначити множину ознак оцінювання достовірності результату роботи системи  $P = \langle p_1(\vec{a}), p_2(\vec{a}), \dots, p_l(\vec{a}), \dots, p_N(\vec{a}) \rangle$ . В якості таких ознак можуть виступати будь-які визначені функції від вектора альтернатив, за значенням яких можна оцінювати достовір-

ність результатів розпізнавання. Найбільш очевидними ознаками надійності є значення оцінок першої та другої альтернатив  $p_{sd}(\vec{a}) = o_1$  та  $p_{sd}(\vec{a}) = o_2$ , відповідно. Причому чим більше значення оцінки першої альтернативи  $p_{sd}(\vec{a})$ , тим достовірніший результат розпізнавання, при тому, що для другої альтернативи  $p_{sd}(\vec{a})$  ситуація супротивна — чим менше значення другої альтернативи — тим достовірніший результат розпізнавання. В цілому, врахування оцінок альтернатив на достовірність результатів розпізнавання системи можна узагальнити у вигляді ентропійної функції оцінювання альтернатив

$$p_e(\vec{a}) = -\sum_{k=1}^M \frac{o_k}{O(\vec{a})} \ln \frac{o_k}{O(\vec{a})}, \quad (2)$$

де  $O(\vec{a}) = \sum_{k=1}^M o_k$ . Значення функції (3) відхиляється від нуля тим більше, чим менша різниця між значеннями оцінок альтернатив.

Емпіричне визначення надійності автоматизованої системи розпізнавання проводиться з допомогою аналізу множини результатів розпізнавання  $B = \{i_c, \vec{a}\}$ , де  $i_c \in \{1, \dots, M\}$  — істинний індекс класу мовця, яка містить підмножину правильних результатів розпізнавання  $B_c = \{(i_c, \vec{a}) | (i_c, \vec{a}) \in B \wedge i_1 = i_c\}$ , де  $i_1$  — індекс класу першої альтернативи вектора  $\vec{a}$ , та підмножину хибних результатів розпізнавання  $B_e = B \setminus B_c$ .

Враховуючи сказане, сформулюємо загальний вигляд шуканої функції надійності системи розпізнавання як

$$\text{rel}(\vec{a}) = r_0 + \sum_{l=1}^N c_l p_l(\vec{a}), \quad (3)$$

де  $p_l(\vec{a})$  —  $l$ -та ознака оцінювання достовірності результату роботи системи,  $N$  — їх кількість,  $c_l \in R$  — коефіцієнти функції надійності,  $r_0 \in \{-1, 0, 1\}$  — вільний член функції надійності.

Отже, враховуючи (1)–(3), сформулюємо задачу оцінювання надійності автоматизованої системи розпізнавання мовців критичного застосування як задачу оптимізації функції ваги помилки:

$$W_{sr}(B, C, r_0) = \sum_{\langle i_c, \vec{a} \rangle \in B} \left( W_{sr}^{(1)} v(i_c, \vec{a}) (1 - R(\vec{a})) + W_{sr}^{(2)} v(i_c, \vec{a}) R(\vec{a}) \right) \rightarrow \min, \quad (4)$$

де  $c_{l1} \leq c_l \leq c_{l2}$  — границі зміни значень  $c_l$  коефіцієнта функції надійності,

$v(i_c, \vec{a}) = \begin{cases} 1 \rightarrow i_1 = i_c; \\ 0 \rightarrow i_1 \neq i_c \end{cases}$  — бінарна функція перевірки належності образу, що розпізнається, множині  $B$ ,

$R(\vec{a}) = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{rel}(\vec{a}) \geq 0; \\ 0 \rightarrow \text{rel}(\vec{a}) < 0 \end{cases}$  — правило прийняття результату розпізнавання достовірним.

### Імовірнісне оцінювання наявності випадкових завод у мовному сигналі, який використовується системою розпізнавання

На вхід автоматизованої системи розпізнавання мовців критичного застосування надходить мовний сигнал, який є сумішшю інформативного мовного сигналу із шумами. Слід зазначити, що інформативна для системи розпізнавання складова мовного сигналу має не випадковий характер, що і дозволяє її використання для розпізнавання мовців, тоді як шуми можна також розділити на випадкові та не випадкові (наприклад, тоновий сигнал лінії зв'язку), останніх потрібно просто прибавитись, застосувавши фільтри низьких/високих частот або смугові. Вплив же випадкових шумів на інформаційну складову мовного сигналу вимагає окремого дослідження.

Вважатимемо, що завади у мовному сигналі носять випадковий характер протягом всього часу звучання мовного сигналу  $T$ , при чому збільшення часу звучання природно збільшує і ймовірність встановлення факту присутності завод у мовному сигналі. Якщо значення випадкового процесу  $z(t)$ , який описує наявність завади у мовному сигналі, описується нормальним законом роз-

поділу, то ймовірності помилок першого  $\alpha_{kz}^{(1)}$  та другого роду  $\alpha_{kz}^{(2)}$  з урахуванням тривалості звучання мовного сигналу  $T$  можна описати залежностями

$$\alpha_{kz}^{(i)} = 1 - F\left(\frac{z_0(T) - m_{z_i}(T)}{\sigma_{z_i}(T)}\right), \quad i = \{0, 1\}, \quad (5)$$

де  $F(\dots)$  — функція Лапласа;  $m_{z_i}(T) = m_{z_i} + \sigma_{mT}$ ;  $\sigma_{z_i}(T) = \sigma_{z_i} + \sigma_{z^2T}$  — оцінка значення математичного сподівання/середньоквадратичного відхилення процесу  $z(t)$  за наявності у мовному сигналі завад, характерних для виникнення помилок  $i$ -го роду, а  $m_{z_i}$  — дійсне значення математичного сподівання/середньоквадратичного відхилення процесу  $z(t)$  за наявності у мовному сигналі завад, характерних для виникнення помилок  $i$ -го роду,

$$z_0(T) = \frac{m_{z_1}(T) + m_{z_2}(T)}{2} + \frac{\sigma_z^2(T)}{m_{z_2}(T) - m_{z_1}(T)} \ln \frac{p_a}{1 - p_a} — \text{порогове значення для винесення висновку}$$

щодо присутності випадкових завад у мовному сигналі, а  $p_a$  — апіорна імовірність присутності завад у мовному сигналі.

Дисперсія оцінки математичного сподівання за середньоінтегральним значенням значень на часовому інтервалі  $T$  дорівнює [7]

$$\sigma_{mT}^2 = \frac{2\sigma_z^2}{\alpha^2 T^2} (\alpha T - 1 + e^{-\alpha T}). \quad (6)$$

За відомого математичного сподівання процесу  $z(t)$  дисперсія оцінки для середньоінтегрального значення процесу  $z^2(t)$  дорівнює

$$\sigma_{z^2T}^2 = \frac{\sigma_z^4}{\alpha^2 T^2} (2\alpha T - 1 + e^{-2\alpha T}). \quad (7)$$

Отже, розрахувавши відношення (6) та (7) за заданих значень  $\alpha$ ,  $\sigma_z$  і  $T$ , можна використати результати розрахунків для обчислення значень  $m_{z_i}(T)$  та  $\sigma_{z_i}(T)$ , які за встановлених в результаті діагностики значень  $m_{z_i}$  та  $\sigma_{z_i}$  каналу зв'язку, яким надходить мовний сигнал, і заданому значенні  $p_a$  дозволить за допомогою (5) встановити імовірності виникнення помилок першого та другого роду зі встановленням факту наявності випадкових завад у мовному сигналі, який використовуватиметься автоматизованою системою розпізнавання мовців критичного застосування.

### Експериментальні дослідження та аналіз отриманих результатів

Емпіричне дослідження запропонованих у статті математичних результатів проводилося на основі створеної авторами автоматизованої системи розпізнавання мовців критичного застосування за сформульованою авторами методою із використанням всесвітньовідомої бази мовних записів, яку застосовують для тестування систем розпізнавання мовців. Детальний опис етапів експерименту та аналіз результатів наведено далі.

Структура авторської автоматизованої системи розпізнавання мовців критичного застосування включає блок попереднього опрацювання мовного сигналу, блок виділення інформативних для розпізнавання мовця ознак та блок прийняття рішень на їх основі. Навчання класифікатора із блока прийняття рішень відбувається, відповідно на етапі навчання системи, в результаті якого утворюються еталонні образи класів мовців у просторі інформативних ознак.

Детальніше функції згаданих структурних елементів системи розкриваються так. У блоці попереднього опрацювання мовного сигналу відбувається нормалізація тривалості його звучання, сегментація на інформативні для розпізнавання мовця відрізки та попередня фільтрація для виключення періодичних завад. У блоці виділення інформативних для розпізнавання мовця ознак вектор значень, який утворився із мовного сигналу після етапу попереднього опрацювання, поділяється на кадри, тривалістю 20 мс, з кожного з яких виділялися миттєві значення частоти та періоду ос-

новного тону, середнє значення енергії сигналу та 12 кепстральних коефіцієнтів, 12 дельта-коефіцієнтів (перша похідна) і 12 подвійних дельта кепстральних коефіцієнтів (друга похідна). Гребінка 20 трикутних смугових фільтрів перекривала частотний діапазон 40...8000 Гц, координати точок фільтрів визначалися так, щоб кожна пара фільтрів перекривалася на половину і на викривленій частотній шкалі кожен фільтр починався і закінчувався в центрі сусідньої фільтра. В цілому вектор інформативних ознак включав 40 значень. У блоці прийняття рішень автори реалізували згортальну нейромережу [8, 9], архітектура якої показана на рис. 1. Практичну реалізацію загортальної нейромережі глибокого навчання виконано засобами кросплатформних бібліотек Caffe [10] з відкритим програмним кодом. На розпізнавання мовців нейромережу навчено з використанням алгоритму стохастичного градієнтного спуску (Stochastic Gradient Descent Algorithm) [11].

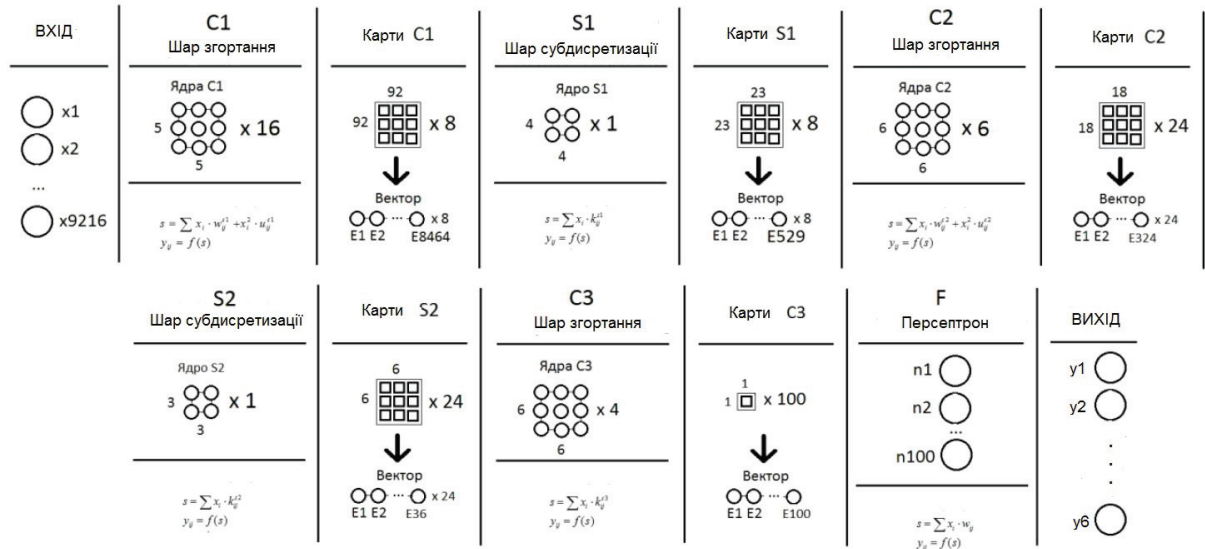


Рис. 1. Архітектура згортальної нейромережі блока прийняття рішень автоматизованої системи розпізнавання мовців критичного застосування

Як база еталонних записів, які подавалися на вхід автоматизованої системи розпізнавання мовців критичного застосування, використано записи з безкоштовної бази даних NOIZEUS [12] — спеціалізованої бази даних Школи інжинірингу та комп'ютерних наук Еріка Джонсона при Університеті Техасу в Далласі, США, яка використовується для дослідження алгоритмів покращення звуку і складається з 30 речень англійської розмовної мови, вимовлених трьома чоловіками та трьома жінками (по 5 на кожного диктора, частота дискретизації записів складає 25 кГц, але задля додавання шуму була зменшена до 8 кГц) та записів типових побутових та техногенних шумів. В ході експерименту автоматизовану систему розпізнавання мовців критичного застосування навчали як записами чистих паролних фраз, так і паролними фразами з додаванням шумів. В першому випадку навчальна вибірка містила 18 паролних фраз, у другому — 576, де до чистого сигналу додавався штучний шум з рівнями шум/сигнал 0 дБ, 5 дБ, 10 дБ, 15 дБ, відповідно. Для навчання нейромережі використано 60 % обсягу бази аудіозаписів, в яку увійшли екземпляри записів без шумів та з різним рівнем шум/сигнал (5, 10, 15 дБ, відповідно). В тестуванні вибірка складала решту 40 % аудіозаписів.

Авторами визначені оптимальні значення коефіцієнтів функції ваги помилки (4), яку використано для формулювання остаточного висновку щодо особи мовця. Результати експерименту представлено у просторі помилок першого та другого роду на рис. 2 за варіювання значень вільного члена функції ваги помилки  $r_0$ .

Також на рис. 2 показано криву якості розпізнавання без використання функції (4). Як впливає з рисунка, варіювання значенням вільного члена функції  $r_0$  дозволяє змінювати чутливість процедури класифікації, і в цілому використання функції (4) для формулювання остаточного результату процедури класифікації дозволяє покращити якість роботи автоматизованої системи розпізнавання мовців критичного застосування.

Визначимо імовірності виникнення випадкових завад у мовному сигналі  $\alpha_{kz}$ , прийнявши для цього значення  $\alpha = 0,043$ ,  $\sigma_z = 0,43$  і взявши характеристики каналу зв'язку  $m_{z_1} = 4,5$ ,  $m_{z_2} = 12$ ,

$\sigma_{z_1} = 1,5$ ,  $\sigma_{z_2} = 1,5$ . Далі розрахуємо значення  $\sigma_{mT}^2$  і  $\sigma_{z^2T}^2$ , скориставшись рівняннями (6) та (7), відповідно, і обчислимо значення  $\alpha_{kz}$  за виразом (5) за варіювання значень тривалості мовного сигналу  $T$  і значень апіорної імовірності присутності завад у мовному сигналі  $p_a$ . Результати розрахунків у графічній формі подані на рис. 3.

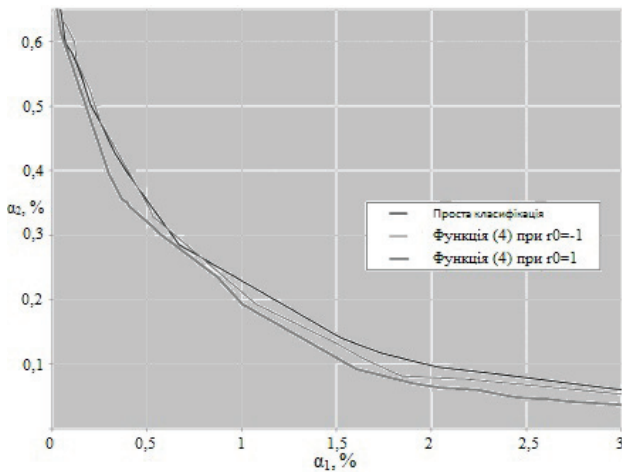


Рис. 2. Залежність імовірностей виникнення помилок першого та другого роду від застосованої функції пост опрацювання результатів класифікації

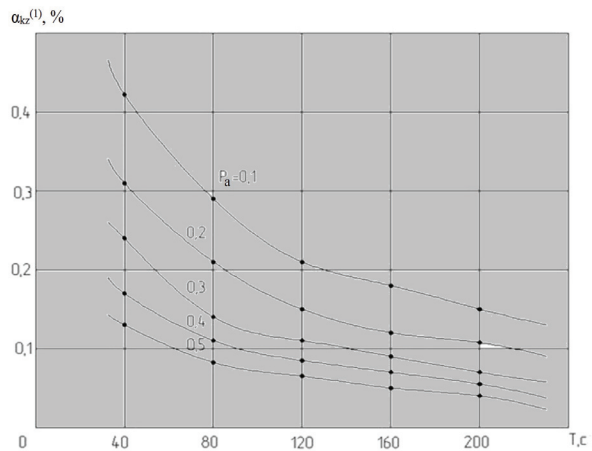


Рис. 3. Залежність імовірностей присутності завади у мовному сигналі від його тривалості

Використовуючи рис. 3, можна вибрати оптимальну тривалість мовного сигналу парольної фрази, яка використовуватиметься для розпізнавання мовців, з позиції мінімізації можливих випадкових завад і зайвої тривалості, адже час на опрацювання сигналу блоками попереднього оброблення і виділення інформативних ознак зростають зі збільшенням його тривалості.

### Висновки

Отже, авторами розглянуто проблему дослідження надійності автоматизованої системи розпізнавання мовців критичного застосування, як центральну для систем цього типу. Для оцінювання надійності авторами сформульовано математичну модель надійності такої системи, яка дозволяє оптимізувати вагу помилок першого та другого роду, варіюючи такими параметрами системи як характеристики еталонної бази, інформативність ознак для розпізнавання мовців, роздільна здатність класифікатора та параметри каналу передавання мовного сигналу до системи. Адекватність поданих авторами математичних перетворень підтверджена емпірично із залученням автоматизованої системи розпізнавання мовців критичного застосування, в якій мовний сигнал описується 40 інформативними ознаками, а рішення щодо особи мовця приймається загортальною нейромережею глибокого навчання.

Застосування отриманої авторами функції оцінювання надійності для постопрацювання результатів розпізнавання дозволяє знизити імовірності виникнення помилок першого та другого роду і вибрати оптимальну тривалість парольної фрази, що скорочує час на її попереднє опрацювання системою і виділення з неї інформативних ознак. Окремо зазначимо, що маніпулюючи значенням коефіцієнта  $r_0$  функції надійності (3), можна маніпулювати чутливістю системи і встановлювати допустимі рівні виникнення помилок першого роду (надання допуску особі, якої немає серед множини мовців, на розпізнаванні яких навчалася система) і другого роду (переплутування системою мовців, які, проте, присутні у множині, на розпізнаванні яких навчалася система).

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основы теории надежности автоматических систем управления : учеб. пособие для вузов / [Л. П. Глазунов и др.] — Л. : Энергоатомиздат, ленингр. отд-ние, 1984. — 208с. : ил.
2. Дружинин Г. В. Надежность автоматизированных производственных систем / Г. В. Дружинин. — М. : Энергоатомиздат, 1986. — 480 с. : ил.
3. Ястребенецкий М. А. Надежность автоматизированных систем управления технологическими процессами: учеб. пос. для ВУЗов / М. А. Ястребенецкий, Г. М. Иванова. — М. : Энергоатомиздат, 1989. — 264 с. : ил.
4. Матвеевский В. Р. Проектирование и надежность устройств автоматики и телемеханики : учеб. пос. / В. Р. Матвеевский. — М. : МИЭМ, 1990. — 96 с. : ил.

5. Матвеевский В. Р. Надежность технических средств управления : учеб. пос. / В. Р. Матвеевский. — М. : МГИЭМ, 1993. — 92 с.
6. Чистяков В. П. Курс теории вероятностей : учеб. пос. для студентов ВТУЗов / В. П. Чистяков. — М. : Наука, 1978. — 224 с.
7. Виленкин С. Я. Статистические методы исследования систем автоматического регулирования / С. Я. Виленкин. — Москва : Сов. радио, 1967. — 184 с.
8. Perceptual Linear Predictive (PLP) Analysis of Speech [Electronic resource]. — Access mode : <http://seed.ucsd.edu/mediawiki/images/5/5c/PLP.pdf>.
9. CS231n: Convolutional Neural Networks for Visual Recognition [Electronic resource]. — Access mode : <http://cs231n.github.io/convolutional-networks/>.
10. Caffe. Deep Learning Framework [Electronic resource]. — Access mode : <http://caffe.berkeleyvision.org/>.
11. An overview of gradient descent optimization algorithms [Electronic resource]. — Access mode : <http://sebastianruder.com/optimizing-gradient-descent/>.
12. NOIZEUS: Noisy speech corpus — Univ. Texas-Dallas [Electronic resource]. — Access mode : <http://ecs.utdallas.edu/loizou/speech/noizeus/>.

Рекомендована кафедрою метрології та промислової автоматики ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 20.03.2017

**Биков Микола Максимович** — канд. техн. наук, доцент, професор кафедри комп'ютерних систем управління;  
**Ковтун В'ячеслав Васильович** — канд. техн. наук доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем управління,  
e-mail: [kovtun\\_v\\_v@vntu.edu.ua](mailto:kovtun_v_v@vntu.edu.ua).

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

**М. М. Bykov**<sup>1</sup>  
**V. V. Kovtun**<sup>1</sup>

## Automatic Speaker Recognition System of Critical Use Reliability Estimation

<sup>1</sup>Vinnytsia National Technical University

*In the article a mathematical justification of reliability of automated speaker recognition system of critical use has been presented with regard to its structural characteristics and exposure channel transmission parameters of voice signals on the possibility of the random noise. The results allow optimizing the structure of the system and choosing the optimal length of a passphrase to improve the reliability of automated speaker recognition system of critical use.*

**Keywords:** automatic speaker recognition system of critical use, pattern recognition, reliability, cepstral analysis, convolution neural network, speech signal.

**Bykov Mykola M.** — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Computer Control Systems;  
**Kovtun Viatcheslav V.** — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of Computer Control Systems, e-mail: [kovtun\\_v\\_v@vntu.edu.ua](mailto:kovtun_v_v@vntu.edu.ua)

**М. М. Быков**<sup>1</sup>  
**В. В. Ковтун**<sup>1</sup>

## Оценивание надежности автоматизированных систем распознавания диктора критического применения

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

*Представлено математическое обоснование надежности автоматизированной системы распознавания дикторов критического применения с учетом ее структурных особенностей и влияния параметров канала передачи речевого сигнала на возможность возникновения в последнем случайных помех. Полученные результаты позволяют оптимизировать структуру системы и выбрать оптимальную продолжительность парольной фразы для повышения достоверности автоматизированной системы распознавания дикторов критического применения.*

**Ключевые слова:** автоматизированная система распознавания диктора критического применения, распознавание образов, надежность, кепстральный анализ, сверточная нейросеть, речевой сигнал.

**Быков Николай Максимович** — канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры компьютерных систем управления;

**Ковтун Вячеслав Васильевич** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры компьютерных систем управления, e-mail: [kovtun\\_v\\_v@vntu.edu.ua](mailto:kovtun_v_v@vntu.edu.ua)