

УДК 657.6+658.01:004(036); 002:004.056; 65.012.8

№ держреєстрації 0112U007713
Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
65026, м. Одеса, вул. Преображенська, 8, тел. (048) 23-61-58

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор

Одеського національного
економічного університету
докт. екон. наук, професор

_____ *М.І. Звєряков*

«___» _____ 2013 г.

ЗВІТ

про науково-дослідну роботу

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИНЦИПІВ ТА МЕТОДІВ
ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ,
ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТА ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
ПІДПРИЄМСТВ ТА ОРГАНІЗАЦІЙ
СФЕРИ ЕКОНОМІКИ, БІЗНЕСУ ТА ФІНАНСІВ**

(проміжний)

Рукопис закінчено 1 грудня 2013 року

Науковий керівник НДР

*завідувач кафедри Інформаційних систем в економіці
докт. техн. наук, доцент*

О.О. Скопа

Одеса – 2013

СПИСОК ВИКОНАВЦІВ

Науковий керівник

докт. техн. наук, доцент
(вступ, підрозділи 1.1-1.5, 3.5, висновки до звіту)

О.О. Скопа

Відповідальний виконавець

канд. техн. наук., доцент
(підрозділи 3.1, 3.3, 3.4, висновки до розділів)

Н.Ф. Казакова

Виконавці

канд. екон. наук, доцент
(підрозділ 2.3)

О.В. Орлик

канд. техн. наук, доцент
(підрозділ 3.1)

Ю.В. Щербина

канд. техн. наук, доцент
(підрозділ 3.2)

А.О. Петров

канд. техн. наук, доцент
(підрозділи 3.5, 3.6)

С.Л. Волков

канд. екон. наук, ст. викладач
(підрозділ 2.5)

О.І. Мацків

ст. викладач
(підрозділи 2.1, 2.2, список першоджерел)

О.Г. Єсіна

ст. викладач
(підрозділ 2.6)

А.Ю. Вакула

ст. викладач
(підрозділи 1.6, 1.7)

О.О. Фразе-Фразенко

ст. викладач
(підрозділ 3.3)

А.В. Мінін

викладач
(підрозділ 2.4)

О.О. Йона

аспірант
(підрозділ 3.6)

Є.В. Вавілов

аспірант
(підрозділ 3.7)

К.Б. Айвазова

У зборі та обробці інформації приймали участь студенти: кредитно-економічного факультету: Д. Осипенко (розрахунки до підрозділу 3.4), В. Педько (пошук літератури до розділу 1), А. Білодон (оформлення списку літературних першоджерел).

ЗМІСТ

Стор.

РЕФЕРАТ	3
ВСТУП	9
<i>Підстави для проведення науково-дослідної роботи</i>	9
<i>Мета НДР</i>	14
<i>Основні завдання для досягнення мети</i>	14
<i>Взаємозв'язок з іншими роботами</i>	15
РОЗДІЛ 1. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ. УПРАВЛІННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЙНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ І ДОСТУПОМ	16
1.1. Сутність та поняття інформаційної безпеки підприємства	16
1.2. Методи забезпечення безпеки інформації підприємства	18
1.3. Основні складові інформаційної безпеки	22
1.4. Організація системи інформаційної безпеки підприємства	24
1.4.1. Правила побудови системи інформаційної безпеки підприємства	24
1.4.2. Принципи захисту інформації	25
1.5. Основні заходи щодо створення і забезпечення функціонування комплексної системи захисту на підприємствах та в організаціях сфери економіки, бізнесу та фінансів	27
1.6. Загрози процесам аутентифікації у інформаційних системах фінансових установ та підприємств.....	31
1.7. Огляд та аналіз поточного стану технологій розпізнавання образів та перспективи їх використання у системах захисту інформації	38
1.7.1. Передумови до використання біометричної аутентифікації у системах захисту інформації. Аналіз поточного стану технологій та перспектив їх розвитку.....	38
1.7.2. Визначення цільових завдань СЗІ, які використовують біометричні дані	43
<i>Узагальнення проблеми обробки візуальної інформації у СЗІ</i>	43
<i>Формальна постановка завдання</i>	48
<i>Розробка загальної схеми дослідження</i>	50

1.7.3. Огляд та вибір інформативних ознак зображень для розв'язку задачі біометричної ідентифікації особи	53
<i>Вибір предмета та технології розпізнавання</i>	53
<i>Аналіз систем контурних ознак</i>	55
<i>Ознаки, засновані на вимірі просторових частот</i>	57
<i>Ознаки, засновані на статистичних характеристиках</i>	59
<i>Ознаки, що засновані на описі структурних елементів</i>	65
<i>Розв'язок проблеми вибору інформативних ознак для систем біометричної ідентифікації</i>	67

Висновки до розділу 1	70
------------------------------------	----

РОЗДІЛ 2. УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЮ ТА ФІНАНСОВО- ЕКОНОМІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ПІДПРИЄМСТВ.....

2.1. Загальні принципи побудови системи безпеки підприємства	73
2.2. Політика та стратегія безпеки	80
2.2.1. Основи політики безпеки підприємства	80
2.2.2. Суб'єкти безпеки підприємства	81
2.2.3. Засоби та методи забезпечення безпеки	83
2.2.4. Концепція безпеки підприємства	84
2.3. Економічна безпека господарюючих суб'єктів муніципального утворення	87
2.4. Безпека фінансового ринку та фінансової стабільності як суспільне благо	97
2.5. Аналіз аномалій мережевого трафіку інформаційно-обчислювальних систем спеціального використання	105
2.6. Принципи побудови захищених мереж сфери економіки, бізнесу та фінансів	114

Висновки до розділу 2	125
------------------------------------	-----

РОЗДІЛ 3. КОНФІДЕНЦІЙНІСТЬ ТА ЗАХИСТ ДАНИХ

3.1. Елементи практичної реалізації частотного тесту генераторів криптографічних перетворень	127
3.2. Надійність програмного забезпечення інформаційних систем галузі економіки, бізнесу та фінансів	137
3.2.1. Використання стійких до збоїв програм	142
3.2.2. Оцінка надійності програмного забезпечення за результатами налагодження та нормальної експлуатації	146
3.2.3. Експоненціальна модель Шумана	147

3.2.4. Експоненціальна модель Джелінського-Моранди.....	150
3.2.5. Вейбулівська модель.....	150
3.2.6. Структурна модель Нельсона.....	151
3.3. Теорема до теорії випробовування надійності автоматичних банківських систем однократного використання	152
3.4. Регуляризований розв'язок одномірного інтегрального рівняння Фредгольма I роду в умовах існування некоректних задач.....	167
3.5. Візуалізація структури показників якості функціонування інформаційно-вимірювальних систем галузі економіки, бізнесу та фінансів	182
3.6. Принципові питання вирішення задачі багатокритеріальної оптимізації показників якості інформаційно-вимірювальних систем галузі економіки, бізнесу та фінансів на основі мультихромосомного генетичного алгоритму.....	194
3.7. Проблематика якості Інтернет-послуг, які надаються структурам сфери економіки	207
<i>Висновки до розділу 3</i>	215
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	217
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ПЕРШОДЖЕРЕЛ	222
ДОДАТОК. Терміни та означення	234

1.7. Огляд та аналіз поточного стану технологій розпізнавання образів та перспективи їх використання у системах захисту інформації

1.7.1 Передумови до використання біометричної аутентифікації у системах захисту інформації

Аналіз поточного стану технологій та перспектив їх розвитку

На сьогоднішній день в різних галузях науки і техніки відчувається зростання потреб у переробці, аналізі та відображенні візуальної інформації. Як слідує з загальнодоступних літературних джерел, це відноситься і до СЗІ, які функціонують у галузі економіки, бізнесу та фінансів, де одним з найважливіших шляхів їх розвитку є створення пристроїв ідентифікації особи абонента з використанням біометричних даних в цілях захисту інформації від несанкціонованого використання або навмисного спотворення.

Задача відноситься до проблем, які вирішуються у рамках теорії розпізнавання образів. Її місце у загальній схемі функціонування технологічної системи, яка використовує СЗІ та технології прогнозування стану при виникненні в ній інцидентів, показано на рис. 1.1.

Загальноприйняті уявлення про теорію розпізнавання образів розуміють, що задача розпізнавання відноситься до класу задач, які вирішуються у рамках цифрової обробки сигналів. Проте останні наукові теорії вважають, що розпізнавання образів є окремим напрямком у науці. Як зазначається у достатньо чисельних наукових та науково-популярних джерелах [15-22], поняття про теорію розпізнавання образів потребує свого уточнення й далі, і на основі цього, потребує уточнення формальна постановка задачі щодо розпізнавання образів у сфері СЗІ, які використовуються у галузі економіки, бізнесу та фінансів.

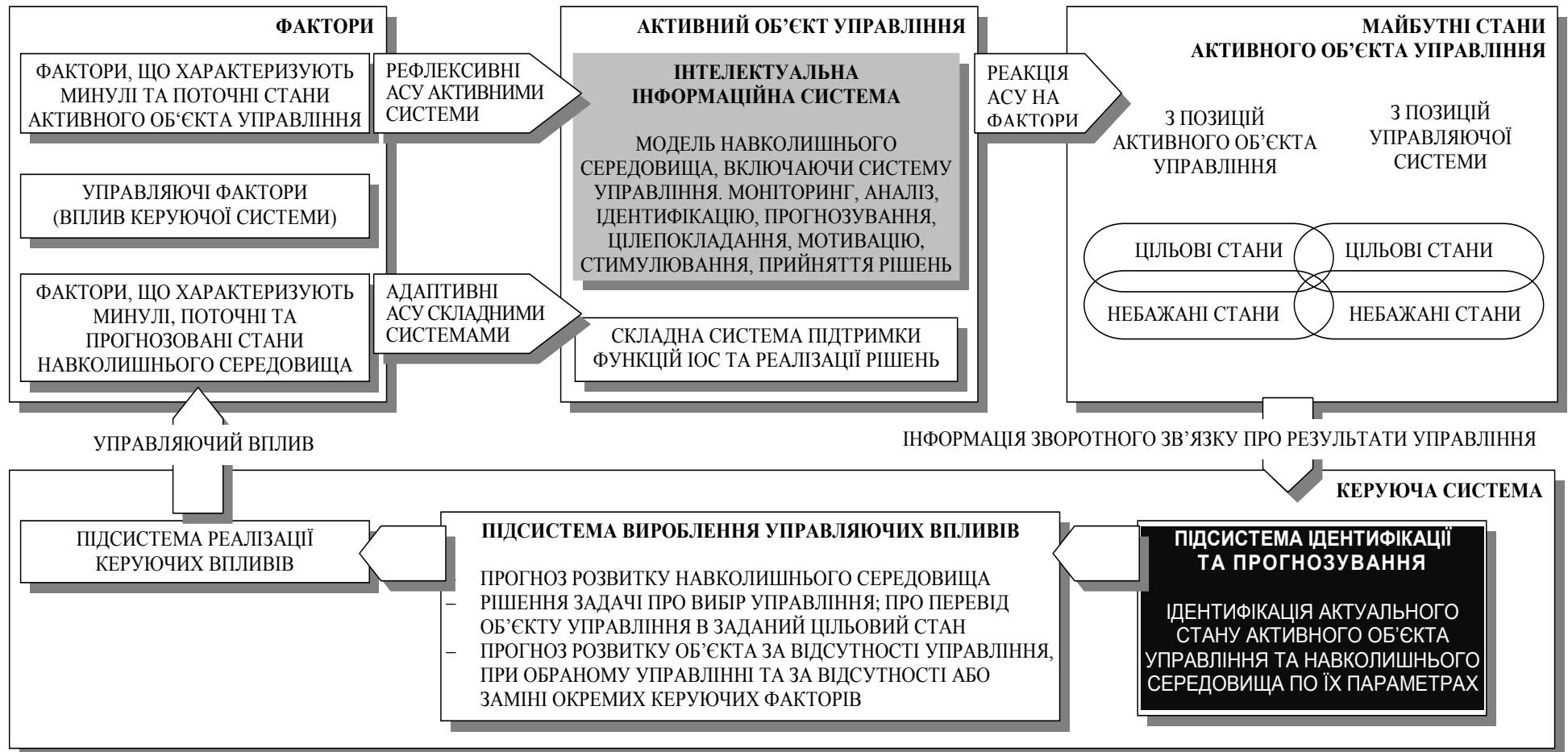


Рис. 1.1. Узагальнена схема функціонування технологічної системи, яка використовує СЗІ та технології прогнозування стану

На момент проведення досліджень за темою, яка винесена у заголовок НДР, загальний стан біометричних технологій у світі ще не можна визнати задовільним. Скоріше мова може йти про біометрію, як про науково-практичний напрямок, який швидко розвивається та має достатньо велику множину областей дослідження і розробки практичних додатків. Досягнення у ньому необхідних якісних показників, як показав цілий ряд серйозних перевірок, проведених останнім часом, показав недостатню надійність таких систем. Так, наприклад, поліцейське управління міста Тампа, штат Флорида (США), після двох років експлуатації, вивело з експлуатації за марністю програмне забезпечення впізнання осіб, яке працювало разом з камерами зовнішнього спостереження. Передбачалося, що технічне оснащення в комплекті з програмним забезпеченням сканування/упізнання осіб, приєднані до бази правопорушників та дітей, що знаходяться у розшуку, підвищить ефективність роботи поліції. Однак, за два роки система не дала ні єдиного успішного результату. Програмне забезпечення було надано компанією *Identix*, одним з ведучих у США постачальників біометричних технологій розпізнання по зовнішності особи та відбитках пальців.

Відомий звіт японського криптографа Ц. Мацумото, який привів десять прикладів, де він приймав участь з метою компрометації систем ідентифікації користувачів по відбитках пальців. Аналогічне дослідження було проведене у Німеччині одним із комп'ютерних журналів. Висновки були однозначні: біометричні системи для споживчого ринку не досягли того рівня та ефективності, коли їх можна було б розглядати в якості реальної альтернативи традиційним паролям.

Що стосується систем упізнання користувача по відбитковій пальця за допомогою емнісного сенсора на миші або клавіатурі, то тут найпоширенішим способом обману є повторне «оживлення» уже наявного відбитка, залишеного зареєстрованим користувачем. Виявилось, що для «реанімації» залишкового відбитка досить просто подихати на сенсор або прикласти до нього тонкий поліетиленовий пакет, наповнений водою. Технологія була вдало випро-

бувана експертами на мишках *ID Mouse* фірми *Siemens*, оснащених ємнісним сенсором *Fingertip* виробництва *Infineon*. Нарешті, «штучний палець», відлитий у парафіновій формі з силікону, дозволив дослідникам здолати всі дактилоскопічні системи, які можна було знайти для тестування.

Систему впізнання осіб по характерним особливостях обличчя *Facevacslagon* фірми *Cognitec*, групі експертів вдалося ввести в оману, пред'явивши фотографію зареєстрованого користувача. Для обману більш витонченого програмного забезпечення тієї ж фірми, яке аналізувало характерні ознаки живої людини, був успішно застосований екран ноутбука на якому демонструвався відеокліп з записом рухів особи.

Експертна група показала, що більш складно ввести в оману систему для розпізнання по райдужній оболонці ока (використовувалося обладнання *Authenticam VM-ET100* фірми *Panasonic*). При такому способі інфрачервоні датчики реагують не тільки на характерний візерунок зображення райдужки, але й на глибину розташування зіниці. Однак, експерти зробили невеликий отвір на місці зіниці у фотознімку ока, куди під час розпізнання дивилася інша людина. Як результат, системою було прийняте невірне рішення.

Однак, незважаючи на загальну негативну оцінку сучасного стану біометричних систем ідентифікації особистості, в усьому світі спостерігається тенденція до розвитку досліджень та розробок в області біометрії. При цьому однією з основних тенденцій є поступовий перенос пріоритетів з контактних на безконтактні методи біометричного розпізнавання. Причиною цього є підвищення вимог до функціональних можливостей автоматичних систем безпеки, пов'язаних з необхідністю в реальному часі виконувати необхідні дії по встановленню особистості присутніх на контрольованій території людей, причому, досить часто – потай, тобто не тільки безконтактно (дистанційно), але й без спеціального дозволу на використання біометричних ознак з боку персон, які ідентифікуються. Створенню таких біометричних систем нового покоління перешкоджають ряд специфічних проблем, які поки що ще не мають адекватного розв'язку.

Перша група проблем пов'язана з тим, що системи, метою яких є забезпечення безпеки, повинні працювати в умовах природньої поведінки людини, яка не пред'являє спеціального ідентифікатора особа у вигляді виголошення заздалегідь відомих ключових фраз. У цьому випадку ще до розв'язку завдання розпізнавання необхідно вирішити задачу визначення місця розташування та виділення людини в групі з метою вироблення управлінських дій для дистанційно керованих мікрофонів. Втім, це не спрощує саму процедуру розпізнавання особи по голосу в неконтрольованих умовах.

Друга група з існуючих проблем розпізнавання пов'язана з тим, що у для випадку завдання *забезпечення безпеки* (на відміну від *завдання забезпечення контролю доступу*) немає можливості опертися на співробітництво персона, яка підлягає ідентифікації, навіть на етапі навчання. У таких випадках для навчання використовуються наявні фрагментарні та різномірні аудіо- та відеоматеріали всілякої якості та походження. Це ще більш ускладнює завдання навчання біометричної системи.

Третя, остання група проблем, пов'язана з тим, що отримані (з урахуванням перерахованих проблем) імовірності правильного розпізнавання та неправильного виявлення заданої особи в природній обстановці тільки по особі або тільки по голосу, виявляються суттєво нижче показників, необхідних для задовільного функціонування систем забезпечення безпеки та, у нашому випадку – СЗІ, а також контролю доступу. Саме з цим пов'язана необхідність комплексування результатів біометричного розпізнавання, отриманого від різних джерел інформації.

Як слідує зі сказаного, з вирішенням зазначених проблем можуть бути зв'язані істотні прориви в області біометричних технологій у найближчі роки.

1.7.2 Визначення цільових завдань СЗІ, які використовують біометричні дані

Узагальнення проблеми обробки візуальної інформації у СЗІ

Завдання розпізнавання образів у СЗІ, згідно до багатьох літературних джерел, включаються у коло задач штучного інтелекту.

У напрямку загальної теорії розпізнавання образів прийнято виділяти *три основних типи завдань*, які ще в 1986 році виділив Т. Павлідіс [15] у рамках проблеми обробки візуальної інформації. З тим пір виділені ним завдання ніким уточнені та дороблені у сенсі класифікації не були. Класифікація завдань по Т. Павлідісу є такою, як це показано на рис. 1.2.

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАВДАНЬ ОБРОБКИ ВІЗУАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПО Т. ПАВЛІДСУ	
ОБРОБКА	Обробка зображень, коли і вихідні дані, а також результати обробки представляються в образотворчій формі, тобто у вигляді фотографій, кадрів з відеофільмів та ін.
АНАЛІЗ	Вхідні дані є зображенням, а результат представляється у необразотворчій формі, наприклад у вигляді текстового опису спостережуваної сцени
СИНТЕЗ	На вході є опис (алгоритм побудови) зображення, а на виході з нього будується саме зображення

Рис. 1.2. Класифікація завдань обробки візуальної інформації по Т. Павлідісу

Примітка до рис. 1.1: Під *аналізом* Т. Павлідіс розуміє *інтерпретацію, розпізнавання* або «розуміння» зображень [15]. Під *синтезом* Т. Павлідіс розуміє *машинну графіку* [15].

Взаємозв'язок трьох перерахованих типів завдань так, як це зроблено в [16], приведений на рис. 1.3.



Рис. 1.3. Взаємозв'язок напрямків обробки зображень

Як видно з рис. 1.3, *обробка зображень у СЗІ*, пов'язана з перетворенням образотворчої інформації знову в образотворчу форму. Основною метою такого перетворення є, за необхідністю, усунення шумів, спотворень та інших дефектів на зображенні, що веде до поліпшення якості одержуваної візуальної інформації шляхом підвищення контрасту, підкреслення контурів об'єктів та ін. Основні напрямки обробки зображень виділені М. Горським та В. Олександровим у працях [17-19, 23].

Слідуючи логіці, з рис. 1.3 та з [16-19, 23] можна встановити, що *завданням аналізу зображень у СЗІ* є отримання з зображення, поданого на вхід системи, необразотворчого опису.

Як показано в [16], опис образів у СЗІ може бути різних рівнів спільності – від простого зазначення номера або імені класу, до якого належить аналізоване зображення, до докладної текстової характеристики спостережуваної сцени із зазначенням окремих об'єктів та відносин між ними. В останньому випадку мова йде про «розуміння» зображень.

Багато авторів називають аналіз зображень *розпізнаванням*, але у нашому випадку, цей термін має вужче значення, та переважно відноситься до *ідентифікації* окремих об'єктів на зображеннях. Використовувані нами означення щодо понять «розпізнавання» та «ідентифікація», приведені у Додатку А. Там же зазначені типові завдання аналізу зображень.

Стосовно задачі ідентифікації особи абонента інформаційної або іншої мережі з обмеженим доступом, де в цілях захисту інформації від несанкціонованого використання або навмисного спотворення, можуть використовуватися біометричні показники, приведені у Додатку А у вигляді означень та пояснень до них.

Не зважаючи на велику кількість досліджень, включаючи дослідження у СЗІ, створення штучних систем розпізнавання у сенсі ідентифікації конкретної особи залишається складною теоретичною та технічною проблемою. Необхідність у такому розпізнаванні виникає в самих різних областях – від військової справи та систем безпеки до оцифровки всіляких аналогових сигналів. Аналіз численних наукових праць показав, що можна виділити два основних напрямки розпізнаванні образів:

- 1) вивчення здібностей до розпізнавання, якими володіють живі істоти, пояснення, математичний опис та їх моделювання;
- 2) розвиток теорії та методів побудови пристроїв, призначених для вирішення окремих завдань в прикладних цілях.

Стосовно задач СЗІ, які вирішуються в дисертаційній роботі, оберемо другий напрям та базуючись на аналізі літературних джерел, визначимо ті методи, які використовуються для автоматичного розпізнавання осіб.

Задача ідентифікації та розпізнавання осіб – це одне з перших практичних завдань, яке стимулювало становлення та розвиток теорії розпізнавання та ідентифікації об'єктів. Згідно до [24], існує дев'ять категорій об'єктів, які відповідають гностичним областям та впливають на прийняття рішень при розпізнаванні та ідентифікації: фізичні об'єкти, якими можна вільно маніпулювати; фізичні об'єкти, якими можна маніпулювати, прикладаючи зусилля або за допомогою проміжних механізмів чи засобів; фізичні стаціонарні об'єкти, якими не можна маніпулювати без зміни їх фізичної сутності; особи; вирази облич; живі істоти; друковані знаки; рукописні зображення; характеристики та розташування джерел світла.

У свою чергу кожна з приведених категорій може бути розділена на менші внутрішні категорії в залежності від прикладної області використання та поставленої мети.

Зосередимося на проблемі підвищення ефективності методів забезпечення спостереженості у технологічних системах спеціального призначення, тобто на задачі розпізнавання осіб. З цією метою нами було використане означення *спостереженості* так, як це передбачено діючими нормативними документами у сфері захисту інформації [20] – див. Додаток А. Поняття, що приведені у Додатку А, у поєднанні з керованістю, становлять *предмет спостереженості*.

Далі будемо використовувати той факт, що якщо існують вимоги щодо контролю за діями користувачів або легальністю доступу і за спроможністю комплексу засобів захисту виконувати свої функції, то відповідні функції будемо відносити до *критеріїв спостереженості*.

Інтерес до процедур, які лежать в основі процесу розпізнавання конкретних осіб, завжди був значним, особливо у зв'язку із зростаючими практичними потребами які на сьогоднішній день виникають в охоронних системах, у системах верифікації, в криміналістичній експертизі і т.д. Незважаючи на ясність того факту, що людина добре ідентифікує обличчя людей, зовсім не очевидно, як навчити ЕОМ проводити цю процедуру, в тому числі – як декодувати та зберігати цифрові зображення осіб. Ще менш ясними є оцінки схожості осіб, включаючи їх комплексну обробку. Як показано в [24], можна виділити такі *напрямки досліджень проблеми розпізнавання осіб*:

- нейропсихологічні моделі;
- нейрофізіологічні моделі;
- інформаційно-процесуальні моделі;
- комп'ютерні моделі розпізнавання.

Проблема розпізнавання осіб у зазначених напрямках розглядалася ще на ранніх стадіях становлення комп'ютерного зору. З того часу ряд компаній протягом більше 40 років активно розробляють автоматизовані, а зараз і ав-

томатичні системи розпізнавання людських облич. До них можна віднести Smith&Wesson (система ASID – *Automated Suspect Identification System*), ImageWare (система *FaceID*), Imagis, Epic Solutions, Spillman, Miros (система *Trueface*), Vissage Technology (система *Vissage Gallery*), Visionics (система *FaceIt*) та ін. Втім, не зважаючи на той період часу, протягом якого ведуться дослідження, у [21] відзначено, що ефективність системи розпізнавання знаходиться на не досить належному рівні і технології, які її забезпечують, ще потребують істотних удосконалень. Так, автори [21] – К. Bonsor та R. Johnson, – на основі збору та обробки великої кількості статистичних даних та з посиланнями на *Electronic Privacy Information Center*, показали, що максимальна ступінь розпізнавання у найкращій системі, яка використовується для розпізнавання облич у Бостонському аеропорту у реальному масштабі часу, досягає 61,4%. Саме цю цифру оберемо у якості опорної при порівнянні ефективності методів забезпечення спостереженості у технологічних системах спеціального призначення. Крім того, основну увагу будемо приділяти технологіям розпізнавання осіб в автоматичному режимі без врахування режимів автоматичного пошуку та розпізнавання осіб в графічних файлах і відеопотоці. Така постановка задачі звужує сфери застосування методів спостереженості, які розробляються, конкретизуючи їх на системах доступу до технологічних мереж спеціального, критичного та іншого використання, враховуючи інші сфери людської діяльності, що пов'язані з ідентифікацією, авторизацією та аутентифікацією, поняття про які приведені у Додатку А.

Зазначимо, що більшість понять, які приведені у Додатку А, мають декілька значень. У роботі нами використовуються лише ті (за виключенням поняття «Авторизація»), які стосуються СЗІ.

Формальна постановка завдання

Визначимо формальні цільові завдання, які вирішуються при дослідженні.

Першим цільовим завданням є *забезпечення доступності*, яке припускає, що користувач або будь яка особа, яка може отримати доступ до захищеної інформаційної або будь-якої іншої системи, включаючи ТССП, де циркулюють певні дані, володіє відповідними правами та може використовувати ресурс відповідно до правил, встановлених політикою безпеки. Ця задача спрямована на запобігання навмисних або ненавмисних загроз неавторизованого видалення даних або необґрунтованої відмови в доступі до послуги, спроб використання системи та даних в недозволених цілях. Т.ч., удосконалення рішення та технологій забезпечення доступності до захищеної інформаційної або будь-якої іншої системи, є одним з пріоритетних та актуальних завдань для СЗІ у сенсі їх функціонування у складі ТССП.

Другим завданням передбачається *забезпечення цілісності* захищеної інформаційної системи та даних. Це завдання, як правило, розглядається в двох аспектах. По-перше, це цілісність даних, яка означає, що дані не можуть бути модифіковані неавторизованим користувачем, особою або процесом під час їх зберігання, передачі та обробки. По-друге, цілісність полягає в тому, що жоден компонент системи не може бути видалений, модифікований або доданий тими ж неавторизованими користувачем, особою або процесом.

Стосовно приведених визначень та враховуючи тематику дослідження, актуальним завданням у зазначеному сенсі, є авторизація користувачів та осіб, які можуть бути задіяні або залучені до процесів обробки конфіденційної інформації у ТССП. У рамках НДР питання видалення, модифікації та додавання інформації у захищеній інформаційній системі (включаючи ТССП), не розглядаються.

Третє завдання – *забезпечення конфіденційності* даних та системної інформації. Відповідно до нього передбачається, що інформація не може бути

отримана неавторизованим користувачем під час її зберігання, обробки та передачі.

Як правило та згідно до ISO/IEC 15408, у ТССП завдання вирішується програмними засобами забезпечення доступу до інформаційних ресурсів. Втім, вже на перших кроках можна було б посилити систему захисту, передбачаючи певні організаційні та технічні заходи про які мова йтиметься далі: тут лише виділимо необхідність удосконалення рішень щодо третього з основних цільових завдань систем захисту інформації у ТССП. Виходячи з цього, актуальним завданням у рамках вирішуваної проблеми, як і у попередньому випадку, є автоматична або автоматизована авторизація користувачів та осіб, які мають доступ до ресурсів, які захищаються.

Забезпечення спостереженості є четвертим з цільових завдань. Воно спрямоване на забезпечення можливості інформаційної системи фіксувати *будь-яку діяльність* користувачів та процесів у ТССП, використання пасивних об'єктів, встановлювати ідентифікатори причетних до подій користувачів і процесів з метою запобігання порушенням безпеки та забезпечення відповідальності користувачів за виконані дії.

Саме приведені визначення у найбільш повній мірі відповідає темі дисертаційної роботи, так як передбачає автоматичну фіксацію користувачів інформаційної (як правило – захищеної) системи ТССП, їх діяльність та інші ідентифікатори щодо причетності окремих персон до процесів порушення безпеки та забезпечення їх відповідальності за виконані дії.

Цільовим завданням, яке завершує перелік, є *забезпечення гарантій* – тобто сукупності вимог, які складають деяку шкалу оцінки для визначення ступеня впевненості в тому, що:

- функціональні вимоги щодо інформаційної безпеки у ТССП дійсно сформульовані та коректно реалізовані;
- вжиті заходи захисту забезпечують адекватний захист інформаційних систем, що функціонують у складі ТССП;
- забезпечена достатня стійкість від навмисного проникнення та використання обхідних шляхів, включаючи фізичний доступ та надійну ідентифіка-

цію користувачів ТССП, об'єктів та процесів.

З позицій інформаційної безпеки та виконання зазначених формальних цільових завдань, саме *аутентифікація* є частиною процедури надання доступу для роботи в інформаційній системі, наступною після ідентифікації та такою, що передує авторизації. Відомості про механізми роботи СЗІ, які базуються на використанні технологій аутентифікації, поняття та відомості про біометричну аутентифікацію, основні етапи проектування системи біометричної аутентифікації з використанням технологій розпізнавання образів, приведені у Додатку Б.

У сукупності удосконалення та підвищення ефективності методів та технологій, які забезпечують процедуру аутентифікації, є смислом дисертаційної роботи.

Розробка загальної схеми дослідження

При постановці завдань розпізнавання (включаючи всі етапи НДР) будемо користуватися математичною мовою, намагаючись, на відміну від теорії штучних нейронних мереж, де основою є отримання результату шляхом експерименту, замінити експеримент логічними міркуваннями та математичними доказами. У цьому випадку для нас класичною постановкою задачі розпізнавання образів у системах забезпечення спостереженості є виконання наступних етапів:

- встановлення множини об'єктів дослідження;
- проведення дослідження щодо належності множини об'єктів до певної класифікаційної структури з метою визначення множини методів їх обробки;
- огляд визначеної множини методів обробки, її аналіз, вибір ефективного методу розробки або удосконалення алгоритмів (методів або методик) обробки відповідно до поставленої мети;
- віднесення розробленого (удосконаленого) алгоритму (методу або методики) до множини (класу) наявних способів доступу до ТССП з метою співставлення та аналізу отриманих результатів.

Виходячи зі сказаного, можна зробити логічний висновок про наступне.

В задачах розпізнавання, ідентифікації та аутентифікації біометричних даних, а саме – образів конкретних осіб, – які тісно зв’язані з процесами забезпечення спостереженості, повинні розглядатися монохромні зображення, що дасть можливість розглядати зображення, як функцію на площині. Якщо розглядати точкову множину на площині T , де функція $f(x, y)$ виражає в кожній точці зображення його характеристику – яскравість, прозорість, оптичну щільність, – то така функція є формальним записом зображення. Множина всіх можливих функцій $f(x, y)$ на площині T – є модель множини всіх зображень x . Вводячи поняття подібності між образами, у необхідних випадках ми зможемо формулювати відповідні задачі розпізнавання. Конкретний вид таких постановок буде залежати від кожного з наступних етапів при розпізнаванні в відповідності з вибраними в подальшому підходами.

Вирішення зазначеної формальної задачі, як результат роботи, повинно підвищити ефективність спостереженості у технологічних системах спеціального призначення, яка може полягати у забезпеченні тих параметрів, які зазначені далі у відповідних підрозділах.

Як проміжний висновок зазначимо, що здійснення цілей розпізнавання може бути досягнуто до моменту завершення процесу розпізнавання. Ступінь досягнення цілей розпізнавання буде характеризувати ефективність реалізації процесу розпізнавання. При цьому чим вищим буде ступінь досягнення цілей розпізнавання при рівності витрат на реалізацію процесів розпізнавання, тим вищою буде його ефективність.

Т.ч., загальною схемою теоретичних досліджень є: знаходження деякої функції, яка відображає множину образів (зображень) у множину, елементами якої є класи образів. Процес визначення такої функції пов’язаний з дослідженням наступних теоретичних питань:

1. Теоретичне обґрунтування процесів попередньої обробки, пов’язаних з тим, що задане зображення $f(x)$ необхідно перетворити в одне або кілька

нових зображень $f_1(x, y) \dots f_n(x, y)$ за допомогою деякого набору або послідовності певних операцій з метою приведення його до встановлених вихідних норм, тобто визначити процедури перетворень кольорового зображення в чорно-біле, масштабування, видалення шумів і т.д.

2. Вибір механізму виділення ознак, який повинен полягати в тому, що функції $f_i(x, y)$ зазнають функціональних перетворень $F_1 \dots F_m$, на основі яких визначаються ознаки зображення і, т.ч., у результаті цього зображення повинне бути представлено у вигляді масивів дійсних чисел, готових до подальшої обробки.

3. Класифікація отриманих результатів, тобто вибір механізму, який дозволить установлені ознаки вихідного зображення $f(x, y)$ зіставити з базою даних зображень.

З врахуванням сказаного, *загальною схемою практичних досліджень є:*

1. Вибір цифрового зображення з заданими параметрами, яке отримане за допомогою спеціальної інфрачервоної фотокамери або WEB-камери з додатковими спеціальними датчиками;

2. Попередня обробка: видалення шумів, яркісна та контрастна корекція, сегментація, колірна корекція – у нашому випадку, це отримання напівтонового зображення та, за необхідністю, його перетворення у чорно-біле зображення;

3. Виявлення локальних ознак серед множини глобальних ознак – розпізнавання;

4. Розуміння або інтерпретація та оцінка (класифікація) об'єкта спостереження.

1.7.3. Огляд та вибір інформативних ознак зображень для розв'язку задачі біометричної ідентифікації особи

Вибір предмета та технології розпізнавання

Складна структура біометричних показників людини не дозволяє ефективно вирішувати завдання аналізу даних по спектральних ознаках безпосередньо так, як це показано, наприклад, [25-27]. Спектральні портрети окремих об'єктів, які можуть бути використані в якості предмета ідентифікації та аутентифікації, як правило, не є стаціонарними, тому що залежать від багатьох факторів, включаючи емоційний стан людини, температурні умови, маскуючі ознаки, положення об'єкта і т.д. Найбільш стаціонарними ідентифікаторами окремої особи можуть бути її термограми, які не змінюються у часі, від впливу зовнішнього середовища, від віку людини та ін. На основі аналізу термограм системи доступу мають можливість розрізняти навіть близнюків, що до теперішнього часу не вдавалося жодній з систем, включаючи системи аналізу ДНК. Втім, щоб підвищити достовірність щодо прийняття рішень, необхідно використати апріорну інформацію про геометрію зйомки, з одного боку, і контекстну інформацію самих зображень – з іншого.

Згідно до [25], контекстна інформація спостережень виражається у вигляді просторової організації елементів, меж та самих об'єктів. Знання контексту завдання, тобто обмежень, що накладаються на взаємні зв'язки між компонентами зображення, підвищує ефективність вирішальних правил.

Найпростішою формою контекстної інформації для пікселя зображення є околиця цього пікселя. У зв'язку з цим, в [28] доведено твердження про те, що об'єктне вирішальне правило, коли береться фрагмент цілком, ефективніше піксельного вирішального правила.

Іншою формою контекстної інформації є поняття про *контур*. Таке поняття є функціоналом набору пікселів фрагмента. Перевага знаходження контурних ознак полягає в потенційних можливостях агрегації контекстної ін-

формації з певними властивостями інваріантності під конкретне завдання розпізнавання образів з наступною ідентифікацією та аутентифікацією за встановленими правилами.

На жаль, не існує загальноприйнятої теорії синтезу контурних ознак, що забезпечують, наприклад, мінімум середніх помилок розпізнавання. У зв'язку з цим контурні ознаки поки синтезуються окремо для кожного типового випадку, а якість їх перевіряється емпірично для конкретного завдання класифікації. У зв'язку з цим, виправданим може бути узагальнений підхід, який має на увазі синтез великої кількості контурних ознак з наступним дослідженням усіх підмножин створеної системи на інформативність.

Незважаючи на повсюдну присутність усіляких контурів особи на зображеннях та їх важливість для систем біометричної ідентифікації, формального підходу до їхнього опису та строгого визначення нами не знайдене. Методи розрізнення контурів, як і методи виявлення контурних ознак, розробляються окремо для кожного конкретного випадку.

В [29] під поняттям «*контурна структура*» у контексті знаходження та виділення деякої текстури, розуміється «просторова організація елементів у межах деякої ділянки поверхні». Там же пояснюється, що ця організація обумовлена певним статистичним розподілом інтенсивності сірих тонів або тонів різного кольору. Ділянка вважається *контуром*, якщо кількість відмічуваних на ньому перепадів інтенсивності або змін кольору є досить великою. В [30] під таким же поняттям мається на увазі «деяким чином організована ділянка поверхні». Контур в [31], це «матриця або фрагмент просторових властивостей ділянок зображень (в [31] – земної поверхні) з однорідними статистичними характеристиками».

Виходячи зі сказаного, можна узагальнити поняття про контури, згрупувавши їх у такий спосіб [29]:

– контури по походженню:

- штучні: графічні знаки та візерунки, розташовані на нейтральному полі;

- природні: топографічні зображення на картах, фотографії людей, рентгенівські знімки, термограми і т.д.;
- контури за структурою:
 - контури, що складаються з геометрично правильних повторюваних елементів;
 - стохастичні контури, сформовані перетворенням послідовності корельованих випадкових чисел відповідно до певних розмірів елементів текстури зображення: дрібнозернисті та грубозернисті;
- контури, сформовані за формою елементів виділюваної текстури.

З приведених визначень випливає, що контур, це деяка ділянка зображення, але не будь-яка, а тільки та, яка має однорідні статистичні характеристики. Отже, контур можна описати деякими ознаками. Під такими ознаками розуміють характерні властивості, загальні для всіх контурів даного класу [29], тобто, наприклад, для класу, який умовно назовемо «клас чорно-білих фотографій».

Ознаки контурів відіграють вирішальну роль для їхньої класифікації, а також при поділі зображень на окремі області, що є важливим положенням для використання контурів у системах ідентифікації. З цією метою проведемо аналіз та складемо систему ознак для виділення контурів відповідно до раніше поставленого нами формального завдання.

Аналіз систем контурних ознак

Перед тем як розпочати процедуру розпізнавання контуру, необхідно визначити розмір ковзного вікна, за допомогою якого він буде виділятися. Вибір розмірів вікна обумовлений тим, що контур визначається околицею точки зображення. Від розміру ковзного вікна $(2W + 1)(2W + 1)$ залежить, які властивості об'єктів характеризують обчислювальні ознаки контурів, а також їх масштаб. Так, у більшому вікні відбиваються властивості текстурної однорідності більших об'єктів. При цьому вплив окремих пікселів вікна на

величину оцінки знижується, просторове розділення кінцевої класифікації помітно погіршується [32]. З іншого боку, у занадто малому вікні може виявитися недостатньо статистичної інформації для адекватного опису властивостей контуру, а також інших об'єктів [33].

У [25, 29] дослідження впливу розміру вікна на правильну інтерпретацію чисельних значень контурних ознак показало, що у вікнах розміром 3×3 або 5×5 пікселів статистичні контурні виміри більше діють як детектори перепадів яскравості, а не як вимірники контурних ознак, хоча при цьому скорочується час обчислень (див. [31]). Занадто великі розміри вікон можуть спотворити результати через вплив країв окремих структур і самих контурів (граніць зображень), тобто у вікно можуть потрапити контури інших об'єктів та контури самого об'єкту, які на момент виділення не є предметом розпізнавання. Однак велике вікно дозволяє досягтися високої статистичної ймовірності.

Як виявилось, вікна 20×20 пікселів найбільш ефективні для попередньої загальної текстурної обробки [31]. Там же говориться, що при зміні розмірів вікна від 80×80 до 20×20 пікселів чисельні значення контурних ознак змінюються на 5...10%. Подальша зміна розміру вікна привела до значного спотворення необхідних ознак.

Визначившись з розміром вікна, можна приступити до формування системи ознак. В [29] показано, що ознак існує досить багато і їх можна розділити на групи:

- ознаки, засновані на вимірі просторових частот;
- ознаки, засновані на статистичних характеристиках рівнів інтенсивності елементів розкладання;
- ознаки, засновані на описі структурних елементів;

Надалі в роботі будемо дотримуватися наведеного поділу ознак.

Проведемо аналіз ознак, які можемо використати для виділення контурів і, базуючись на отриманих результатах, отримаємо вихідні дані для розробки системи ідентифікації особи для СЗІ.

Ознаки, засновані на вимірі просторових частот

Першою ознакою, яка може служити для виділення контурів [25, 29], та яка базується на вимірі просторових частот, є автокореляційна функція, приведена у [34]:

$$A(\xi, \eta; j, k) = \frac{\sum_{m=j-W}^{j+W} \sum_{n=k-W}^{k+W} f(m, n) f(m - \xi, n - \eta)}{\sum_{m=j-W}^{j+W} \sum_{n=k-W}^{k+W} [f(m, n)]^2}.$$

Як показано там же, вона обчислюється у вікні розміром $(2W + 1) \times (2W + 1)$ для кожної точки зображення (j, k) з урахуванням зсуву вікна на $(\xi, \eta) = 0; \pm 1; \pm 2; \dots$, де $f(m, n)$ – яскравість пікселя в точці (m, n) .

При фіксованому цілочисельному зрушенні (ξ, η) більші значення $A(\xi, \eta, j, k)$ відповідають області грубозернистої текстури, тобто розмір зерна пропорційний ширині автокореляційної функції, яка по визначенню є другим моментом:

$$T(j, k) = \sum_{\xi=-T}^T \sum_{\eta=-T}^T \xi^2 \eta^2 A(\xi, \eta; j, k). \quad (1.1)$$

Як видно, співвідношення (1.1) може служити ознакою, яка характеризує зернистість зображення.

У якості другої ознаки, яка базується на вимірі просторових частот [25], можна використовувати систему ознак, засновану на аналізі спектра Фур'є для конкретного зображення $f(x, y)$ [29]:

$$F(u, v) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x, y) e^{-2\pi i(ux+vy)} dx dy.$$

Враховуючи, що радіальний розподіл спектра потужності $|F|^2$ є чутливим до зернистості зображення, систему ознак можна скласти зі значень спектра, усереднених у межах кілець, центри яких перебувають на початку ко-

ординат, тобто $\Phi_r = \int_0^{2\pi} |F(r, \theta)|^2 d\theta$, де r – радіус. Кутовий розподіл спектра потужності є чутливим до орієнтації окремих векторів контуру. Контурному зображенню, яке виділяється з об’єкта, що має границі, орієнтовані в якомусь одному напрямку θ , відповідає більша величина спектра, зосереджена поблизу напрямку $\theta \pm \frac{\pi}{2}$. У той же час, для об’єкта, який не має границь чітко спрямованого характеру, відповідає ненаправлений спектр. У цьому випадку ознаки формуються усередненням спектра в межах секторів, які мають вершини на початку координат:

$$\Phi_\theta = \int_0^\infty |F(r, \theta)|^2 dr. \quad (1.2)$$

Для зображення, яке може бути представлено в цифровій формі у вигляді матриці $n \times n$ елементів, безперервне перетворення Фур’є замінюють його дискретним аналогом:

$$F(u, v) = \frac{1}{n^2} \sum_{k=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} f(k, j) e^{-2\pi i(ku+lv)}, \quad 0 \leq (u, v) \leq n-1. \quad (1.3)$$

Тоді система ознак прийме вигляд:

$$\begin{aligned} \Phi_{r_1, r_2} &= \sum |F(u, v)|^2 \left| \begin{array}{l} r_1^2 \leq u^2 + v^2 \leq r_2^2 \\ 0 \leq (u, v) \leq n-1. \end{array} \right. \\ \Phi_{\theta_1, \theta_2} &= \sum |F(u, v)|^2 \left| \begin{array}{l} \theta \leq \arctg\left(\frac{u}{v}\right) \leq \theta_2; \\ 0 \leq (u, v) \leq n-1. \end{array} \right. \end{aligned} \quad (1.4)$$

Спільне використання ознак (1.3) та (1.4) дозволяє зробити систему чутливою як до розмірів, так і до орієнтації елементів, що утворюють контур. У такій системі ознак використовується не більш чотирьох кілець і чотирьох секторів. Відзначимо, що при здійсненні перетворення (1.2), відповідно до [25, 29], вихідне зображення $f(k, j)$ розглядається як періодичне, тобто, начебто крайній лівий стовпець матриці вхідного сигналу точно відповідає крайньому правому стовпцю, а верхній рядок – нижньому. Оскільки, як пока-

зали результати моделювання, у дійсності крайні стовпці та рядки відрізняються один від одного, то у вхідному сигналі з'являються стрибкоподібні крайові ефекти. Внаслідок цього виникає ефект неправильної спрямованості, так як в спектрі потужності з'являються високі частоти, що веде до неправильного встановлення ознак контуру.

Для компенсації вище наведеного ефекту, при практичній реалізації процедури розпізнавання контуру, використовують метод придушення впливу апертури, який заснований на дзеркальному відбитті заданого зображення по осях x та y для одержання зображення розміром $2n \times 2n$. У новому зображенні верхні та нижні рядки, а також крайні стовпці збігаються і, т.ч., крайові ефекти не виникають.

Проведені експериментальні дослідження показали, що застосування методу придушення впливу апертури при знаходженні ознак контурів по спектру Фур'є, дозволяє збільшити ймовірність їх правильного виділення в середньому на 6%, що корелюється з результатами з [25, 29]. Втім, це не дає приводу до того, щоб використовувати розглянуту ознаку в системах біометричної ідентифікації у зв'язку з великою обчислювальною складністю та великих витратах машинного часу.

Ознаки, засновані на статистичних характеристиках

У якості ознак, які засновані на статистичних характеристиках зображення, можна використовувати статистичні моменти просторових розподілів. Вони обчислюються як виміри однорідностей по одновимірній гістограмі значень сигналів (характеристики 1-го порядку) і по двовимірним гістограмах значень сигналів (характеристики 2-го порядку).

Так, у якості чисельних оцінок контурів по одновимірній гістограмі можна використовувати наступні статистичні характеристики [33]:

– k -й початковий момент:

$$T_1^k = n^{-2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [f(i, j)]^k; \quad (1.5)$$

– ентропію:

$$T_2 = - \sum_{g=0}^{N-1} F(g) \log_{10} F(g); \quad (1.6)$$

– енергію:

$$T_3 = - \sum_{g=0}^{N-1} [F(g)]^2; \quad (1.7)$$

– варіацію:

$$T_4 = - \sum_{g=0}^{N-1} (g - \mu)^2 F(g), \quad (1.8)$$

де n – розмір ковзного вікна в пікселях; $f(i, j)$ – яскравість пікселя в точці (i, j) ковзного вікна; N – кількість градацій яскравості зображення; $F(g)$ – кількість пікселів з яскравістю g ; μ – середнє у вікні (T_{mom1}^1).

Аналіз показує, що контурні оцінки (1.5)-(1.8), які обчислюються по од- номірній гістограмі частот, не враховують взаємного розташування сусідніх пікселів у ковзному вікні та дозволяють оцінювати лише групові властивості пікселів, що входять до складу того або іншого об'єкта на зображенні. Т.ч., можна зробити висновок про те, що дані оцінки ефективні лише для опису контурів з невираженою просторовою регулярністю.

Для формування контурних ознак, які враховують взаємне розташування пікселів усередині ковзного вікна, в [30, 31, 33, 35] приводиться підхід, за- снований на використанні *матриці суміжності* (в [31] – *матриця розподілу градієнтів*). Надалі будемо використовувати поняття «матриця суміжності».

Нехай аналізоване зображення є прямокутним та має N_x елементів по горизонталі та N_y елементів по вертикалі. При цьому $G = \{1, 2, \dots, N\}$ – мно- жина N квантованих значень яскравості. Тоді зображення описується функ- цією значень яскравості з множини G , тобто $f: L_x L_y \rightarrow G$, де

$L_x = \{1, 2, \dots, N_x\}$ та $L_y = \{1, 2, \dots, N_y\}$ – горизонтальні та вертикальні просторові області, відповідно. Набір N_x та N_y є набір елементів роздільної здатності в растровому зображенні. Матриця суміжності містить відносні частоти p_{ij} наявності на зображенні сусідніх елементів, які розташовані на відстані d один від одного, з яскравостями $i, j \in G$. Звичайно розрізняють горизонтальні ($\alpha = 0^\circ$), вертикальні ($\alpha = 90^\circ$) та поперечно-діагональні ($\alpha = 45^\circ$ та $\alpha = 135^\circ$) пари елементів. Слід зазначити, що ці матриці симетричні, а саме: $P(i, j, d, \alpha) = P(j, i, d, \alpha)$.

На основі обчислених матриць суміжності стає можливим розрахунок безпосередньо чисельних оцінок ряду контурних ознак [33]:

– середнє:

$$T_5 = \mu_i = \mu_j = \sum_{i=0}^{N-1} \left[i \sum_{j=0}^{N-1} P(i, j) \right]; \quad (1.9)$$

– енергія:

$$T_6 = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} [P(i, j)]^2; \quad (1.10)$$

– варіація:

$$T_7 = \sigma_i^2 = \sum_{i=0}^{N-1} \left[(i - \mu_2)^2 \sum_{j=0}^{N-1} P(i, j) \right]; \quad (1.11)$$

– однорідність:

$$T_8 = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} P(i, j) / (1 + |i - j|), \quad (1.12)$$

де $P(i, j)$ – частота появи двох пікселів у ковзному вікні з яскравістю i та j під кутом α на відстані d ; σ_i – середньоквадратичне відхилення яскравості в ковзному вікні.

Статистичні моменти (1.9)-(1.12) дозволяють формувати контурні ознаки, які враховують взаємне розташування сусідніх пікселів у ковзному вікні і, відповідно, є ефективними для опису контурів з вираженою просторовою ре-

гулярністю.

В [29, 31] приводяться наступні загальні ознаки, що використовуються при розпізнаванні зображень, які можна узагальнити на технологію розпізнавання контурів:

– другий кутовий момент $T_9 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left(\frac{P(i, j)}{M} \right)^2$, де M – загальна кількість пар елементів, які примикають один до одного (наприклад, для $d=1$,

$\alpha=0$, $M=2N_y(N_x-1)$). Ознака T_9 є атрибутом однорідності (гомогеності) зображення і для елементів, що примикають один до одного, є мінімальним значенням;

– контраст $T_{10} = \sum_{n=0}^{N-1} n^2 \left[\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{P(i, j)}{M} \right], |i-j|=n$: визначається величиною

локальних варіацій яскравості зображення. Зі збільшенням числа локальних варіацій контраст зростає;

– коефіцієнт кореляції $T_{11} = \sigma_x^{-1} \sigma_y^{-1} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left[ij \left(\frac{P(i, j)}{M} \right) - m_x m_y \right]$, де m_x , m_y ,

σ_x , σ_y – середні значення та середньоквадратичні відхилення для

$p_x(i) = \sum_{j=1}^N \frac{P(i, j)}{M}$ та $p_y(j) = \sum_{i=1}^N \frac{P(i, j)}{M}$ відповідно. Ознака T_{11} служить мі-

рою лінійності регресійної залежності яскравості на зображенні;

– дисперсія $T_{12} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=0}^N (i-m)^2 \left(\frac{P(i, j)}{M} \right)$: визначає варіації яскравості щодо

середнього значення;

– момент зворотної різниці $T_{13} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left[1 + (i-j)^2 \right]^{-1} \left(\frac{P(i, j)}{M} \right)$: тісно

пов'язаний з контрастом та відображає ступінь розкиду елементів матриці градієнтів навколо головної діагоналі. Ця ознака є альтернативою контрасту у випадку виділення крайових структур, оскільки відносно більші різниці в значеннях яскравості вносять мінімальний вклад у кінцевий результат.

– сумарне середнє: $T_{14} = \sum_{n=2}^{2N} n p_+(n)$, де $p_+ = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{P(i, j)}{M}$ при $i + j = n$,

$n = 2, 3, \dots, 2N$ – гістограма сум значень яскравості. Ознака T_{14} визначається гістограмою сум значень яскравості $p_+(n)$ по парах елементів зображення, яка безпосередньо пов'язана з матрицею суміжності;

– сумарна дисперсія $T_{15} = \sum_{n=2}^{2N} (n - T_{14})^2 p_+(n)$: служить мірою варіацій яскравості щодо сумарного середнього;

– сумарна ентропія для гістограми сум значень яскравості

$T_{16} = \sum_{n=2}^{2N} p_+(n) \log p_+(n)$ визначається класичною мірою статистичної теорії

інформації та виражає нерівномірність розподілу яскравісних властивостей елементів зображення;

– ентропія $T_{17} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left(\frac{P(i, j)}{M} \right) \log \left(\frac{P(i, j)}{M} \right)$: визначається так само, як і

сумарна ентропія, але тільки для матриці суміжності;

– диференціальна дисперсія $T_{18} = \sum_{n=0}^{N-1} \left[n - \sum_{m=0}^{N-1} p_-(m) \right]^2 p_-(n)$, де $|i - j| = m$:

виражається через гістограму різниць значень яскравості $p_-(n) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{P(i, j)}{M}$ по

парах елементів зображення, яка утворюється з матриці суміжності;

– диференційна ентропія $T_{19} = - \sum_{m=0}^{N-1} p_-(n) \log p_-(n)$: розраховується як

сумарна ентропія та ентропія для матриці суміжності, але для гістограми різниць значень яскравості;

– інформаційна міра кореляції:

$$T_{20} = T_{17} + \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P(i, j) \left[\log \sum_{i=1}^N p(i, j) \sum_{i=0}^N p(i, j) \right]}{\max \{H(X)H(Y)\}},$$

$$\text{де } H(X) = -\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left(\frac{P(i,j)}{M} \right) \log \sum_{j=1}^N \left(\frac{P(i,j)}{M} \right); \quad H(Y) = -\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N \left(\frac{P(i,j)}{M} \right) \log \sum_{i=1}^N \left(\frac{P(i,j)}{M} \right),$$

$$p(i,j) = \frac{P(i,j)}{M};$$

$$\text{– інформаційна міра } T_{21} = \left\{ 1 - e^{-2 \left(-\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N K(i,j) - T_{17} \right)} \right\}^{0,5}, \quad \text{де } K(i,j) = \sum_{j=1}^N \left(\frac{P(i,j)}{M} \right) \times$$

$$\times \sum_{i=1}^N \left(\frac{P(i,j)}{M} \right) \log \left(\sum_{j=0}^N \left(\frac{P(i,j)}{M} \right) \sum_{i=1}^N \left(\frac{P(i,j)}{M} \right) \right).$$

Інформаційні міри визначаються співвідношеннями класичної статистичної теорії інформації для елементів матриці суміжності, гістограми сум значень яскравості та гістограми різниць значень яскравості.

– максимальний коефіцієнт кореляції (друге найбільше власне значення

$$Q) \quad T_{22} = Q^{0,5}, \quad \text{де } Q = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{P(i,k)}{M} \right) \left(\frac{P(j,k)}{M} \right)}{\sum_{j=1}^N \left(\frac{P(i,k)}{M} \right) \sum_{i=1}^N \left(\frac{P(i,k)}{M} \right)} \text{ – нормована енергія матриці}$$

суміжності, що обчислюється по матриці суміжності, рядах з елементів рядків та стовпців цієї матриці, та має властивості, які не проявляються в T_{11} (коефіцієнт кореляції).

Ознаки $T_9, T_{16}, T_{17}, T_{19}, T_{20}, T_{22}$ мають властивості інваріантності при монотонних перетвореннях яскравості. Як свідчать численні літературні джерела, для реальних контурів, перед обчисленням матриці розподілу градієнтів, динамічний діапазон зображень по яскравості доцільно зменшити шляхом відповідної нелінійної обробки (наприклад, еквалізації) до $N = 4 \dots 16$.

Контурні ознаки також можна виділити з використанням двовимірної гістограми розподілу яскравостей, яка будується в такий спосіб: уводиться двовимірний цілочисельний масив $B(s,r)$ з розмірністю N по кожній координаті. Далі, через $S(*)$ позначається інтенсивність оцифрованого зображен-

ня першого з каналів, які аналізуються, а через $R(*)$ – інтенсивність оцифрованого зображення другого каналу даних. Далі аналізуються яскравості каналу $s \in S$ та каналу $r \in R$. Ці значення округляються до найближчого цілого і здійснюється акумуляція частот усіх пар значень (s, r) у масиві $B(s, r)$ з наступним нормуванням за необхідною шкалою. На підставі цієї двовимірної гістограми розподілу яскравостей можна виділити наступні основні ознаки:

$$- \text{середнє по першому каналу: } S(*)T_{23} = \sum_{-m}^m \left[\mu \sum_{-m}^m B(\mu, \nu) \right], \quad \mu \in S(s, r);$$

$$- \text{середнє по другому каналу: } R(*)T_{24} = \sum_{-m}^m \left[\nu \sum_{-m}^m B(\mu, \nu) \right], \quad \nu \in R(s, r).$$

$$- \text{ентропія: } T_{25} = - \sum_{-W}^W \sum_{-W}^W B(\mu, \nu) \ln(\mu, \nu).$$

$$- \text{енергія: } T_{26} = - \sum_{-W}^W \sum_{-W}^W [B(\mu, \nu)]^2.$$

$$- \text{кореляція: } T_{27} = \sum_{-W}^W \sum_{-W}^W (\mu - T_{23})(\nu - T_{24})B(\mu, \nu).$$

$$- \text{інформаційна міра: } T_{28} = \sum_{-W}^W \sum_{-W}^W B(\mu)B(\nu) \ln B(\mu, \nu).$$

Ознаки, що засновані на описі структурних елементів

Як впливає из літературних джерел [29, 36, 37], останнім часом усе більший розвиток отримує структурний підхід до опису контурів. Він заснований на аналізі форми та розмірів елементів, що становлять контур, з наступним обчисленням локальних ознак та аналізом розподілу окремих елементів контуру по полю зображення.

В [29] представлені ознаки, які базуються на вимірі довжин однакових серій елементів контуру. Згідно до того ж джерела, довжина серії – це число елементів рядка растра, що мають постійну яскравість. Нехай $C_p(i, j)$ означає кількість ліній, довжина яких рівна j , та які орієнтовані в напрямку ρ .

Ці лінії складаються з точок зображення, рівні інтенсивності яких лежать в i -му інтервалі. Тоді можна виділити наступні ознаки:

– вага ліній, що мають постійну оптичну щільність, тобто:

$$T_{29} = \frac{\sum_{i,j} j^2 C_{\rho}(i, j)}{\sum_{i,j} C_{\rho}(i, j)}. \text{ Ця ознака характеризується тим, що для будь-якого рівня}$$

сірого вага кожної лінії збільшується в міру збільшення довжини.

– розподіл рівнів сірого $T_{30} = \frac{\sum_i \left(\sum_j C_{\rho}(i, j) \right)^2}{\sum_{i,j} C_{\rho}(i, j)}$. Ця ознака має мінімум у

тих випадках, коли число ліній постійної оптичної щільності рівномірно розподілене по рівнях сірого;

– розподіл довжини ліній постійної оптичної щільності

$$T_{31} = \frac{\sum_j \left(\sum_i C_{\rho}(i, j) \right)^2}{\sum_{i,j} C_{\rho}(i, j)} \text{ – має мінімум при рівномірному розподілі.}$$

– відносне число ліній постійної оптичної щільності $T_{32} = \frac{\sum_{i,j} C_{\rho}(i, j)}{N_x N_y}$. Зна-

чення цієї ознаки максимально, коли всі лінії мають малі довжини.

Розв'язок проблеми вибору інформативних ознак для систем біометричної ідентифікації

Слід зазначити, що не всі розглянуті характеристики однаково інформативні при класифікації тих або інших утворень на зображеннях, які можуть бути використані в системах біометричної ідентифікації. Пояснюється це їх складною програмною реалізацією. У зв'язку з цим, для збільшення обчислювальної ефективності алгоритмів необхідно вирішити завдання аналізу інформативності та оптимізації розширеної системи ознак.

Основне питання при побудові системи ознак полягає в тому, щоб визначити, які та скільки ознак необхідно виділити для надійної класифікації об'єктів на зображенні. При цьому слід керуватися принципом обліку властивостей регулярності об'єкта: якщо об'єкт, який класифікується, має деяку регулярність, то цю регулярність необхідно покласти в основу формування системи ознак. Більш того, необхідно передбачити, щоб ця регулярність була властива всім об'єктам, які належать даному класу [33].

В [38] говориться, що формальної процедури завдання вихідної системи ознак поки не існує. Ознаки, використовувані при розв'язку тих або інших завдань, задаються лише на підставі досвіду та інтуїції фахівця. З обраної таким способом вихідної системи, тим або іншим формальним шляхом вибирається більш економічна та найбільш інформативна підсистема опису образів. Сам же процес завдання вихідної системи ніяк не формалізований. Існує думка, що потрібно задавати все, що тільки можна використати в якості інформативності. Але це вірно тільки в принципі. На практиці ж надмірне роздування вихідної системи ознак не є надто шкідливим через те, що ступінь показності вибірки одного й того ж самого обсягу обернено пропорційна розмірності простору ознак. У випадку використання жорстко встановлених вирішальних функцій, додавання ознак при малій навчальній вибірці може не тільки не поліпшити, але навіть погіршити якість навчання пристрою розпізнавання. Зрозуміло, при необмеженій вибірці, додавання ознаки, що навіть не несе ніякої інформації, ніколи не може погіршити якість розпізнавання.

У проблемі вибору інформативних ознак слід виділити два основні моменти, а саме [38]:

- 1) необхідно визначити функціонал інформативності підсистеми ознак;
- 2) необхідно визначити технологію формування послідовностей досліджуваних на інформативність підпросторів ознак.

Насамперед відмітимо, що адекватним завданню оцінювання якості (інформативності) комплексів ознак є лише середній ризик або емпірична оцінка останнього по навчальній вибірці, тобто той же критерій, мінімізацією

якого отримано оптимальне правило розпізнавання образів: у нашому випадку – контурів.

Що стосується способів вибору підпросторів ознак, то різноманітність застосовуваних на практиці способів є невеликою. Зазначимо, що розв'язок поставленого завдання є відомим та тривіальним: для одержання оптимальної підсистеми з k ознак, обраних серед n вихідних компонентів вектора спостереження, потрібно лише зробити порівняння обчислених на різних k -мірних підпросторах значень критерію інформативності та зафіксувати той набір k ознак, на якому обраний критерій досягає оптимуму. Кількість таких підрахунків критерію оптимальності дорівнює числу $\binom{n}{k}$ – комбінацій з n ознак по k . Але навіть для порівняно невеликих k та n , кількість підрахунків становить астрономічні цифри щодо витрат машинного часу.

Зважаючи на сказане, на практиці широко застосовуються способи усічених переборів підпросторів ознак. Так, в алгоритмі, який умовно назовемо «А», може виконуватися усічений перебір. При такому переборі система ознак скорочується шляхом послідовного виключення малоінформативних ознак.

У варіанті «Б» система інформативних ознак може набиратися послідовно шляхом послідовного включення високоінформативних ознак.

В [39] показана практична реалізація комбінованого алгоритму вибору інформативних підпросторів k ознак. Він являє собою модифікований варіант усіченого перебору. Процес розширення системи ознак блоками триває доти, поки інформативна сукупність $i + j + \dots + l$ k ознак не досягне шуканої величини k . В окремому випадку, зважаючи на $i = j = \dots = l = 1$, можна отримати алгоритм «Б».

Аналогічне узагальнення допускає алгоритм усіченого перебору підпросторів «А», у якому скорочення вихідної розмірності n також здійснюється блоками в режимі умовно повного перебору. Тим самим пропонується алгоритм дозволяє розглядати додаткові варіанти просторів ознак та досліджувати їх на інформативність.

На закінчення підрозділу відзначимо тенденції в розвитку методів опису контурів, як одного з різновидів опису загальних текстур зображень.

Як випливає з [29], останнім часом з'являється усе більше робіт з аналізу кольорових зображень та динамічних текстур. При аналізі кольорових зображень для опису контурів вводяться додаткові ознаки, засновані на вимірі рівнів інтенсивності кожного кольору та їх розподілу по полю зображення. При аналізі динамічних текстур, які змінюються в часі, вводиться фактор часу, що представляє собою третій вимір. Він додається до двох просторових координат. У цьому випадку всі зміни контурних ліній моделюються переміщенням окремих незмінних частин (зрушенням, обертанням і т.д.).

Сучасний стан проблеми аналізу та виділення контурних ліній на зображеннях характеризується різноманіттям пропонованих методів, що пояснюється як широким діапазоном розглянутих об'єктів розпізнавання, так і різним характером розв'язуваних завдань. Далі в роботі показано, що найбільш доцільними та наочними ознаками для розв'язку завдання біометричної ідентифікації, виявилися ознаки, які базуються на побудові одномірних гістограм. При цьому показана необхідність попередньої обробки зображень з метою поліпшення якості розпізнавання та його ймовірності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ПЕРШОДЖЕРЕЛ

1. Горбатюк, О. М. Сучасний стан та проблеми інформаційної безпеки України на рубежі століть [Текст] / О. М. Горбатюк // Вісник Київського університету імені Т. Шевченка. – 1999. – № 14 : Міжнародні відносини. – С. 46-48.
2. Баринов, А. Информационный суверенитет или информационная безопасность? [Текст] / А. Барсуков // Національна безпека і оборона. – 2001. – № 1. – С. 70-76.
3. Бучило, И. Л. Информационное право: основы практической информации [Текст] : монографія / И. Л. Бучило. – М., 2001. – 253 с.
4. Борсуковский, Ю. Подходы и решения : Информационная безопасность [Текст] / Ю. Борсуковский // Мир денег. – 2001. – № 5. – С. 41-42.
5. Щербина, В. М. Інформаційне забезпечення економічної безпеки підприємств та установ [Текст] / В. М. Щербина // Актуальні проблеми економіки. – 2006. – № 10. – С. 220-225.
6. Березюк, Л. П. Организационное обеспечение информационной безопасности [Текст] : навч. посібник / Л. П. Березюк. – Хабаровськ : ДВГУПС, 2008. – 188 с.
7. Игнатъев, В. А. Информационная безопасность современного коммерческого предприятия [Текст] : монографія / В. А. Игнатъев. – Старий Оскол : ООО «ТНТ», 2005. – 448 с.
8. Маракова, І. Захист інформації [Текст] : підручник / Маракова І., Рибак А., Ямпольський Ю. – Одеса : ОдНПУ, 2001. – 164 с.
9. Захаров, Е. Информационная безопасность или опасность отставания? [Текст] / Е. Захаров // Права людини. – 2000. – № 1. – С. 3-5.
10. Про інформацію : закон України [Текст] : [закон України : офіц. текст: за станом на 02 жовтня 1992 року]. – К.. : Парламентське вид-во, 1996. – Т.4.
11. Про захист інформації в автоматизованих системах : закон України [Текст] : [закон України : офіц. текст: за станом на 05 липня 1994 року]. – К.. : Парламентське вид-во, 1996. – Т.7.
12. Литвиненко, О. Інформація і безпека [Текст] / О. Литвиненко // Нова політика. – 1998. – № 1. – С. 47-49.
13. Горбатюк, О. М. Сучасний стан та проблеми інформаційної безпеки України на рубежі століть [Текст] / О. М. Горбатюк // Вісник Київського університету імені Т. Шевченка. – 2009. – № 14 : Міжнародні відносини. – С. 46-48

14. Остроухов, В. В. До проблеми забезпечення інформаційної безпеки України [Текст] / В. В. Остроухов // Політичний менеджмент. – 2008. – № 4. – С. 135–141.
15. Павлидис, Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений [Текст] / Т. Павлидис. – М. : Радио и связь, 1986. – 394 с. – ISBN відсутній : [Електронний ресурс] // Портал : eknigu.com. – Режим доступу \www/ URL: [http://www.eknigu.com/info/Cs_Computer_20_science/CsIp_Image_20processing/Pavlidis_20T._20_Algoritmy_20mashinn_oj_20grafiki_20i_20obrabotki_20izobrazhenij_20\(RiS,_201986\)\(ru\)\(K\)\(T\)\(394s\)_CsIp_.djvu#a](http://www.eknigu.com/info/Cs_Computer_20_science/CsIp_Image_20processing/Pavlidis_20T._20_Algoritmy_20mashinn_oj_20grafiki_20i_20obrabotki_20izobrazhenij_20(RiS,_201986)(ru)(K)(T)(394s)_CsIp_.djvu#a). – Заголовок з документа, доступ вільний, 14.01.2013.
16. Искусственный интеллект. Книга 1. Системы общения и экспертные системы : довідник / коллект. авторов ; под. ред. Э. Попова. – М. : Радио и связь, 1990. – 464 с. – ISBN 5-256-00365-8 (кн. 1) : [Електронний ресурс] // Портал : без назви. – Режим доступу \www/ URL: <http://www.twirpx.com/file/218565>. – Заголовок з документа, доступ вільний, 14.01.2013.
17. Александров, В. В. Алгоритмы и программы структурного метода обработки данных : монография / В. В. Александров, Н. Д. Горский. – Л. : Наука, 1983. – 208 с. – ISBN відсутній.
18. Александров, В. В. Базы видеоданных: проблемы и перспективы : монография / В. В. Александров, Н. Д. Горский. – Л. : ЛНИВЦ, 1985. – 72 с. – ISBN відсутній.
19. Александров, В. В. Представление и обработка изображений. Рекурсивный подход : монография / В. В. Александров, Н. Д. Горский. – Л. : Наука, 1985. – 192 с. – ISBN відсутній.
20. Common Criteria [Електронний ресурс] / Портал : Вільна енциклопедія. – Режим доступу \www/ URL: http://uk.wikipedia.org/wiki/Common_Criteria#.D0.A1.D0.BF.D0.BE.D1.81.D1.82.D0.B5.D1.80.D0.B5.D0.B6.D0.B5.D0.BD.D1.96.D1.81.D1.82.D1.8C. – Заголовок з екрану, доступ вільний, 14.01.2013.
21. Bonsor, K. How Facial Recognition Systems Work [Електронний ресурс] / K. Bonsor, R. Johnson // Портал : Howstuffworks – Режим доступу \www/ URL: <http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/high-tech-gadgets/facial-recognition.htm>. – Заголовок з екрану, доступ вільний, 15.01.2013.
22. Цифровая обработка сигналов в оптике и голографии : Введение в цифровую оптику [Текст] / Л. П. Ярославский. – М. : Радио и связь, 1987. – 296 с. : ил., табл. – Библиогр. : с. 291–294. – ISBN відсутній.

23. Александров, В. В. ЭВМ видит мир : монография / В. В. Александров, Н. Д. Горский. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1990. – 136 с. – ISBN відсутній.
24. Распознавание лиц [Электронный ресурс] / Портал : Википедия. – Режим доступа \www/ URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Распознавание_лиц. – Заголовок з екрану, доступ вільний, 16.10.2012.
25. Колодникова, Н. В. Обзор текстурных признаков для задач распознавания образов [Текст] / Н. В. Колодникова // Доклады ТУСУР : Автоматизированные системы обработки информации, управления и проектирования. – 2004. – БН. – С. 113-124. – ISSN відсутній. – [Электронный ресурс] / Портал : tusur.ru. – Режим доступа \www/ URL: www.tusur.ru/filearchive/reports-magazine/2004-9-1/113.pdf. – Заголовок з контейнера, доступ вільний, 23.04.2013.
26. Спектральный анализ меридиональной системы [Электронный ресурс] / Портал : tusur.ru. – Режим доступа \www/ URL: http://skfb.ru/pr110_aa1.html. – Заголовок з екрану, доступ вільний, 23.04.2013.
27. Традиционные методы биометрической аутентификации и идентификации : навчальний електронний посібник / Колешко В. М., Воробей Е. А., Азизов П. М. [та ін.]. – Минск : БНТУ, 2009. – 107 с. – ISBN відсутній. – [Электронный ресурс] / Портал : BNTU. – Режим доступа \www/ URL: rep.bntu.by/bitstream/data/780/7/Основной%20текст.pdf. – Заголовок з контейнера, доступ вільний, 24.04.2013.
28. Протасов, К. Т. Непараметрический алгоритм распознавания объектов подстилающей поверхности Земли по данным аэрокосмической съемки [Текст] / К. Т. Протасов, А. И. Рюмкин // Вестник Томского государственного университета. – 2002. – №275. – С. 41-46. – ISSN відсутній.
29. Андреев, Г. А. Анализ и синтез случайных пространственных текстур [Текст] / Г. А. Андреев, О. В. Базарский, А. С. Глауберман та ін. // Зарубежная радиоэлектроника. – 1984. – №2. – С. 3-33. – ISSN відсутній.
30. Харалик, Р. М. Статистический и структурный подходы к описанию текстур [Текст] / Р. М. Харалик // ТИИЭР. – 1979. – Т.67. – №5. – ISSN відсутній.
31. Потапов, А. А. Новые информационные технологии на основе вероятностных текстурных и фрактальных признаков в радиолокационном обнаружении малоконтрастных целей [Текст] / А. А. Потапов // Радиотехника и электроника. – 2003. – Т.48. – №9. – С. 1101-1119. – ISSN відсутній.

32. Сергеев, В. В. Параллельно-рекурсивные КИХ-фильтры для обработки изображений [Текст] / В. В. Сергеев // Компьютерная оптика. – 1992. – №10-11. – С.186-201. – ISSN відсутній.
33. Напрюшкин, А. А. Алгоритмическое и программное обеспечение системы интерпретации аэрокосмических изображений для решения задач картирования ландшафтных объектов : Дис.... канд. техн. наук. – Томск, 2002. – 183 с.
34. Цифровая обработка изображений : в 2 кн., пер. с англ. / У. Претт. – М. : Мир, 1982. – 790 с. – ISBN 978-5-94836-122-2.
35. Обиралов, А. И. Дешифрирование снимков для целей сельского хозяйства : навчальний посібник / А. И. Обиралов. – М. : Недра, 1982. – 144 с. – ISBN відсутній.
36. Вишневский, В. В. Структурный анализ цифровых контуров изображений как последовательностей отрезков прямых и дуг кривых [Текст] / В. В. Вишневский, В. Г. Калмыков // Штучний інтелект. – 2004. – №3. – С. 479-488. – ISSN відсутній.
37. Калмыков, В. Г. Структурный метод описания и распознавания отрезков цифровых прямых в контурах бинарных изображений / В. Г. Калмыков // Штучний інтелект. – 2002. – №4. – С. 450-457. – ISSN відсутній.
38. Загоруйко, Н. Г. Методы распознавания и их применение : монографія / Н. Г. Загоруйко. – М. : Советское радио, 1972. – 208 с. – ISBN відсутній.
39. Pushkareva, T.G. Detection of fires from satellite images using a nonparametric algorithm of pattern recognition in space of the informative parameters [Текст] / Т. G. Pushkareva, К. Т. Protasov // Proceedings of SPIE. – 2000. – V. 4341. – С. 283-285. – ISSN відсутній.
40. Кормилицына И. Г. Финансовая стабильность: сущность, факторы, индикаторы [Электронный ресурс] / Портал : Финансы и кредит. – Режим доступа \www/ URL: <http://www.fin-izdat.ru/journal/fc/detail.php?ID=43883>. – Финансы и кредит, 2011. – №35(467). – С. 44-54. – Заглавие из текста, доступ свободный, 10.10.2012.
41. Арсентьев М. Финансовая безопасность России [Электронный ресурс] / Портал : Проблемы безопасности России. – Режим доступа \www/ URL: http://www.rau.su/observer/N08_00/08_21.htm. – Заглавие с экрана, доступ свободный, 12.10.2012.
42. Овчинникова А. В. Экономический рост в рамках устойчивого развития социально-эколого-экономической системы [Электронный ресурс] / Портал : Экономика и право. – Режим доступа \www/ URL: http://www.vestnik.udsu.ru/2012/2012-022/vuu_12_022_08.pdf. – Заглавие из текста, доступ свободный, 10.10.2012.

43. Ткаченко В. Г. Об особенностях финансовой безопасности Украины в условиях рыночных трансформационных процессов [Электронный ресурс] / Режим доступа \www/ URL: http://www.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/e_apk/2009_6/09_06_01.pdf. – Заглавие из текста, доступ свободный, 12.10.2012.
44. Ивашина, С. Ю. Инфраструктура социализации экономики [Текст] / С. Ю. Ивашина // Бизнес-информ. – Х. : ХНЭУ. – 2012. – № 6. – С. 13-17.
45. Коваленко Е. В. Экономическая безопасность регионов в социально-экономическом контексте [Электронный ресурс] / В.Г. Ткаченко, Е.В Коваленко // Режим доступа \www/ URL: http://www.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/vchu/N151/N151p129-135.pdf. – Заглавие из текста, доступ свободный, 12.10.2012.
46. Столбов, М. И. Финансовый рынок и экономический рост: контуры проблемы [Текст] : монография / М.И. Столбов // М. : Научная книга, 2008. – 201 с. – (Россия в мировой экономике). – ISBN 978-5-91393-007-1.
47. Доклад о человеческом развитии 2011. Устойчивое развитие и равенство возможностей: лучшее будущее для всех [Электронный ресурс] / Режим доступа \www/ URL: http://www.hdr.undp.org/en/media/HDR_2011_RU_Complete.pdf. – Заглавие из текста, доступ свободный, 12.10.2012. – Опубликовано для Программы развития Организации Объединенных Наций (ПРООН).
48. Терентьев А.М., Ляпичева Н.Г., Кочетова Н.А. Мониторинг корпоративной сети ЦЭМИ РАН в условиях использования коммутатора Cisco Catalyst-2924 / Развитие и использование средств сетевого мониторинга и аудита. – Вып. 1. – Сборн. статей под ред. А.М. Терентьева – М. : ЦЭМИ РАН, 2004. – С. 75-87.
49. Жуков А.В., Аминова И.В. Исследование сетевого трафика web-ресурса «Петрозаводский государственный университет» / [Электронный ресурс] : www.energy-links.com (Режим доступа – свободный).
50. Кочетова Н.А., Ляпичева Н.Г. Методы и средства защиты магистральных маршрутизаторов и серверов удаленного доступа производства Cisco Systems / Вопросы информационной безопасности узла Интернет в научных организациях : Сборник статей под ред. М.Д. Ильменского. – М. : ЦЭМИ РАН, 2001. – С.10-42.
51. Хорошко В.А., Шелест М.Е., Маракова И.И., Сыропятов А.А. Защита информации в беспроводных системах связи // Захист інформації. – К.: ДУИКТ. – 2005. – №3 (25) – С. 83- 91.

52. Потапов М.В., Сиропятов А.О., Оценка эффективности информационной защиты комплексных систем связи // Управління проектами та розвиток виробництва: Вісник СНУ ім. В. Даля. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля. – 2006. – 7 стор.
53. Маракова И.И., Скопа А.А., Сыропятов А.А. Комплексная защита информации в беспроводных системах связи // Матер. IV наук.-конф. Департамента спец. телеком. систем та захисту інформ. та Служби безпеки «Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні». – К. : НДЦ «Тезис» НТУУ «КПІ». – 2007. – С.73-75.
54. Казакова Н.Ф. Априорна суперечність раціональної концепції інтелектуальної мережі / Управління проектами: стан та перспективи: Матер. міжнар. наук.-техн. конф. – Миколаїв : НУК ім. адмірала Макарова, 2008. – С.65-67.
55. Казакова Н.Ф., Годулян И.О., Чуприна А.А. Анализ эффективности информационных систем путем синтеза критериев оптимизации алгоритмов их функционирования / Матер. II наук.-практ. семін. молодих науковців та студентства «Сучасні телекомунікаційні та інформаційні технології», 12-14 грудня 2007 р., К. : УНДІЗ.
56. Казакова Н.Ф., Согіна Н.М. Скорочення обсягів контрольних випробувань в інформаційних системах за рахунок їх функціональної надмірності / Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. праць ІМЕ НАН України. – Вип. 49. – К. : 2008.
57. Казакова Н.Ф., Годулян И.О., Чуприна О.О. Установление критериев оптимизации алгоритмов при определении эффективности информационных систем / Наукові записки УНДІЗ. – №1. – К. : УНДІЗ, 2007. – С.62-71.
58. Казакова Н.Ф. Методика организации идеального профилактического обслуживания // Под ред. В.В. Шахгильдяна / Матер. науч.-техн. семін. «Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов для связи и вещания», 1-4 июня 2007 г., Москва-Одесса : ІЕЕЕ-РНТОРЭС им.А.С.Попова. – С.167-172.
59. Казакова Н.Ф. Управління послугами телекомунікацій // Матер. II звітної наук.-практ. конф. проф.-викл. складу та студентства Міжнар. гуманіт. ун-ту, 12 квітня 2007 р., Одеса : Міжнар. гуманіт. ун-т, 2007. – С.18-21.
60. Казакова Н.Ф. Задачі захисту інформаційних ресурсів від впливу зовнішніх загроз // Матер. II молод. наук. конф. «Сучасні інформаційні технології в повсякденній діяльності та підготовці фахівців», 31 березня 2006 р., Одеса : ОНЮА, 2006.

61. Казакова Н.Ф. Аналіз внутрішніх та зовнішніх загроз корпоративних мереж // Матер. міжвідомч. міжрегіон. семінару Наук. Ради НАН України «Технічні засоби захисту інформації», 15 лютого 2006 р., Київ-Одеса : НАН України, 2006. – С.11.
62. Щербина Ю.В., Казакова Н.Ф. Проблемы объективной оценки параметров защищенных автоматизированных систем // Матер. IV наук.-техн. конф. «Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні», 1-3 березня 2006 р., К. : НТУУ «КПІ», 2006. – С.60-61.
63. Казакова Н.Ф. Принципи створення систем мережного управління // Матер. наук.-практ. конф. проф.-викл. складу «Актуальні проблеми та досвід використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій», 10-12 травня 2005 р., Одеса : ОНЮА, 2005. – С.133-138.
64. Казакова Н.Ф. Особенности расчета показателей надежности компьютерных устройств управления резервным оборудованием // Матер. VI Міжнар. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених ІПСА-2004 «Системний аналіз та інформаційні технології», 1-3 липня 2004 р., К. : НТУУ «КПІ», 2004. – С.209-210.
65. Kazakova N. Mobil radio-service management system construction principles // Proceeding of the International Conference TCSET'2002 «Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science»: February 18-23, 2002. – Lviv-Slavsk, Ukraine : Lviv Polytechnic National University – IEEE Networking the World. – 2002. – P.284.
66. Казакова Н.Ф. Аналіз моделей побудови мереж зв'язку з радіодоступом // Тр. II междунар. научно-практ. конф. «Современные информационные и электронные технологии СИЭТ-2001» : 28-31 мая 2001 г. – Одесса : ОдГПУ. – 2001. – С.66-67.
67. Казакова Н.Ф. Інформаційне забезпечення системи управління якістю продукції в сфері телекомунікацій // Тр. IV Междунар. научно-практ. конф. «Системы и средства передачи и обработки информации»: ОАО «Нептун», УГАС им.А.С.Попова, Одесса, 6-14 сент. 2000 г. – Одесса, 2000. – С.59-61.
68. A Statistical Test Suite for the Validation of Random Number Generators and Pseudo Random Number Generators for Cryptographic Applications. NIST Special Publication 800-22. May 15, 2001.
69. The Marsaglia Random Number CDROM including the Diehard Battery of Tests of Randomness // <http://www.stat.fsu.edu/pub/diehard/> Statistical test suite Crypt-X //<http://www.isi.qut.edu.au/resources/cryptx>.
70. eSTREAM, the ECRYPT Stream Cipher Project [Електронний ресурс] // Портал : без назви. – Режим доступу \www/ URL : <http://>

www.ecrypt.eu.org/stream/index.html. – Заголовок з екрану, доступ вільний, 18.05.2013.

71. Кнут, Д. Искусство программирования для ЭВМ [Текст] : монография / Д. Кнут. – М. : Мир, 1977. – 727 с.
72. Харин, Ю. С. Математические и компьютерные основы криптологии [Текст] : учебное пособие / Ю. С. Харин, В. И. Берник, Г. В. Матвеев, С. В. Агиевич. – М. : Новое издание, 2003. – 272 с.
73. Земор, Ж. Курс криптографии [Текст] : монография / Ж. Земор. – Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований, 2006. – 256 с.
74. Рябко, Б.Я. Криптографические методы защиты информации [Текст] : учебное пособие / Б. Я. Рябко, А. Н. Фионов. – М. : МГУ, 2005. – 115 с.
75. Фомичев, В. М. Дискретная математика и криптология [Текст] : курс лекций / В. М. Фомичев // под общ. ред. Н. Д. Подуфалова. – М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. – 400 с.
76. Шнайер, Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си [Текст] : монография / Б. Шнайер. – М. : Триумф, 2002. – 816 с.
77. Кац, М. Статистическая независимость в теории вероятностей, анализе и теории чисел [Текст] : монография / М. Кац. – М.: Издательство иностранной литературы, 1963. – 156 с.
78. Скопа О.О. Інтервальне оцінювання надійності Т-систем з паралельним з'єднанням елементів за результатами їх біноміальних іспитів // Наукові праці ОНАЗ: Період. наук. збір. з радіотехніки і телекомунікацій, електроніки та економіки в галузі зв'язку. – Одеса, 2002. – №1. – С.65–71.
79. Казакова Н.Ф., Мухін О.М., Скопа О.О. Скорочення обсягу випробувань систем телекомунікацій на надійність за рахунок їх структурної надмірності // 1-й Міжнарод. радіоелектрон. форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития»: 8–10 октября 2002 г.: Сб. научн. трудов. – Харьков: ХНУРЭ. – 2002. – С.358–360.
80. Панфилов И.П., Скопа А.А. Надежность работы линии связи, состоящей из основного и резервного каналов // Радиотехника: Всеукр. межведомств. научн.-техн. сб. – Харьков. – 2002. – Вып. 128. – С.91-96.
81. Скопа О.О., Казакова Н.Ф., Мурін О.С. Вплив функціональної надмірності резервованих систем телекомунікацій на скорочення обсягів їх випробувань на надійність // Наук. праці ДонНТУ. Серія:

- Обчислювальна техніка та автоматизація. Випуск 58. – Донецьк: РВА ДонНТУ, 2003. – С.115-121.
82. Скопа О.О. Обслуговування резервних систем зв'язку // Наук. праці ДонДТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. Випуск 38. – Донецьк: РВА ДонДТУ, 2002. – С.89-91.
 83. Скопа О.О. Оптимізація експлуатації резервних систем телекомунікацій // Праці УНДІРТ. – Одеса, 2002. – №1(29). – С.91–93.
 84. Скопа О.О. Інтервальне оцінювання надійності Т-систем з паралельним з'єднанням елементів за результатами їх біноміальних іспитів // Наукові праці ОНАЗ: Період. наук. збір. з радіотехніки і телекомунікацій, електроніки та економіки в галузі зв'язку. – Одеса, 2002. – №1. – С.65–71.
 85. Скопа А.А., Казакова Н.Ф. Применение теории псевдополубратных матриц к решению задач по оценке надежности систем телекоммуникаций. Часть 1. Общие положения // Праці УНДІРТ. – Одеса, 2002. – №4(32). – С.88-91.
 86. Казакова Н.Ф. Технічне рішення задачі Клопера-Пірсона / Наук. записки Міжнар. гуманіт ун-ту. Випуск 3. – Одеса: МГУ, 2005. – С.89-94.
 87. Казакова Н.Ф. Аналітичне розв'язання одновимірної задачі Клопера-Пірсона // Радиотехника: Всеукр. межведомств. научн.-техн. сб. – Харьков: ХНУРЭ. – 2002. – Вып. 128. – С.97-98.
 88. Бурбаки Н. Теория множеств. – М.: Мир, 1965. – 465 с.
 89. Судаков Р.С. Интервальная оценка монотонных функций по результатам испытаний // Техническая кибернетика. Изв. АН СССР. – 1986. – №1. – С. 82-91.
 90. Судаков Р.С., Северцев Н.А. и др. Статистические задачи отработки систем и таблицы для числовых расчетов показателей надежности. – М.: Высшая школа, 1975. – 607 с.
 91. Харди Г., Литтлвуд Д., Полиа Г. Неравенства. – [Электронный ресурс]: http://e-books.enigma.uran.ru/book_djvu/hardi/hardi.djvu: Доступ свободный.
 92. Обратные и некорректные задачи // Наука в Сибири: Еженедельная газета Сибирского отделения РАН. – №40(2725), 08.10.2009. – [Электронный ресурс]: <http://www-sbras.nsc.ru/HBC/article.phtml?nid=519&id=10>. – Режим доступа: вільний.
 93. Кабанихин С. И. Обратные и некорректные задачи. – Учебник: СНИ, 2008. – [Электронный ресурс]: <http://www.twirpx.com/file/238358/> – Режим доступа: вільний.

94. Арсенин В.Я., Тихонов А.Н. Некорректные задачи / Математическая энциклопедия. – Сов. энциклопедия, 1982. – Т.3. – С.930-935. – [Электронный ресурс]: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_mathematics/3375/Некорректные. – Режим доступа: вільний.
95. Відновлення та оптимізація інформації в системах прийняття рішень / Баранов В.Л., Браїловський М.М., Засядько А.А., Казакова Н.Ф., Хорошко В.О. // Підручник. – К.: Видн. ДУІКТ, 2009. – 134 с.
96. Верлань А.Ф., Сизиков В.С. Интегральные уравнения: методы, алгоритмы, программы. Справочное пособие. – К.: Наукова думка, 1986. – 544 с. – [Электронный ресурс]: <http://www.twirpx.com/file/273092/> – Режим доступа: вільний.
97. Морозов В.А. Регулярные методы решения некорректно поставленных задач. – М.: Наука, 1987. – 240 с. – [Электронный ресурс]: <http://www.srcc.msu.ru/nivc/sci/books/morozov6.html> – Режим доступа: вільний.
98. Морозов В.А. Об устойчивых методах решения систем линейных алгебраических уравнений // Вычислительные методы линейной алгебры. – Новосибирск: СО АН СССР, 1974.
99. Тихонов А.Н. О регуляризации некорректно поставленных задач // Доклады АН СССР. – №3, 1963. – С. 501-504. – [Электронный ресурс]: http://www.mathnet.ru/php/getFT.phtml?jrnid=zvmmf&paperid=7494&what=fullt&option_lang=rus – Режим доступа: вільний.
100. Бакут, П. А. Вопросы статистической теории радиолокации : монография / П. А. Бакут, И. А. Большаков [и др.]. – М. : Сов. радио, 1964. – 426 с.
101. Трис, В. Теория обнаружения оценок и модуляции : монография / Ван Трис Г. – М. : Сов. радио, 1972. – 744 с.
102. Гуткин, Л. С. Проблемы оптимизации радиосистем [Текст] / Л. С. Гуткин // Радиотехника. – М. : Радиотехника. – 1971. – №5. – С. 21-29.
103. Гуткин, Л. С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества : монография / Л. С. Гуткин. – М. : Сов. радио, 1974. – 368 с.
104. Скопа, А. А. Анализ влияния точности измерения параметров радиоканала на помехоустойчивость приема [Текст] / А. А. Скопа, Н. М. Билык // Наукові записки УНДІЗ. – К. : УНДІЗ. – 2007. – №1. – С. 79-85.
105. Скопа, О. О. Проектний аналіз оцінювання ступеня ризику при скороченні обсягу профілактичних вимірювань об'єктів інфомереж / О. О. Скопа, Н. Ф. Казакова // Вісник Львівського національного

- аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – Львів : ЛНАУ. – 2008. – №12. – Т.1. – С. 66-71.
106. Грабовський, О. В. Аналіз показників якості інформаційно-вимірювальних систем [Текст] / О. В. Грабовський // Вісник національного університету «ХП». – Харків : НТУ ХП. – 2013. – С. 59-66.
 107. Грабовський, О. В. Організація вимірювання на мережах рухомого зв'язку [Текст] / О. В. Грабовський // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах : міжнар. наук. техн. конф., 2007 р. : тези допов. – Хмельницький, 2007. – С. 33.
 108. Колесникова, Е. В. Методы оценки качества технических систем [Текст] / Е. В. Колесникова, Г. В. Кострова, И. В. Прокопович // Труды Одесского политехнического университета. – О. : ОНПУ. – 2007. – №1(27). – С. 128-130 : [Електронний ресурс] / Портал : ОНПУ. – Режим доступу \www/ URL: <http://pratsi.opu.ua/app/webroot/articles/1312992391.pdf>. – Заголовок з контейнера, доступ вільний, 30.10.2012.
 109. Кириллов, В. И. Квалиметрия и системный анализ : навч. посібник / В. И. Кириллов. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2011. – 440 с. : ил. – (Высшее образование). – ISBN 978-985-475-353-9 (Новое знание) ; ISBN 978-5-16-004689-1 (ИНФРА-М).
 110. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат ; пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с. : ил. – (Адаптивные и интеллектуальные системы). – ISBN 978-5-94774-353-1 (русск.), ISBN 3-7908-1385-0 (англ.).
 111. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий : монографія / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М : Наука, 1976. – 269 с. – ISBN відсутній.
 112. Федорченко, С. Г. Обобщенная функция полезности и ее приложения : монографія / С. Г. Федорченко, Ю. А. Долгов, А. В. Кирсанова [та ін.] / Під ред. С. Г. Федорченко. – Тирасполь : Придністровський ун-т, 2011. – 196 с. – ISBN978-9975-4062-3-9.
 113. Ногин, В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход : монографія. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 144 с. – ISBN 5-9221-0274-5.
 114. Батищев, Д. И. Оптимизация многоэкстремальных функций с помощью генетических алгоритмов / Д. И. Батищев, С. А. Исаев // Межвуз. сборник : Воронеж, ВГТУ. – 1997. – №3. – с. 4-17.
 115. Кучерявый, А.Е. Качество обслуживания и качество восприятия. Рекомендации МСЭ-Т [Электронный ресурс] / Портал : ITU. – Режим доступа \www/ URL: : <http://www.itu.int/en/ITU-D/Regulatory->

- Market/.../Session3_Kucheryaviy.pdf. – Заголовок с контейнера, доступ свободный, 30.07.2013.
116. Y.1541 : Network performance objectives for IP-based services [Электронный ресурс] / Портал : ITU. – Режим доступа \www/ URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1541/en>. – Заголовок с экрана, доступ свободный, 29.07.2013.
117. СОУ 64.2-00017584-008 : 2010 «Телекомунікаційні мережі передачі даних загального користування. Система показників якості услуг з передачі даних та доступу до Інтернет. Загальні положення» [Електронний ресурс] / Портал : document.ua. – Режим доступу \www/ URL: <http://document.ua/sou-64.2-00017584-008-2010-srdoc-srh3000531215.html>. – Заголовок з екрану, доступ вільний, 29.07.2013.
118. СОУ 64.2-00017584-009:2010 «Телекомунікаційні мережі передачі даних загального користування. Телекомунікаційні послуги. Показники якості. Методи випробувань та оцінки» [Електронний ресурс] / Портал : document.ua. – Режим доступу \www/ URL: <http://document.ua/sou-64.2-00017584-009-2010-srdoc-srh2000534389.html>. – Заголовок з екрану, доступ вільний, 29.07.2013.
119. Y.1291 : An architectural framework for support of Quality of Service in packet networks [Электронный ресурс] / Портал : ITU. – Режим доступа \www/ URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1291/en>. – Заголовок с контейнера, доступ свободный, 30.07.2013.