

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертацію Фесенко Андрія Олексійовича «Методи обробки даних для систем ідентифікації та аутентифікації на основі біометричних характеристик ока», поданої до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.21 – системи захисту інформації

Актуальність теми дисертаційного дослідження. Ідентифікація та аутентифікація користувачів об'єктів інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) є основою систем захисту критичної інфраструктури, яка забезпечує надійність функціонування всієї сукупності організаційних і технічних заходів, призначених для блокування комплексу загроз такій структурі з боку несанкціонованих користувачів, шляхом визначення повноважень суб'єкта при його допуску в систему, та контролю дотримання цих повноважень в процесі роботи.

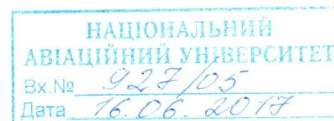
На сьогодні найбільш ефективними, з точки зору надійності ідентифікації та аутентифікації особи є біометричні методи, які дозволяють вирішити проблеми злому або втрати паролів та особистих ідентифікаторів. Серед біометричних технологій (що на сьогодні мають досить широкий спектр) однією із найперспективніших є біометрія з використанням райдужної оболонки ока (РОО). Встановлено, що специфічна структура РОО має суто індивідуальний характер і містить багато текстурної інформації. Якісні характеристики (індивідуальність та сталість у часі) РОО є найкращими серед усіх біометричних об'єктів, що використовуються для ідентифікації та аутентифікації особи. Тому найбільш надійними серед методів побудови систем біометричної ідентифікації та аутентифікації особи є методи, побудовані на дослідженнях параметрів РОО.

На теперішній час різними фірмами розроблена ціла низка апаратно-програмних комплексів, призначених для рішення задач різної складності та використання в різних умовах.

Проте подальший розвиток цього напрямку захисту інформації вимагає удосконалення теоретичних та практичних аспектів створення як систем у цілому, так і їх складових частин, зокрема, поліпшення процедур попередньої обробки зображення, підвищення швидкодії, зменшення обсягу оброблюваної інформації і т. інш.

Виходячи з всього, що викладене вище, розробка, удосконалення і дослідження методів обробки даних, зокрема, процедур попередньої обробки, для систем ідентифікації та аутентифікації на основі біометричних характеристик людського ока є **актуальним науковим завданням**.

Таким чином, метою роботи є підвищення ефективності методів обробки даних в системах ідентифікації та аутентифікації користувачів по райдужній оболонці ока. Під ефективністю автор розуміє зменшення об'єму оброблюваної інформації в базах даних систем контролю та управління доступом та підвищення швидкодії обробки даних.



Задачі дослідження. Виходячи з мети роботи, для її досягнення необхідно було розв'язати такі задачі:

1. Проаналізувати сучасні підходи, методи і системи біометричної ідентифікації та аутентифікації користувачів;

2. Удосконалити інтегрально–диференціальний метод локалізації зображення райдужної оболонки ока для зниження обчислювальних витрат;

3. Розробити більш ефективний метод кодування райдужної оболонки ока;

розробити метод прийняття рішень для біометричних систем ідентифікації та аутентифікації;

4. Розробити програмні засоби для проведення експериментальних досліджень запропонованих методів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Одержані результати дисертаційної роботи безпосередньо пов'язані з виконанням держбюджетних науково–дослідних робіт Національного авіаційного університету та з «Основними науковими напрямками та найважливішими проблемами фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук НАНУ на 2014–2018 роки», з Стратегією національної безпеки України від 26 травня 2015 року № 287/2015 у контексті п. 4.12 «Реформування системи технічного і криптографічного захисту інформації з урахуванням практики держав–членів НАТО та ЄС», НДР 23/14.01.04 «Системи контролю доступу по біометричними ознаками людини».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформованих в дисертації. Викладені в дисертації наукові положення, а також висновки та рекомендації є теоретичними положеннями, які перевірені експериментально. Розроблені здобувачем методи та інструментальні засоби побудови систем ідентифікації та аутентифікації особи за РОО впроваджені в практичну діяльність одного з підприємств України.

Отримання наукових результатів дисертаційного дослідження відбулося з використанням методів теорії множин, перетворення Фур'є, вейвлет аналізу, теорії ймовірності та математичної статистики.

Достовірність отриманих наукових положень, висновків і рекомендацій. Достовірність наукових результатів, отриманих у дисертаційному дослідженні, обґрунтовані наступними положеннями:

– передумови, які вибрані для постановки мети та вирішення задач дисертаційного дослідження, в достатній мірі аргументовані та виключають неоднозначні трактування;

– строгість, коректність та достовірність результатів, які наведені в дисертаційній роботі, базуються на використанні при дослідженнях сучасного математичного апарату, які є адекватними виконаним розрахункам;

– коректністю поставлених завдань при проведенні експериментальної перевірки отриманих теоретичних результатів;

– відповідністю результатів експериментів теоретичним положенням, набутим при проведенні дисертаційного дослідження;

- науковими публікаціями здобувача основних результатів дисертаційного дослідження, його окремих матеріалів та сформульованих рекомендацій у фахових виданнях за переліками МОН України;
- обговоренням результатів на численних міжнародних конференціях та семінарах;
- актами впровадження отриманих результатів.

Наукова новизна отриманих здобувачем результатів полягає в наступному:

1. Удосконалено інтегрально–диференціальний метод локалізації зображення райдужної оболонки ока, який за рахунок попередньої НЧ–фільтрації (інтегрування) дозволяє зменшити локальні зміни інтенсивності пікселів, а наступна ВЧ–фільтрація (диференціювання) дозволяє виділити межі райдужної оболонки ока, така послідовність дій дозволяє знизити обчислювальні витрати при збереженні високої точності.

2. Вперше запропоновано метод кодування зображення райдужної оболонки ока, який за рахунок фазових відгуків при обробці модифікованим DoG–фільтром зображення райдужної оболонки ока, дозволяє кодувати один піксель зображення, одним бітом інформації і як наслідок зменшує об'єм бази даних систем контролю і управління доступом.

3. Отримав подальший розвиток метод прийняття рішень на основі статистичних критеріїв Неймана–Пірсона, який за рахунок використання нормованої відстані Хеммінга в біометричних системах ідентифікації по райдужній оболонці ока, дає змогу не зберігати в базі даних еталонне зображення.

Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційному дослідженні та опублікованих у працях. Матеріали досліджень відображено у 13 наукових працях, серед них 7 статей у фахових наукових виданнях (з них 2 опубліковано самостійно) та 6 у збірниках праць конференцій. В опублікованих роботах достань повно відображено наукові положення, висновки та рекомендації, отримані автором дисертаційного дослідження. Фахові наукові видання, в яких опубліковано роботи автора, входять до наукометричних баз.

За своєю структурою дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, які містять основні наукові результати, загальних висновків, списку використаної літератури та чотирьох додатків.

В *першому розділі* роботи проведено порівняння різних біометричних методів ідентифікації. Проведене порівняння показало, що за сукупністю якостей широке використання ідентифікації за РОО має помітні переваги перед більшістю інших біометричних характеристик і необмежені перспективи застосування в системах безпеки. Однак суттєвим недоліком таких систем є алгоритмічна складність і високі вимоги до обчислювальних ресурсів, а також висока вартість. У зв'язку з цим, актуальні дослідження в області розробки нових методів аналізу та розпізнавання зображення райдужної оболонки, які при стійкості до різних видів завад, що виникають при зйомці, дозволили

б поліпшити характеристики системи і знизити вимоги до апаратури, зменшивши її вартість.

У *другому розділі* дослідження розглянуто основи та алгоритми попередньої обробки зображення райдужної оболонки ока. Показано, що така обробка складається з чотирьох етапів: локалізації РОО, геометричної нормалізації зображення РОО, нормалізації яскравості та придушення шумів.

Також показано, що існуючі алгоритми локалізації РОО мають ряд недоліків, що знижують експлуатаційні характеристики біометричних систем.

Запропоновано новий інтегрально-диференціальний алгоритм визначення меж РОО з послідовним уточненням і визначенням області пошуку центру зіниці шляхом порогового обмеження. При цьому показано, що розроблений алгоритм потенційно вимагає менших обчислювальних витрат при збереженні високої точності.

Сформульовано вимоги до методу виділення текстурних ознак зображення РОО: 1) нечутливість до змін яскравості і контрасту; 2) нечутливість до зсуву зображення (до повороту в полярній системі координат); 3) добра роздільна здатність.

Доведено, що фазове подання зображення дозволяє позбутися від впливу нерівномірного освітлення при ідентифікації особистості за РОО.

При цьому встановлено, що локальні фази вейвлетів Габора несуть більше інформації щодо структури зображення, ніж фаза ДПФ. Тому використання локальних фаз вейвлетів Габора як ознак для розпізнавання є кращим.

Проте фільтр Габора поступається в обчислювальній ефективності DoG-фільтру. Тому система ознак на основі DoG-фільтра має бути більш ефективною.

Доведено, що фазові відгуки DoG-фільтра несуть інформацію щодо локальної структури зображення і нечутливі до змін яскравості та контрасту. Ці властивості дозволяють зробити висновок, що використання знаків відгуку DoG-фільтра як ознак текстури РОО є перспективним.

Також обумовлена необхідність експериментального дослідження всіх фільтрів і запропонованих методів, розглянутих в цьому розділі.

Третій розділ дисертації присвячений питанням прийняття рішень в системі ідентифікації особистості за зображеннями РОО.

Експериментально встановлена чутливість результатів порівняння РОО до повороту зображення (наприклад, нахилу голови при зйомці). У роботі пропонується методика, що знижує таку залежність і зменшує, таким чином, вірогідність можливої помилки. Для цього у процедуру реєстрації додано моделювання повороту вхідного зображення на певні кути і обчислення кодів для кожного з них зі збереженням результатів в базі даних. Доведено, що значення кутів повороту можуть бути визначені на основі аналізу чутливості відстані Хеммінга до повороту зображення. У зміненій процедурі ідентифікації рішення приймається за найменшою відстанню з однієї з копій еталона.

Розглянуто статистичні критерії вибору порогу для прийняття рішення. Показано, що в задачі ідентифікації особистості можуть бути застосовані

критерії Байєса, мінімаксний і Неймана-Пірсона. Вибір критерія залежить від вимог, встановлених в конкретному випадку.

Отримані в статистичному експерименті дані можуть бути використані для вибору параметрів алгоритму виділення ознак і алгоритму ідентифікації з метою підвищення ефективності системи ідентифікації. Запропонована методика вибору порогу для прийняття рішення при ідентифікації, яка базується на визначенні оптимального індивідуального порога для кожного суб'єкта з бази даних, і методика вибору оптимальних параметрів фільтрів, відповідних найкращими умовами роздільності.

Таким чином, у другому та третьому розділах дисертації закладено теоретичні основи побудови системи ідентифікації особистості за зображеннями РОО.

У четвертому розділі дисертації проведено експериментальне дослідження, необхідне для побудови системи ідентифікації особистості за зображеннями РОО. При цьому фактично створено таку систему. У процесі її побудови автором розглянуто методика і програмно-апаратне забезпечення проведення експериментального дослідження системи, вибір параметрів фільтрів, оцінка інформативності кода РОО в залежності від параметрів фільтра, вибір розрядності кода РОО. Також проведено обробку експериментів та наведено результати експериментальних досліджень.

При проведенні експериментів з фільтрами Габора з постійними параметрами були отримані наступні оптимальні параметри фільтру: $\omega_0 = \pi/8$; $\theta = 0$; кількість блоків коду 56×360 . При цьому досягається значення критерію якості ознак $d=1.99$.

При експериментах з DoG-фільтрами з постійними параметрами були отримані наступні оптимальні параметри фільтру: $\sigma = 0,1$; кількість блоків коду 56×360 . При цьому досягається значення критерію якості ознак $d=2.20$.

При цьому отримано висновок, що ознаки на основі DoG-фільтра забезпечують декілька кращий поділ класів, ніж ознаки на основі фільтрів Габора.

Експериментально встановлено, що нормалізована відстань Хеммінга для кодів райдужок на основі DoG-фільтра при використуванних на практиці значеннях параметрів мають чутливість до повороту зображення (нахилу голови) близьку до чутливості відстані Хеммінга для кодів РОО на основі фільтрів Габора.

Таким чином, нормалізована відстань Хеммінга для кодів РОО на основі DoG-фільтра при використуванних на практиці значеннях параметрів мають дещо більшу чутливість до Гаусового шуму, ніж відстані Хеммінга для кодів райдужок на основі фільтрів Габора. Однак, при реальних значеннях шуму він не впливає суттєво на якість розпізнавання.

З'ясовано, що нормалізована відстань Хеммінга для кодів райдужок на основі DoG-фільтра і фільтрів Габора практично нечутливі до лінійних перетворенням яскравості і контрасту.

Проведені експерименти підтвердили теоретичні положення, отримані у другому та третьому розділах дисертації та дали змогу побудувати програмну систему ідентифікації особистості за зображеннями РОО з покращеними, відносно існуючих, параметрами.

У висновках викладено найважливіші наукові та практичні результати, отримані в дисертації.

Списки використаних джерел до кожного розділу оформлені згідно з вимогами стандарту та загально складаються з 156 найменувань наукової літератури за темою дисертації.

Додатки містять акти впровадження результатів дисертаційного дослідження та програми, розроблені автором.

Аналіз **автореферату** свідчить про його відповідність матеріалам дисертаційного дослідження.

Дисертація та автореферат написані з дотриманням прийнятої термінології, мовою, зрозумілою для фахівця. Зміст автореферату цілком відбиває результати проведеного дисертаційного дослідження.

Кількість та якість наукових робіт здобувача з теми дисертації відповідають вимогам ДАК України до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Найбільш суттєві наукові результати дисертації полягають у наступному:

1. На основі проведеного аналізу сучасних підходів, методів і систем біометричної ідентифікації користувачів обрано один з найбільш надійних методів ідентифікації та аутентифікації, а саме ідентифікація по райдужній оболонці ока, який по сукупності якостей має вагомні переваги перед іншими, а також має великі перспективи застосування у системах контролю та управління доступом (СКУД).

2. Удосконалено інтегрально–диференціальний метод локалізації зображення райдужної оболонки ока, який за рахунок удосконаленого алгоритму локалізації ока на зображенні, дозволяє зменшити область пошуку меж райдужної оболонки та знизити обчислювальні витрати при збереженні високої точності методу та підвищує швидкодію в 13,5 раз.

3. На основі запропонованого алгоритмічного рішення розроблено метод кодування РОО при застосуванні модифікованого DoG–фільтра, що дало можливість підвищити швидкодію в 20 разів для попередньої обробки зображень РОО завдяки отриманню однозначного бінарного кода, що в свою чергу дало можливість зменшити об'єм баз даних (БД) в 25 разів.

4. Розроблено метод прийняття рішень для систем біометричної ідентифікації і аутентифікації з використанням статистичного критерію Неймана–Пірсона на основі КР без еталонного зображення РОО з використанням нормованої відстані Хеммінга.

5. У роботі запропонована система ідентифікації та аутентифікації користувача без еталонного зображення райдужки (складається з двох програмних модулів), за допомогою застосування бінарного коду райдужки (фазові

відгуки DoG-фільтра) і нормованої відстані Хеммінга з використанням статистичного критерію Неймана-Пірсона, що дало змогу зменшити об'єм бази даних систем контролю і управління доступом, що в свою чергу зменшує час доступу до неї.

6. Розроблено програмні засоби і проведено експериментальне дослідження програмних модулів з ціллю оцінки швидкодії та оцінки обсягу БД СКУД, що підтвердило придатність розроблених методів для захисту об'єктів критичної інфраструктури та проведення процедур захисту, зокрема, для захисту входу в комп'ютерні системи, проведенні прикордонного контролю та контролю доступу, протидії тероризму, забезпечення Інтернет-безпеки тощо.

Практичне значення роботи полягає у тому, що:

1. Удосконалення інтегрально-диференціального алгоритму локалізації зображення забезпечило зменшення області пошуку райдужної оболонки та, врешті, зменшення обчислювальних витрат у 13,5 разів.

2. Розроблення нового алгоритму кодування райдужної оболонки ока, в якому в системах контролю і управління доступом використовується модифікований DoG-фільтр для отримання однозначного бінарного коду РОО у 20 разів підвищило швидкодію попередньої обробки таких зображень.

3. Розробка програмних модулів попередньої обробки зображення РОО на цій основі, разом із застосуванням обчислення відстані Хеммінга з використанням статистичного критерію Неймана-Пірсона, модулю порівняння кодів РОО і прийняття рішень забезпечили створення системи ідентифікації та аутентифікації користувача без еталонного зображення райдужки, що дало змогу в більш, ніж 25 разів зменшити обсяг БД СКУД, отже, час доступу до цієї бази.

Таким чином, автором розроблена ефективна система, що забезпечує більшу швидкість перепуску користувачів порівняно з іншими аналогічними системами при забезпеченні високої точності та надійності їх ідентифікації та аутентифікації.

Разом з тим, при розгляді дисертаційного дослідження утворилася низка зауважень, зокрема:

1. При викладенні матеріалу першого розділу не розглянуто основні сучасні роботи вітчизняних авторів з біометричної ідентифікації особи, зокрема фундаментальна монографія Б.П Русіна та Я.Ю. Варецького «Біометрична аутентифікація та криптографічний захист», де також розглянуто застосування вейвлетів при побудові подібних систем.

2. В другому розділі роботи при сегментації РОО стр.55-58 роботи і 6-8 автореферату не проаналізовано інструментальні похибки процедур 1 - 7.

3. В третьому розділі дисертаційної роботи відсутній порівняльний аналіз коду РОО при рядковому та блочному кодуванні фільтром Габора й удосконаленим DoG-фільтром (рис. 3.2) стр. 93 роботи.

4. В третьому розділі роботи не наведено статистичних даних з вибору порогу прийняття рішень РОО закодованого удосконаленим DoG-фільтром, а

робиться припущення, що поріг не буде відрізнитись від статистичних даних, отриманих Джоном Даугманом.

5. В четвертому розділі роботи не проведено порівняння інформативності коду POO, отриманим фільтром Габора та удосконаленим DoG-фільтром.

6. При експериментальних дослідженнях автор не обґрунтував вибір значення FAR рівною 10.

7. У роботі не розглянуто криміналістичний аспект застосування СКУД, зокрема, відповідність розробленої системи вимогам криміналістичної теорії ідентифікації.

Але ці зауваження не впливають на загальне позитивне враження від розглянутого дисертаційного дослідження.

Виходячи зі всього, що викладене вище, маю зробити наступні висновки:

1. Дисертаційне дослідження «Методи обробки даних для систем ідентифікації та аутентифікації на основі біометричних характеристик ока» є завершеною науковою працею, що виконана автором особисто, яка вирішує актуальне наукове завдання та має наукову й практичну цінність.

2. Дисертаційна робота «Методи обробки даних для систем ідентифікації та аутентифікації на основі біометричних характеристик ока» відповідає паспорту спеціальності 05.13.21 – Системи захисту інформації, та профілю спеціалізованої вченої ради Д 26.062.17.

3. Дисертаційна робота «Методи обробки даних для систем ідентифікації та аутентифікації на основі біометричних характеристик ока» відповідає вимогам п.п. 9, 11 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор, Фесенко Андрій Олексійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.21 – Системи захисту інформації.

Офіційний опонент

лауреат Державної премії,

доктор технічних наук, професор,

професор кафедри інформаційних технологій

Національної академії внутрішніх справ


О.В. Рибальський
