

Г.Р. Дмитрів, Р.М. Камінський
Львівський коледж інформаційно-комунікаційних технологій
Національного університету “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційних систем та мереж

ПОБУДОВА ШУМОВИХ ПОЛІВ ЗАДАНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ТА СПОСОБИ ЇХНЬОГО ВИКОРИСТАННЯ У ТЕСТОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ

© Дмитрів Г.Р., Камінський Р.М., 2010

Наведено методи і результати побудови та використання шумових полів із заданими характеристиками і шкалою градацій інтенсивності елементів шуму. На основі таких полів створюють зображення-тести для оцінювання ефективності систем опрацювання візуальної інформації, наданої на моніторі.

Ключові слова: зображення-тести, шкала градацій, шумові поля, інтенсивність шуму, системи розпізнавання образів.

Contain the method and results of construction and use noise fields with certain characteristics and elements of scale gradations of intensity noise. Based on these field tests provide images for evaluating the effectiveness of systems of processing visual information provided on the monitor.

Keywords: test-image, scale gradation, noise fields, noise intensity, pattern recognition systems.

Вступ

Одним з головних завдань штучного інтелекту є розпізнавання зорових образів переважно 2D зображень у тому вигляді, в якому їх бачить людина на екрані монітора. В цьому плані розвиток інформаційних технологій стимулює розроблення різноманітних систем обробки сигналів, які формують це зображення, та самих зображень, переважно з метою покращення їхніх характеристик. За своєю суттю ці зображення є відображеннями реальних статичних або динамічних природних сцен та сканованих текстових, графічних, кольорових і напівтонових матеріалів та документів, отриманих у результаті електронно-оптичного перетворення сигналів сенсорів і наданих користувачу на моніторі.

За відсутності факторів, що перешкоджають, таких як завади, шуми, оптичні аберації, динамічні розмитості (змазування), розпізнавання зображень визначених об'єктів уваги здійснюється з високим рівнем вірогідності та допускає розроблення ефективних автоматичних розпізнавальних пристроїв, які останнім часом забезпечуються елементами штучного інтелекту. За наявності цих факторів процедура розпізнавання значно ускладнюється і, за певних значень їхньої інтенсивності, не гарантує отримання достовірної інформації.

Надані на моніторі зображення завжди пов'язані з відповідними задачами користувача і містять об'єкти уваги, причому їхній пошук, виявлення та ідентифікація здійснюються по-різному: автоматичною системою розпізнавання, спеціально підготованою людиною-оператором, або ж самим користувачем. Межі використання таких автоматичних або автоматизованих систем визначаються завданнями, що стоять перед розробниками, та підготовкою операторського персоналу, і для їхнього використання в інших чи навіть подібних задачах потребують певного налаштування та навчання. В цьому плані дуже важливим стає вибір серед наявних і рекламованих саме потрібної системи. Доволі часто задачі користувачів мають конфіденційний характер, а розробники таких систем не завжди розкривають особливості функціонування алгоритмів,

структури, програмного коду з огляду на інтелектуальну власність. Тому найприйнятнішим виходом з такої ситуації є використання спеціалізованих тестових зображень цього класу задач користувача, які він може надати для визначення, за результатами тестування, відповідності цієї системи цим завданням. Очевидно, що множина таких тестових зображень може бути надзвичайно великою, а тому її реалізація стає недоцільною. Найприйнятнішим є підхід, який дає змогу створювати з оригінальних зображень реальних ситуацій за відсутності факторів, що перешкоджають, спеціалізовані тестові зображення зі шкалою градацій їхньої розпізнавальної складності, причому саме їхня тестова складова може бути використана для різних зображень як користувачами, так і самими розробниками. З цього погляду побудова шумових полів із заданими характеристиками, які накладаються на зображення реальних ситуацій і, власне, є такою тестовою складовою, є актуальним завданням.

Постановка задачі дослідження

На реальних зображеннях сцен шум та завади, відносно розпізнавальних ознак об'єкта уваги, локалізовані випадково і передбачити, яка саме з його розпізнавальних ознак ними закрита, неможливо. Тому основним завданням підготовки зображень є усунення шуму з метою покращення їхнього візуального вигляду. Розв'язання цієї задачі зводиться до фільтрування шуму або дрібних завад, що, своєю чергою, може призвести, а зазвичай і призводить до втрати шуканими об'єктами своїх розпізнавальних ознак [1, 2, 3]. Власне, втрата ознак об'єктом уваги, залежно від інтенсивності шуму, розглянута в [4]. Загалом, отримані після фільтрації картини сцени цього зображення можуть бути неадекватними оригінальному зображенню, а тому достовірність розпізнання таких зображень завжди буде нижчою. Стосовно кожної конкретної задачі алгоритми фільтрації та розпізнавання мають певні особливості та можливості, а тому важливим і актуальним в цьому сенсі є вибір відповідного фільтра [5] чи системи попередньої обробки зображень.

Ефективність таких систем можна визначити лише безпосередньо для конкретної задачі, а це створює значні труднощі, як технічного характеру (можлива потреба відповідної адаптації до конкретної задачі), так і в економічному плані (не виправдана витрата коштів на придбання системи, коли вона не забезпечує якісного або вчасного розв'язання задачі). Стосовно автоматизованих систем йдеться про кваліфікацію та підготовку операторського персоналу.

Виходом з такої ситуації є розроблення та використання спеціалізованих зображень-тестів із шкалою градацій розпізнавальної складності локалізованих на них об'єктів уваги. Створені в такий спосіб зображення-тести є фактично метрологічними засобами на кшталт штрихових мір, які широко використовують в оптико-електронних системах.

Суть таких зображень-тестів полягає у накладанні шуму із заданими характеристиками, тобто на "очищенні від шуму і завад" зображення цієї реальної сцени та високої її візуальної якості накладаються шумові поля (ШП) із заданими характеристиками. Результати опрацювання системами-претендентами таких зображень об'єктивно визначають адекватність кожної з цих систем поставленій задачі.

Оцінювання роботи алгоритмів та систем розпізнавання за допомогою спеціальних зображень на рівні ідеї розглядається в [6, 7]. У цих роботах по-різному використовується шум. У [6] шум використовують для підкреслення можливостей запропонованого методу, а в [7] – щоб показати складність розпізнавання об'єкта заданого класу на випадковому тлі. Моделі різного типу ШП розглянуто в [8, 9].

Особливістю таких зображень-тестів є створення самих шумових полів (ШП) з точно заданими характеристиками. Такими характеристиками є: вид закону розподілу координат локалізації ЕШ, їхні розміри та форма та значення їхньої інтенсивності, що певною мірою відображено в [10]. Допоміжними характеристиками є однорідність локалізації ЕШ та вид їхньої взаємодії з зображенням об'єкта уваги.

Крім того, ШП як метрологічний засіб можна використати двома способами.

Перший з них полягає в тому, що для кожної градації інтенсивності використовують статистично однорідний набір ШП, який дає репрезентативну за обсягом вибірку експериментальних даних, що забезпечує достовірність висновку.

Другий спосіб полягає в тому, що для кожної градації створюється лише одне ШП, але дещо більших розмірів, ніж зображення, на яке воно накладається. Це поле перемішається в площині зображення крок за кроком вздовж заданої траєкторії. На кожному кроці визначають якість опрацювання чи обробки цього зображення. Репрезентативний обсяг вибірки результатів забезпечується кількістю кроків.

Стосовно поставленої проблеми метою цієї роботи є розв'язання таких задач:

- 1) у який спосіб забезпечити точне значення інтенсивності для шумового поля;
- 2) з'ясувати, чи існує відмінність між обома вказаними способами використання шумових полів за низьких, але репрезентативних обсягів вибірок.

Побудова шумового поля із заданим значенням інтенсивності

Відсутність адекватності попередньо обробленого зображення його оригіналу і, як результат, зниження достовірності ідентифікації об'єктів уваги, вказує на необхідність розроблення засобів оцінювання якості використовуваних алгоритмів і систем. Очевидно, що такі засоби мають володіти метрологічними властивостями та характеристиками. Тому розроблення тестів-зображень із шумовими полями є найбільш простим і доступним способом виходу з цієї ситуації, оскільки для них, на підставі строго визначених градацій інтенсивності ЕШ, можна створити шкалу розпізнавальної складності.

Це можливо зробити лише за умови усебічного вивчення та глибокого дослідження фізичної природи впливу шуму, а також ретельного аналізу цього впливу на зображення об'єктів уваги в різноманітних реальних ситуаціях та предметних областях. Очевидно, що в цьому плані необхідно з різних сторін підійти до визначення понять, характеристик, видів і типів шуму на зображеннях. Основою такого вивчення є моделювання шуму, створення штучних зображень фонів та об'єктів уваги, вибір шумових елементів, їхньої форми, інтенсивності, а також законів локалізації шуму на них.

Для побудови зображень-тестів з кількісними характеристиками тих чи інших параметрів їхньої розпізнавальної складності необхідно передусім створити базу реальних або реалістичних стилізованих моделей зображень робочих сцен за відсутності шуму, завод та об'єктів уваги на них. Такі зображення використовують як тло, на якому у відповідний спосіб локалізують об'єкти уваги, згідно з реальним або гіпотетичним сценарієм. Після розміщення об'єктів уваги на це зображення-тло накладають ШП із заданими характеристиками. Отримані в такий спосіб зображення є вже спеціалізованими зображеннями-тестами, оскільки вони сповна відображають саме вплив шуму на результат їхнього опрацювання. У таких зображеннях-тестах ШП повністю визначає метрологічну складову тесту, суть якої в тому, що чим більшою є інтенсивність шуму, тим важче розпізнати об'єкт уваги. В практичному аспекті, якщо система розпізнавання чи алгоритм попередньої обробки за однієї градації інтенсивності шуму справляються з поставленою задачею, а для вищої градації результат є вже хибним (неправильно визначений клас об'єкта або в результаті фільтрації втрачено його основні ознаки), то оцінкою якості системи або алгоритму буде значення попередньої градації інтенсивності. В цьому плані результати таких тестових досліджень дають об'єктивний матеріал для розроблення математичних моделей (аналітичних залежностей) ефективності розпізнавання об'єктів уваги людиною або конкретним алгоритмом за різного ступеня закриття розпізнавальних ознак цих об'єктів ЕШ.

На сьогодні важливою задачею є розпізнавання друкованих та рукописних текстів, які є чи не основною складовою частиною,	На сьогодні важливою задачею є розпізнавання друкованих та рукописних текстів, які є чи не основною складовою частиною,	На сьогодні важливою задачею є розпізнавання друкованих та рукописних текстів, які є чи не основною складовою частиною,
На сьогодні важливою задачею є розпізнавання друкованих та рукописних текстів, які є чи не основною складовою частиною,	На сьогодні важливою задачею є розпізнавання друкованих та рукописних текстів, які є чи не основною складовою частиною,	На сьогодні важливою задачею є розпізнавання друкованих та рукописних текстів, які є чи не основною складовою частиною,

Рис. 1. Вплив точкового шуму на текстові зображення

Фрагменти зображень-тестів з ШП різної інтенсивності та різними за розмірами ЕШ зображено на рис. 1 і 2. У верхній частині рис. 1 розміщено тексти, виконані різними шрифтами, за відсутності, а в нижній – за наявності шуму.

Характеристики шуму в цьому разі такі:

- закон розподілу координат ЕШ – рівномірний;
- розмір елементів шуму – один піксел;
- інтенсивність ШП дорівнює 15 %.

Наявність шуму на цих зображеннях навіть з такими характеристиками створює істотне напруження для людини, а за умови використання як розпізнавального засобу автоматичної системи вимагає і попередньої обробки зображень, і значного ускладнення алгоритму розпізнавання.

Приклад, наведений на рис. 2, відображає вплив градацій інтенсивності шуму та розмірів шумових елементів на зображення абстрактних об'єктів уваги. Накладання шуму на такі бінарні зображення створює ефект дилатації, що, своєю чергою, спотворює контур об'єкта і значно знижує достовірність його ідентифікації.

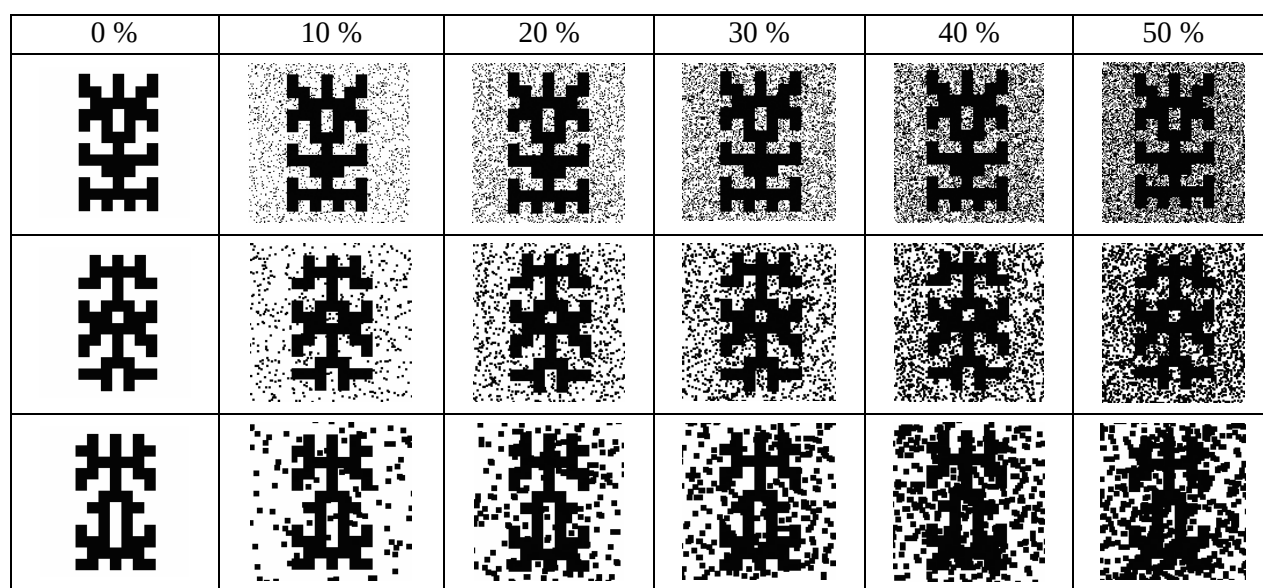


Рис. 2. Вплив інтенсивності шуму та розмірів на візуальне сприйняття об'єктів

У сучасних умовах зображення-тести розробляють за допомогою комп'ютерної техніки і для створення ШП використовується внутрішній генератор випадкових чисел, який входить практично у всі мови програмування. Значення пари отриманих випадкових чисел використовують як координати локалізації ЕШ. Такою парою можуть бути два послідовні значення випадкових чисел, попередньо сформовані з випадкових чисел дві бази їхніх значень для кожної координати, та інші способи. Значення інтенсивності ШП задають з урахуванням зображення-тла в такий спосіб: нехай $S_{тла}$ – площа зображення-тла, а $S_{шум}$ – сумарна площа ЕШ у межах площі зображення-тла, тоді інтенсивність $I_{шум}$ визначається відношенням

$$I_{шум} = \frac{S_{шум}}{S_{тла}} \times 100\%. \quad (1)$$

Проте для заданого в такий спосіб значення градації інтенсивності її реальне значення завжди є меншим від теоретичного. Річ у тім, що генератор випадкових чисел при кожному запуску дає цілком іншу послідовність чисел, а тому пари чисел, які використовують як координати центрів локалізації елементів шуму, можуть повторюватися. В цих випадках за повтореними координатами ЕШ накладатиметься на такий самий попередній, з такими самими координатами. Тому “натрапити” саме на таку послідовність випадкових чисел, яка забезпечує теоретично задану інтенсивність, є дуже щасливою подією. Зауважимо, що за програмного використання генератора

випадкових чисел можна отримувати після кожного його запуску як одну і ту саму послідовність чисел, так і кожен раз іншу. На практиці для значних за розмірами полів і великих значень інтенсивностей можна знехтувати дуже незначними відхиленнями від теоретичних значень інтенсивностей, проте з метрологічного погляду розмір ШП та його інтенсивність мають бути строго визначеними, тобто необхідно створити саме високоточні за інтенсивністю шумові поля.

Для досягнення заданої точності визначення інтенсивності, тобто частини площі поля зайнятої ЕШ, полягає у скануванні раstra ШП і підрахунку в його кожній точці поля “пікселів шуму”. Ця процедура навіть за високої швидкості процесорів і використання спеціальних турбо-програм потребує багато часу, а враховуючи і те, що неможливо передбачити момент настання “щасливої події”, перетворюється на рутинний монотонний процес створення і відбору ШП.

Велике значення має також однорідність локалізації ЕШ у межах ШП. Висока однорідність ШП досягається за повної відсутності кореляції між шумовими елементами – рядками і стовпцями. Це означає, що після створення шумових полів необхідно перевірити наявність кореляції: між сусідніми рядками і стовпцями, аналогічно через рядок (стовпець), через два рядки (два стовпці) і т.д. Така процедура є дуже значною за обсягом обчислень коефіцієнтів кореляції.

Для визначення корельованості ШП на практиці пропонується використати поняття статистичного змісту кореляційної таблиці. Суть такого підходу полягає в тому, що отримане шумове поле покривається ґраткою із заданим кроком і підраховується кількість ЕШ в кожній її комірці. Якщо для заданих кроку ґратки, інтенсивності ШП і розміру ЕШ середні значення кількості шумових елементів в кожній комірці приблизно однакові, причому як критерій такої наближеності можна використати конкретне граничнодопустиме значення дисперсії, за якого шумове поле можна вважати однорідним. Тому, використовуючи генератор випадкових чисел, потрібно створити більшу кількість шумових полів з однаковими параметрами, щоб мати змогу вибрати з них ту необхідну їх кількість, яка має найменше значення корельованості.

Проте за однієї і тієї самої послідовності випадкових чисел все ж можна одержати задане точне значення інтенсивності за скінченну кількість кроків, тобто необхідної кількості ЕШ, завдяки адитивній ітеративній процедурі, зміст якої полягає у визначенні різниці між заданим значенням і отриманим в цій ітерації.

Алгоритм забезпечення заданого значення інтенсивності ШП

Явище зменшення інтенсивності шумового поля за рахунок накладання один на одного ЕШ відносно розрахованого теоретичного значення має ту особливість, що, поступово збільшуючи кількість ЕШ, можемо отримати задане значення інтенсивності. Забезпечити це дає змогу постійна послідовність випадкових чисел, тобто для кожного запуску генератора випадкових чисел генерується та сама послідовність. Якщо використовується генератор випадкових чисел, який генерує в кожному запуску нову послідовність, досягти точного значення дещо складніше, проте також можливо.

Щоб одержати задане значення інтенсивності, за постійної послідовності випадкових чисел, пропонується використовувати такий алгоритм.

Нехай s_0 – теоретичне значення кількості пікселів для отримання заданої інтенсивності шумового поля і $d_0 = 0$ – різниця між одержаним реальним значенням інтенсивності та теоретично заданим. У результаті генерування s_0 шумових елементів отримуємо інтенсивність, визначену кількістю шумових елементів s_1 , причому $s_1 < s_0$, якщо хоча б два шумові елементи збігаються. Оскільки процес підбору інтенсивності є ітераційним, то в результаті цієї першої ітерації матимемо різницю $d_1 = s_0 - s_1$. Збільшимо на d_1 значення s_0 і отримаємо нове значення для кількості шумових елементів s_2 . Загалом процедура підбору реалізується алгоритмом, зображеним на рис. 3.

Інакше кажучи, загальний алгоритм має вигляд

$$s_{i+1} = s_i + (s_0 - s_i),$$

і, якщо вираз у дужках дорівнює нулю, тобто $s_{i+1} = s_i$, шумове поле матиме задану інтенсивність. Приклади реалізації такого алгоритму для шумових полів з інтенсивністю 40 % (теоретичне

значення $s_0 = 12460$) і з інтенсивністю 60 % (теоретичне значення $s_0 = 18690$) подано нижче. Графіки для різниць d_i зображені на рис. 4, а точні значення цих різниць наведено в табл. 1.

begin :

$s_0 \rightarrow s_1$ якщо $s_0 < s_1$ тоді $d_1 = s_0 - s_1$ і

$s_2 = s_1 + d_1$ якщо $s_2 < s_0$ тоді $d_2 = s_0 - s_2$ і

$s_3 = s_2 + d_2$ якщо $s_3 < s_0$ тоді $d_3 = s_0 - s_3$ і

$s_4 = s_3 + d_3$ якщо $s_4 < s_0$ тоді $d_4 = s_0 - s_4$ і

.....

якщо $s_j = s_0$ тоді $d_j = s_0 - s_j = 0$ і

end.

Рис. 3. Алгоритм уточнення інтенсивності шумового поля

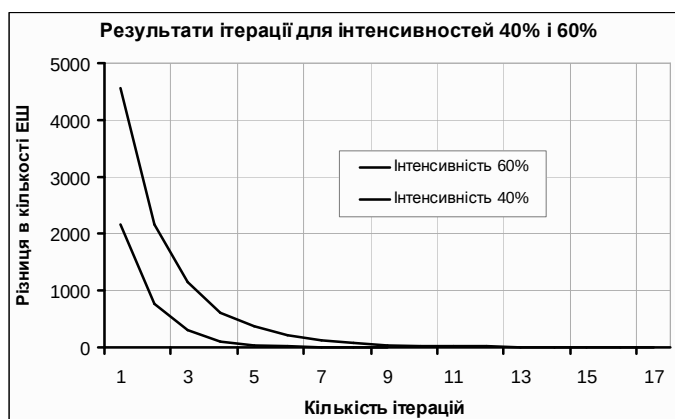


Рис. 4. Графічне зображення зменшення величини різниці d_i у результаті послідовних ітерацій

Таблиця 1

Кількість ітерацій для заданих інтенсивностей						
Ітерації	Для інтенсивності 40 %			Для інтенсивності 60 %		
0	$s_0 = 12460$	s_i	d_i	$s_0 = 18690$	s_i	d_i
1	s_{i+1}	10299	2161	s_{i+1}	14132	4558
2	14621	11694	766	23248	16535	2155
3	15387	12160	300	25403	17522	1168
4	15687	12352	108	26571	18069	621
5	15795	12423	37	27192	18321	369
6	15832	12445	15	27561	18477	213
7	15847	12455	5	27774	18559	131
8	15852	12457	3	27905	18612	78
9	15855	12460	0	27983	18648	42
10				28025	18665	25
11				28050	18673	17
12				28067	18679	11
13				28078	18684	6
14				28084	18686	4
15				28088	18689	1
16				28089	18689	1
17				28090	18690	0

Отримані в такий спосіб значення реальної кількості шумових елементів забезпечують задане значення інтенсивності ШП і можуть використовуватися для створення зображень-тестів та експериментального дослідження і вивчення впливу шуму на розпізнавальні ознаки об'єктів уваги, а також застосовуватись як метрологічні засоби для оцінювання ефективності опрацювання візуальної інформації, наданої на моніторі.

Для того щоб зробити статистично коректні висновки, експерименти з кожним значенням інтенсивності шумового поля здійснювались у двох напрямках: за допомогою використання генерованих шумових полів, які накладали на зображення об'єкта уваги, і за допомогою одного шумового поля, яке переміщували по зображенню цього об'єкта уваги за заданою траєкторією.

4. Експериментальне дослідження впливу шуму на розпізнавальні ознаки

Експериментальні дослідження з шумовими полями за різної інтенсивності та розмірів ЕШ виконано на бінарних об'єктах, зображених на рис. 2. Ці об'єкти мають компакту форму зі складною конфігурацією контуру. Основною їхньою характеристикою розпізнавальної складності є кутові ознаки, утворені прямолінійністю контуру, які визначаються пікселями, розміщеними у вершинах прямих кутів. Таких ознак вісім. На рис. 5 вони виділені у дві групи, що відповідають зовнішнім і внутрішнім кутам.

Кутові ознаки є найінформативнішими ознаками у разі малорозмірних зображень об'єктів уваги, оскільки, через малий розмір цих об'єктів, тобто відображених невеликою кількістю пікселів, дуже важко передати різного типу кривизну конфігурації їхнього контуру.

Ці об'єкти мають по 60 кутових ознак, практично рівномірно розподілених в області покриття об'єкта.

Виділення ознак здійснюється за рахунок переміщення апертури розпізнавального алгоритму вздовж рядка піксел за пікселем і для пікселя з координатами (x, y) аналізується його належність об'єкту або тлу.

Зовнішні кутові ознаки	$\begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{vmatrix}$
Номер ознаки	1	2	3	4
Внутрішні кутові ознаки	$\begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 1 \end{vmatrix}$
Номер ознаки	5	6	7	8

Рис. 5. Матричне представлення ознак

Піксел з координатами (x, y) є кутовою ознакою, якщо кожен з пікселів, що є його сусідами, тобто з координатами $(x+1, y)$, $(x, y+1)$, $(x+1, y+1)$, мають відмінний від нього колір. Наприклад, в аналізованій групі три пікселі мають колір об'єкта, а один з них – колір тла, тобто відзначається одна з внутрішніх ознак. Для зовнішніх ознак навпаки, три пікселі мають колір тла і один – об'єкта. Аналіз групи з чотирьох пікселів, у формі матриці 2×2 елементи, в яких 1 – відповідає кольору об'єкта, а 0 – кольору тла, здійснюється відповідно до восьми логічних умов для кожної ознаки. Послідовно кожен таку групу порівнюють з усіма логічними умовами і, якщо одна з умов виконується, то фіксується наявність ознаки. Фіксація ознак в цьому разі є звичайним підрахунком сприятливих подій. Отже, у результаті лише одного проходження прямокутної області локалізації бінарного зображення об'єкта, з прямокутною формою контуру і, практично, як завгодно складної конфігурації, будуть підраховані всі кутові ознаки.

Експериментальне дослідження з використанням набору ШП

Це дослідження передбачає створення для кожної градації інтенсивності скінченного за обсягом набору ШП, що мають один і той самий вид і параметри закону розподілу координат ЕШ. Залежно від реальних шумів використані ЕШ повинні мати відповідні розміри, форму. Кількість ШП в кожному такому наборі має забезпечити достатній рівень достовірності оцінки розпізнавання об'єкта уваги заданого класу.

Для досліджень було поставлено експерименти на растровому полі розміром 174×179 пікселів. Для такого поля площа в "квадратних пікселях" визначається кількістю пікселів і становить 31146 пікселів. Для забезпечення цілочисловості значень градацій цю кількість заокруглено до значення 31150.

Для генерування ШП використано внутрішній комп'ютерний генератор псевдовипадкових чисел. Кількість ЕШ для кожної градації інтенсивності визначена з (1). Для кожної градації був створений окремий набір з 64 ШП, що забезпечило достатню репрезентативність обсягу даних для достовірного статистичного висновку. Крім того, взято до уваги той факт, що за інтенсивностей шуму 80, 90 і 100 відсотків кутові ознаки об'єкта уваги гарантовано не виявляються розпізнавальним алгоритмом, а тому експерименти з такими інтенсивностями ШП не здійснювались.

Для отримання кількісних оцінок впливу шуму в результаті накладання шумового поля використано такі статистичні оцінки: середнє арифметичне значення кількості виявлених ознак, дисперсія кількості виявлених ознак, стандартне відхилення та медіана. В табл. 2 наведено результати експериментального дослідження з використанням для кожної градації окремого набору ШП.

Таблиця 2

Експерименти з генеруванням набору шумових полів

Інтенсивність шумового поля	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Теоретична кількість шумових елементів	3115	6230	9345	12460	15575	18690	21805
Реальна кількість шумових елементів	3305	6944	11110	15855	21339	28090	36903
Середнє арифметичне кількості наявних ознак	39,36	24,78	14,89	8,19	3,69	1,47	0,69
Дисперсія	20,52	17,25	15,15	8,66	3,68	1,36	0,73

Цей підхід вимагає дуже великого обсягу бази шумових полів та їх рутинного відбору в сенсі однорідності. За необхідності шумові поля можна також коректувати, наприклад, для отримання одноріднішої локалізації можна в місцях розріджень додати декілька шумових елементів, але в місцях їх скупчення, навпаки, усунути таку саму їх кількість.

Експериментальне дослідження з переміщенням ШП

Істотне зменшення обсягу шумових полів можна отримати, якщо для кожної градації інтенсивності переміщати в площині зображення лише одне ШП, визначаючи результати розпізнавання в статистично репрезентативній кількості точок його фіксації. Таке ШП має мати найкращі якісні характеристики. Переміщення цього поля має здійснюватися вздовж деякої, заздалегідь обумовленої траєкторії. Це вимагає, вочевидь, збільшення розмірів ШП відносно розміру зображення-тла, на яке воно накладатиметься, принаймні на величину сторін прямокутної області покриття сліду траєкторії. Гіпотетично можна допустити, що, переміщаючи ШП по поверхні зображення за деякою траєкторією, можна отримати такий самий ефект, як і від накладання одного за одним цілого набору окремих "одноразових" ШП.

Пересування шумового поля можна здійснювати в різний спосіб: рядок за рядком або стовпчик за стовпчиком, у зворотньо-поступальному напрямку, по спіралі, ламаними лініями, а

також хаотично. На рис. 6 зображено чотири типи траєкторій, які забезпечують загалом достатній і мінімальний репрезентативний обсяг вибірки $n = 64$. Величина кроку пересування також може бути різною. Важливим є лише те, щоб отримати достатньо статистичної інформації, тобто мати репрезентативні вибіркові дані.

У цьому випадку такий спосіб до своєї характеристики, крім параметрів ШП і опису вигляду траєкторії, включає ще значення координат спеціальної точки на ШП. За допомогою цієї точки слідкують за рухом вздовж заданої траєкторії. Ця точка має бути строго визначена для полів всіх градацій, з метою впорядкованості та коректності методики використання ШП. Траєкторію переміщення ШП вибирає дослідник за своїм уподобанням або на підставі програмної реалізації сканівних алгоритмів, які ним використовуються для реалізації таких переміщень, оскільки всі вони дають практично однакові результати, за умови використання однієї і тієї самої області сканування. Її також можна встановити за домовленістю між користувачами, оскільки усунення будь-яких невизначеностей цього типу в дослідженнях лише підвищує коректність їхніх висновків.

В експериментальних дослідженнях з переміщенням шумового поля в площині зображення-тла використано для кожної градації інтенсивності лише одне шумове поле. Траєкторія відповідала переміщенню вздовж рядка на вісім кроків і далі переходом на наступний рядок, загалом проходячи вісім рядків.

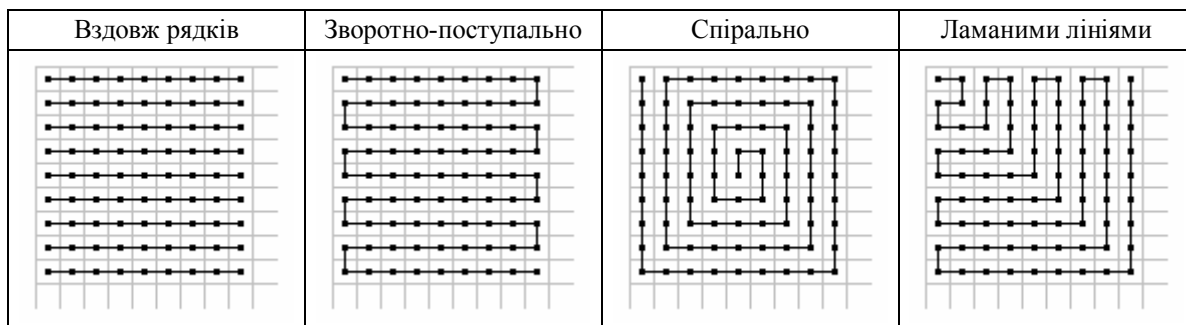


Рис. 6. Типи траєкторій пересування шумового поля, що забезпечують репрезентативність вибірки обсягом 64 варіанти

Для отримання кількісних оцінок впливу шуму також застосовано ті самі статистичні характеристики, що й у попередньому експерименті, з метою порівняння ефекту впливу обох способів використання ШП. Результати дослідження цього способу наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Експерименти з переміщенням шумового поля

Градації інтенсивності шумового поля	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Теоретично необхідна кількість шумових елементів	3115	6230	9345	12460	15575	18690	21805
Реально отримана кількість шумових елементів	3305	6944	11110	15855	21339	28090	36903
Середні значення кількості виявлених ознак	39,17	25,23	14,98	8,16	4,22	1,80	0,66
Дисперсія	15,29	13,45	8,19	5,02	3,60	1,40	0,58

Порівняльний аналіз обох способів використання ШП

Експериментальні дослідження обох способів використання шумових полів показали, що істотної відмінності в їхньому застосуванні не виявлено. Графічне зображення результатів на рис. 7 вказує на високу збіжність середніх арифметичних значень кількостей виявлених ознак в обох підходах.

Вони дають практично однакові результати, причому можна припустити, що у разі збільшення обсягів вибірок відмінність у статистичних показниках зменшуватиметься.

Крім того, втрата ознак залежно від інтенсивності шуму має, як бачимо, істотно нелінійний характер. Пояснити цю нелінійність можна тим, що у разі збільшення значення інтенсивності ЕШ відстані між ними і елементами розпізнавальних – кутових ознак різко зменшуються; вони все частіше торкаються контуру, практично закриваючи інформативні елементи розпізнавальної області алгоритму визначення кутової ознаки.

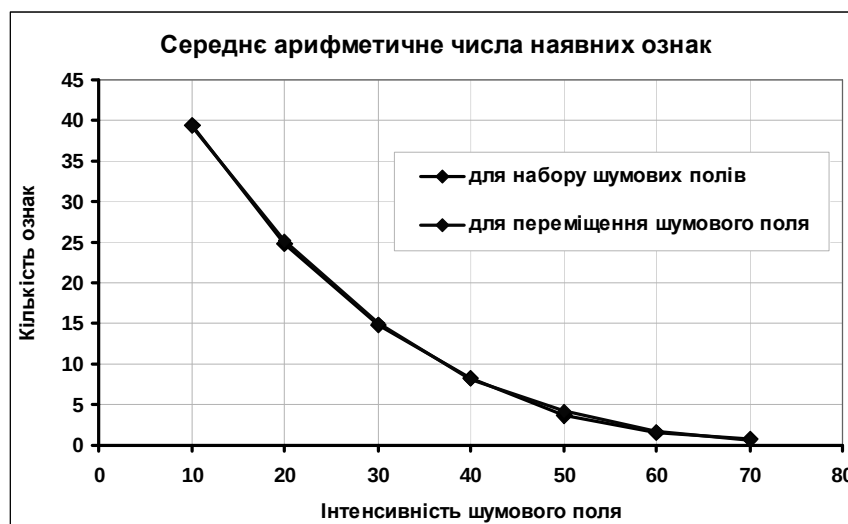


Рис. 7. Графічне зображення збіжності середніх арифметичних значень кількості виявлених ознак кривих для обох методів

Отримані експериментальні дані апроксимовано поліномом третього степеня. Для першого y_1 і другого y_2 способів маємо такі рівняння

$$y_1 = -0.1156x^3 + 2.717x^2 - 21.589x + 58.253;$$

$$y_2 = -0.12x^3 + 2.736x^2 - 21.476x + 58.074.$$

Незначна відмінність коефіцієнтів поліномів підтверджує збіжність середніх арифметичних значень кількості виявлених ознак для кожного значення інтенсивностей ШП.

Для моделей y_1 і y_2 значення критерію R^2 (квадрата коефіцієнта кореляції в табличному процесорі MS Excel) становить $R_1^2 = 0.9999$ і $R_2^2 = 1.0$, що свідчить про високу відповідність аналітичних виразів та отриманих емпіричних результатів.

Отже, можна з високою впевненістю рекомендувати використовувати лише одне шумове поле для однієї градації і здійснювати його переміщення на зображенні з як завгодно великими траєкторіями довільної чи впорядкованої конфігурації в межах заданої області.

Обговорення результатів

Оцінювання ефективності роботи алгоритмів попередньої обробки та покращення візуального вигляду зображень, наданих для опрацювання користувачу, рідше безпосередньо спеціалізований системі розпізнавання та опрацювання візуальної інформації, можна здійснити спеціальними зображеннями-тестами, створеними за наведеною тут методологією. Такі зображення-тести можуть повною мірою використовуватися як кваліметричні засоби практично в будь-якій предметній області. Головним в цьому є те, що такі тести може створити або відтворити безпосередньо сам персонал з урахуванням специфіки галузі, їхніх характеристик – конкретних кількісних та якісних параметрів ШП – значення градацій, координат реперної точки, виду й особливості траєкторії, величини репрезентативного обсягу вибірки.

Найефективнішим підходом до створення набору ШП із заданою шкалою градацій інтенсивності ЕШ є отримання такої послідовності випадкових чисел, в якій забезпечена, за вибраного способу формування пари координат, відсутність двох і більше однакових пар, тобто відсутнє накладання ЕШ. У цьому випадку реальна кількість ЕШ для заданого значення інтенсивності дорівнюватиме теоретичній. Для ЕШ, що є більшими за розміри пікселів, спостерігається часткове закриття один одного. Якщо використовуються ЕШ прямокутної форми, можна врахувати крок зміни значення координати і тоді є сенс створення відповідної послідовності значень координат. В усіх інших випадках необхідно здійснювати перевірку значення інтенсивності та коректувати його.

Створення набору шумових полів передбачає ретельний аналіз його характеристик і, передовсім, його однорідності. Цей параметр має важливе значення у разі використання малорозмірних зображень об'єктів уваги, оскільки досягти високої однорідності на малих ділянках практично неможливо – випадковість переходить в регулярність, а тому тут потрібен певний компроміс.

Використання лише такого одного шумового поля для конкретного значення інтенсивності означає те, що воно має відповідати усім вказаним параметрам: точності, однорідності, значенням параметрів розподілу координат ЕШ, незалежно від конфігурації їхньої форми. Вибір траєкторії реалізації статистичного ефекту накладання шумового поля на зображення об'єкта уваги та тло, що його оточує або на ціле, надане для розпізнавання, зображення.

Основними моментами у створенні ШП, що використовують як метричний чи кваліметричний засіб, є такі:

- вибір закону розподілу локалізації ЕШ та їхніх розмірів і форми;
- якщо ЕШ мають бути більшими за розміри пікселя, треба визначити, яка саме точка ЕШ має набувати координат локалізації;
- вибір репрезентативного обсягу даних тестування – для першого способу це обсяг набору ШП для кожної градації або кількість кроків вздовж визначеної траєкторії – для другого;
- необхідність продукування, можливо, значної кількості екземплярів ШП для виявлення серед них поля з найкращим показником однорідності;
- використання генератора псевдовипадкових чисел з високим ступенем випадковості та формування базової послідовності для визначення координат ЕШ;
- потреба формування та розроблення загально зумовлених або стандартних вимог до параметрів шумових полів, кількості градацій шкали інтенсивності та відповідної конфігурації і розмірів ЕШ.

Має певне значення і питання вибору виду форми траєкторії переміщення ШП. Річ у тім, що розміщення траєкторії у межах повного зображення вимагає створення шумового поля з розмірами сторін, вдвічі більшими за розміри сторін цього зображення.

Отже, наявність бази координат шумових елементів і конкретної, з достатньою кількістю кроків, траєкторії реперної точки переміщення шумового поля є цілком достатнім для побудови набору шумових полів кожної конкретної інтенсивності та їхнього практичного використання. У такий спосіб отримані шумові поля є лише засобом створення труднощів у розпізнаванні зображень для оцінювання ефективності алгоритмів та систем розпізнавання, як людино-машинних, так і повністю автоматичних, враховуючи і спеціалізовані (роботизовані) із засобами штучного інтелекту.

Врахування цих моментів зосереджує увагу на створенні окремої бази значень координат шумових елементів. Це, своєю чергою, сприяє зменшенню обсягів рутинної роботи з відбирання, принаймні за ступенем однорідності, пар координат. Якщо для цього закону розподілу ЕШ з послідовності пар координат вилучені ті, що повторюються, то для зображення розміром $n \times n$ достатньою є кількість пар, що дорівнює n^2 , очевидно, для використання способу переміщення ШП ця кількість має бути відповідно збільшена. Оскільки така база є скінченною і повною (все зображення закрито ЕШ), то, щоб отримати потрібне значення інтенсивності, залишається забезпечити відповідну кількість ЕШ. У цьому сенсі така база координат є основою створення зображень-тестів із заданою шкалою градацій інтенсивності ЕШ відповідних розмірів та форми і,

використовуючи її, в будь-якому випадку отримаємо одне і те саме шумове поле. Зауважимо, що форма елементів шуму як і розміри можуть бути довільними, але характерними для вибраної предметної області.

Залежно від положення ШП на зображенні матимемо окремий ефект в кожному випадку, тобто виникає питання: які саме положення шумового поля необхідно розглядати – чи кожен раз створювати статистично репрезентативну кількість зображень шумового поля, чи створити одне, і статистично репрезентативну кількість раз накладати його на зображення, не повторюючись при цьому. Можна довго сперечатись та обґрунтовувати переваги і недоліки того чи іншого підходу, проте, на нашу думку, головним чинником тут є саме випадковість.

Висновок

Запропонований метод побудови зображень-тестів, який використовує однорідні шумові поля із заданими характеристиками, забезпечує створення на базі таких зображень-тестів метрологічних засобів для оцінювання ефективності різноманітних систем опрацювання, розпізнавання та попередньої обробки візуальної інформації.

Наведено результати експериментальних досліджень алгоритму забезпечення точного значення інтенсивності шумового поля. Способи застосування ШП для кожної градації, а саме: за допомогою набору ШП та використання траєкторії пересування одного ШП, як показали експериментальні результати, повністю ідентичні.

Попереднє створення бази пар координат забезпечує найякісніше розроблення ШП та задану точність градацій інтенсивностей ШП.

Отже, розроблена методика може бути використана в різноманітних автоматичних системах попередньої обробки даних та в автоматизованих системах підтримки та прийняття рішень на основі візуальної інформації.

1. Южиков В.С. Об одном методе предварительной обработки изображений старопечатных и рукописных текстов // Исследования по информатике, 9. Отечество, Казань, 2005, С. 125 – 132. 2. Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю. Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с. 3. Калинкина Д., Ватолин Д. Проблема подавления шума на изображениях и видео и подходы к ее решению. – Интернет-публикация 22.05.2005. – http://cgm.graphicon.ru/obzoryi/images_and_video_denoising.html. 4. Камінський Р.М. Вплив завад на розпізнавальні властивості об'єктів // Вибір і обробка інформації, 2004, вип. 20 (96). – С. 102 – 108. 5. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений / Т.С. Хуанг, Дж.-О. Эклунд, Г.Дж. Нуссбаумер и др.; Под ред. Т.С. Хуанга: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1984. – 224 с. 6. Ллойд. Системы тепловидения. – М.: Мир, 1978. – 416 с. 7. Красильников Н.Н. Теория передачи и восприятия изображений. Теория передачи изображений и ее приложения. – М.: Радио и связь, 1986. – 246 с. 8. Грицык В.В., Кисиль Б.В., Паленичка Р.М. Математическое моделирование фонов и их взаимодействия с локальными объектами. – Львов, ФМИ, препр. № 46, 1980. – 52 с. 9. Матренко А.В. Аппликативная модель шума и вопросы тематической обработки аэрокосмической фотоинформации // Кибернетические методы изучения природных ресурсов. – К.: ИК АН УССР, 1980. – С. 66 – 76. 10. Камінський Р.М. Градування складності розпізнавання зображень з використанням шумових полів // Автоматика-2000. Міжн. конф. з автоматичного управління, Львів, 11 – 15 вересня 2000, Праці, том 6. – Львів, ДНДІ ІІ, 2000. – С. 229–237.