

Науковий вісник НЛТУ України
Scientific Bulletin of UNFU<http://nv.nltu.edu.ua><https://doi.org/10.15421/40280129>

Article received 30.01.2018 p.

Article accepted 28.02.2018 p.

УДК 004.93

ISSN 1994-7836 (print)

ISSN 2519-2477 (online)

@ ✉ Correspondence author

N. B. Shakhovska

Natalya233@gmail.com

Н. Б. Шаховська, О. І. Косар

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

АНАЛІЗ ПОШИРЕНИХ МЕТОДІВ НАКЛАДАННЯ ШУМУ НА ЗОБРАЖЕННЯ

Встановлено, що однією з причин ускладнення процесу прийняття рішень є погіршення якості вхідної інформації, отриманої на підставі різноманітних зображень внаслідок накладання на них шуму, який може мати різне походження та характеристики. Вивчення певного класу шумів у контексті розгляду його як функції дає змогу зосередитись на визначенні його параметрів, ступені впливу цих параметрів та штучному генеруванні шуму. Виконано огляд шумів різних типів та їх впливу для подальшої оцінки якості систем розпізнавання. Проведені дослідження свідчать, що існує досить багато типів шумів, які негативно впливають на оброблення та аналіз зображень. Проведено огляд різних видів шуму – гаусівського шуму, дробового шуму (шуму Пуассона), шуму типу "сіль і перець" (імпульсного шуму), шуму зерен фотоплівки, спекл-шуму, шумів, що надають ефект розмитості (їх можна накладати з різним ступенем прозорості); визначено особливості накладання таких шумів. Також перераховано типи шумів, які можуть накладатися один на одного. Використано метод логічного узагальнення, накладання шумів на зображення з використанням бібліотеки FastNoise та функції imnoise середовища Octave. Порівняно декілька шумів, що створюють ефект розмитості під час накладання їх на зображення із різним ступенем прозорості. Генерування різних шумів приводить до подальшого накладання на реальні зображення спеціальних шумових масок зі заданими значеннями параметрів – таких, як: інтенсивність та розміри завад, закон розподілу їх центрів тощо.

Ключові слова: оцінка якості систем розпізнавання; методи накладання шуму; гаусівський шум; шум Пуассона; шум зерен фотоплівки; спекл-шум; шум Перліна.

Вступ. У процесі створення чи передавання растрових зображень часто стикаємося із проблемою зашумлення – спотворення різного ступеня, характеру та походження. Такі зміни погіршують якість зображень та негативно впливають на сприйняття інформації, яку вони несуть. У результаті це може призвести до погіршення якості прийнятих рішень, пов'язаних із сприйняттям та обробкою зображень, що свідчить про актуальність нашої роботи.

У контексті оцінювання якості роботи систем розпізнавання образів варто зазначити, що шуми – це не єдиного типу перешкоди. Здійснення таких дій над зображенням, як до прикладу – цілеспрямована модифікація, поворот чи зміна масштабу зображення, теж матимуть негативний ефект на розпізнавальну здатність зображення. Проте в цій роботі будемо розглядати тільки накладання шумів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У наукових публікаціях значну увагу приділено визначенню різних видів шумів. На підставі аналізу літературних джерел встановлено, що шум є накладеною на зображення маскою пікселів випадкового кольору та яскравості. Щодо походження шумів варто зазначити можливість їх виникнення внаслідок неідеальності апаратури, яку використовують, несприятливих зовнішніх умов (наприклад, погодних, рівня освітленості, температури

сенсора), перешкод у каналі передачі тощо (Gonzalez & Woods, 2002, p. 222). Шуми, що виникають при цьому, підлягають класифікації з метою їх вивчення, формалізації для подальшого усунення чи мінімізації їх шкідливого впливу. Вивчення певного класу шумів у контексті розгляду його як функції дає змогу зосередитись на визначенні його параметрів, ступені впливу цих параметрів та штучному генеруванні шуму. Таке генерування призводить до подальшого накладання на реальні зображення спеціальних шумових масок зі заданими значеннями параметрів – таких, як: інтенсивність та розміри завад, закон розподілу їх центрів тощо.

Згідно з (Cattin, Ph., 2016, p. 2), процес відновлення зображення полягає у застосуванні зворотної до накладання шуму послідовності дій. Низка наукових публікацій, зокрема, (Buades, Coll & Morel, 2005; Ihnatovych, Paramud & Kapshii, 2007), стосуються проблеми аналізу основних методів фільтрації зображень, які пошкоджені різними видами шумів, та підвищення ефективності їх використання. У роботі (Kucherov, Katsalav & Zbrozhek, 2015) автори пропонують поєднувати окремі методи фільтрації, зокрема, такі її різновиди, як: просторову, частотну, а також лапласіану. Проведено їх оцінювання з використанням таких характеристик, як: середньоквадратичне відхилення, пікове відношення величин сигнал-шум та розрахунку критерію структурної подоби.

Інформація про авторів:

Шаховська Наталія Богданівна, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри систем штучного інтелекту.

Email: Natalya233@gmail.com

Косар Олег Ігорович, аспірант кафедри систем штучного інтелекту. Email: oleh.kosar94@gmail.com

Цитування за ДСТУ: Шаховська Н. Б., Косар О. І. Аналіз поширених методів накладання шуму на зображення. Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 1. С. 145–149.

Citation APA: Shakhovska, N. B., & Kosar, O. I. (2018). Analysis of Common Methods of Noise Overlaying on Images. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(1), 145–149. <https://doi.org/10.15421/40280129>

Найпоширенішими є адитивні та мультиплікативні методи накладання шумів. Якщо позначити зображення як функцію $f(x, y)$, то його можна представити як декомпозицію бажаного компонента (дійсного зображення) $g(x, y)$ та компонента шуму $q(x, y)$.

Найпоширеніша при цьому – адитивна декомпозиція: $f(x, y) = g(x, y) + q(x, y)$. Зокрема, гаусівський шум найчастіше розглядають як адитивний. Також дуже поширена мультиплікативна декомпозиція. При цьому: $f(x, y) = g(x, y) \cdot q(x, y)$. До прикладу, спекл-шум часто моделюють як мультиплікативний. Варто зауважити, що адитивна модель може бути перетворена у мультиплікативну і навпаки – шляхом застосування відповідно логарифмування та експоненціювання (Bovik, 2005, p. 325).

Загалом адитивну модель накладання шуму використовують у випадках, коли шум, що діє на систему, незалежний від її стану, а мультиплікативну модель – якщо така залежність присутня. Водночас є шуми, для яких не можна застосовувати ні адитивну, ні мультиплікативну модель.

Метою роботи є огляд різних видів шуму, їх впливу та походження: гаусівського шуму, дробового шуму (шуму Пуассона), шуму типу "сіть і перець" (імпульсного шуму), шуму зерен фотоплівки та спекл-шуму. У цій роботі використовуємо метод логічного узагальнення, накладання шумів на зображення з використанням бібліотеки FastNoise та функції imnoise середовища Octave.

Виклад основного матеріалу дослідження. Гаусівський шум трапляється, мабуть, найчастіше. Його зазвичай моделюють як адитивний (до кожного пікселя зображення додають значення з відповідного нормального розподілу). Функція щільності розподілу при цьому: $p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}}$. Серед причин появи гаусівського шуму – термальний шум; шум, спричинений поганим освітленням; шум, спричинений слабким сигналом телестанції та ін. Зерновий шум у фотоплівкових фільмах інколи моделюють як гаусівський, а інколи – як шум Пуассона.

За центральною граничною теоремою, яку застосовано до нормального розподілу, стверджено, що розподіл суми великої кількості незалежних, малих випадкових величин є гаусівським розподілом. При цьому:

- 1) випадкові величини не повинні бути розподілені за нормальним законом самі й навіть не повинні мати однаковий розподіл;
- 2) має бути велика кількість випадкових змінних, що впливають на загальний результат. До прикладу, термічний шум – це результат термальних вібрацій величезної кількості крихітних електронів;
- 3) випадкові змінні повинні бути повністю або майже повністю незалежними;
- 4) частка впливу кожної змінної на сумарний ефект повинна бути незначною.

Як приклад, вібрація величезної кількості електронів спричиняє термальний шум. Кожна вібрація при цьому є незалежною від інших і всі електрони здійснюють приблизно однаковий вплив на сумарний ефект. Отже, такий шум можна моделювати як гаусівський (Bovik, 2005, p. 328).

Мінусом цього розподілу є те, що кумулятивну функцію розподілу не можна виразити у закритій формі з

використанням елементарних функцій, але натомість вона є табульованою.

У роботі (Bovik, 2005, p. 329) також йдеться про heavy-tailed шум, що спостерігають у разі неповного виконання Центральної граничної теореми – шум невеликої кількості складових, шум не повністю незалежних складових чи шум складових, що нерівномірно впливають на результативний ефект. Для такого шуму наближення значення густини розподілу до 0 при $x \rightarrow \infty$ відбувається набагато повільніше, ніж для гаусівського шуму.

На рис. 1 зображено приклад накладання гаусівського шуму на зображення.



Рис. 1. Приклад накладання гаусівського шуму на зображення

Дробовий шум (шум Пуассона). Дробовий шум – досить поширений тип шуму в електроніці та оптиці. Такий шум описано розподілом Пуассона, тому його ще називають пуассоновим. В електроніці виникнення цього шуму пов'язують з дискретною природою електричного заряду. Також такий шум виникає у процесі підрахунку фотонів у оптичних приладах, що пов'язано з корпускулярною природою світла (Kullolli, Rajpurohit & Anil, 2013). Розглянемо такий шум докладніше.

Вважають, що в процесі випромінювання світла лазером фотони випромінюються випадково, але кількість фотонів, необхідна для утворення плями на стіні, така велика, що яскравість плями, тобто число фотонів за одиницю часу, змінюється з часом на дуже малу величину. Проте за умов незначної яскравості лазера кількість фотонів, що потрапляють на освітлювальну поверхню, буде достатньо малою, щоб відносні флуктуації числа фотонів, а з ними і флуктуації яскравості плями були значними. Ці флуктуації і є дробовим шумом. На рис. 2 зображено приклад накладання шуму Пуассона на зображення.



Рис. 2. Приклад накладання на зображення шуму Пуассона

Імпульсний шум (шум типу "сіть і перець"). Зображення, що містить шум типу "сіть і перець", буде мати темні пікселі у світлих регіонах та світлі – у темних регіонах. Цей тип шуму типово спричинений помилками перетворення аналогового сигналу до цифрового, та побітовими помилками під час передавання. Функція щільності розподілу при цьому має вигляд $p(z) = P_a$

(для $z = a$) та $p(z) = P_b$ (для $z = b$). При цьому a відповідає темній точці на зображенні, b – світлій.

Якщо P_a або $P_b = 0$, то такий шум називають уніполлярним. Якщо ж обидві ці ймовірності ненульові, то на зображенні будуть випадковим чином розташовані чорні та світлі точки (Gonzalez & Woods, 2002, р. 225). Імпульсний шум можна усунути шляхом віднімання темного фрейму та інтерполяції для обчислення значень пошкоджених пікселів (Sreeja & Budumuru, 2013). На рис. 3 зображено приклад накладання на зображення шуму типу "сіть і перець". Часто імпульсний шум накладається з Гаусівським шумом (Kucherov, Katsalap & Zbrozhek, 2015).



Рис. 3. Приклад накладання на зображення шуму типу "сіть і перець"

Шум зерен фотоплівки пов'язаний із особливістю утворення зображень на фотоплівці. Такі зображення є сукупність великої кількості зерен (ці зерна ніби накладаються на нашу фотографію) (Bovik, 2005, р. 332). Коли світло досягає фотоплівки, деякі з зерен поглинають фотони, а деякі – ні. Це пов'язано з тим, чи була отримана необхідна доза світла для такого перетворення. Ті зерна, які поглинають фотони, стають металево-сріблястого кольору. Зерна, що не змінилися, згодом змиваються у процесі оброблення. Загальна площа опромієних зерен до неопромієних при цьому визначає прозорість деякої одиниці площі зображення. При цьому чим більша частина зерен була опромієна, тим більш непрозорим буде зображення і навпаки.

Для зображень повільного фільму характерне велике число зерен невеликого розміру, тоді як зображення швидкого фільму матимуть менше число більших зерен. Висунемо такі припущення: зерна є незалежними один від одного, мають однаковий розмір та форму. При цьому ймовірність їх зміни є пропорційною до кількості фотонів, що падають на них. Тоді якщо визначити L як кількість зерен на заданій площі з ймовірністю p зміни кожного зерна, то кількість зерен, що змінюються, є біноміальною. При цьому значення L зазвичай досить велике, а значення p – доволі мале. Це створює передумови розрахунку кількості зерен, що змінюються, згідно з розподілом Пуассона або гаусівським розподілом (Faroque & Rohankar, 2013).

Інколи говорять також про яскравий шум – цифровий шум на фотографії, що є дрібнозернистою сторонньою структурою на зображенні, що є точками різної яскравості – схожими на зерна звичайної фотоплівки (Kaliada, n.d.).

Спекл-шум – це одна з найскладніших моделей шумів. Він характеризується своєю просторовою залежністю та залежністю від сигналів, які можуть бути різного походження (Bovik, 2005, р. 332). Зокрема, утворення таких шумів пов'язують із використанням когерентних

джерел світла під час отримання зображення. У такому разі неоднорідна шорсткість поверхні в межах одного пікселя зображення поєднана з використанням когерентного світла (наприклад, з лазера), що відбивається від поверхні, призводить до змін сигналу в амплітуді та фазі.

У роботі (Bobkova, Porshnev, Vasili & Vladimir, 2013) автори розглядають спекл-шум, що утворюється у процесі здійснення процедури ехокардіографії (ЕхоКГ). Така процедура ґрунтується на реєстрації відбитих імпульсних сигналів ультразвуку, що генерується з частотою 2,5–5,0 МГц. У випадку, коли геометричні розміри досліджуваного об'єкта є більшими за довжину ультразвукової хвилі (1,0–1,5 мм), то зондувальна хвиля відбивається від межі розподілу наявних середовищ із різними щільностями та відбувається їх розсіювання на дуже дрібні об'єкти (розміром не більше 1 мм). Вищезазначені об'єкти є занадто дрібними для їх подальшого розпізнавання з використанням ультразвукового методу та на знімках ЕхоКГ візуалізуються як спекл-шум.

Виділяють також атмосферний спекл. "Блимаючі" зірки на небі подібні до спекл-шуму когерентного світла. Світло від зірок, що здаються нам із Землі просто точками, є просторово когерентним, коли воно досягає атмосфери. При цьому випадковим чином змінюється коефіцієнт відбивання, що пов'язано зі зміною дифузних властивостей атмосфери через змінність температури та інших чинників (Bovik, 2005, р. 335).

Порівнюючи ці два явища виникнення спекл-шуму, все ж можемо назвати деякі відмінності. Усереднюючи декілька кадрів (фреймів) з присутнім спекл-шумом когерентного світла, отримаємо зображення, близьке до базового зображення. Дисперсія при цьому зменшується із збільшенням кількості усереднених кадрів. На протипагу цьому результат усереднення зображення мигаючих зірок призведе до нечіткого зображення зірок. На рис. 4 зображено приклад накладання спекл-шуму на зображення.



Рис. 4. Приклад накладання спекл-шуму на зображення

Шуми інших типів. Далі наведемо для порівняння декілька шумів, що створюють ефект розмитості під час накладання їх на зображення із різним ступенем прозорості. Серед них: чисельний шум, шум Перліна та інші. Їх шуми можна використовувати для емуляції туману, хмар тощо. Вони також використовують для генерування місцевості в комп'ютерних іграх.

Чисельний шум (value noise) генерується досить просто. При цьому зображення ділиться сіткою і в кожному вузлі сітки задається псевдовипадкове число. Функція шуму при цьому повертає інтерпольоване значення, що ґрунтується на значеннях навколишніх вузлів. Шум Перліна є одним із найвідоміших серед цієї

групи шумів. Під час генерування такого шуму потрібно вибрати функцію генерації шуму та функцію інтерполяції.

Функція генерації шуму Перліна повинна приймати один числовий параметр і для одного і того ж вхідного параметра завжди повертати одне і те ж число. Це обов'язкова умова для цієї функції. Шум Перліна є результатом функцією – сумою значень заданої функції генерації шуму для різних амплітуд і частот (Cattin, Ph., 2016). При цьому кожен етап називається октавою і в процесі зазвичай рухаються від октави з великою амплітудою і малою частотою до октави з меншою амплітудою та більшою частотою. На кожній наступній октаві частота збільшується вдвічі. Кількість октав не є строго регламентованою і можна визначати, як часто, при якій кількість пікселів екрану дає змогу показати всі обчислені значення функції, так і найменшою амплітудою, при якій вплив октави на результуючу функцію неістотний. На рис. 5 зображено приклад накладання згенерованого шуму Перліна на зображення із прозорістю 50 %



Рис. 5. Приклад накладання згенерованого шуму Перліна на зображення із прозорістю 50 %

Висновки. Виконано огляд шумів різних типів та їх впливу для подальшої оцінки якості систем розпізнавання. Проведені дослідження свідчать, що існує досить багато типів шумів, які негативно впливають на оброблення та аналіз зображень. Наведено їх характеристики та походження. Серед цих шумів – гаусівський шум, шум Пуассона, імпульсний шум, шум зерен фотоплівки, спекл-шум, шум Перліна та ін.

Перелік використаних джерел

- Bobkova, A., Porshnev, S., Vasilii, Z., & Vladimir, B. (2013). Issledovanie metodov udaleniia spekl-shumov na ultrazvukovykh izobrazheniakh. *Materialy 23 mezhdunarodnoi konferencii po kompiuternoi grafike i zreniiu, 16–20 sentiabria 2013 goda, g. Vladivostok*. Retrieved from: <http://www.graphicon.ru/html/2013/papers/244-246.pdf>. [In Russian].
- Bovik, A. C. (Ed.) (2005). *The Image and Video Processing Handbook*, (2nd ed.). Elsevier Academic Press. 899 p.
- Buades, A., Coll, B., & Morel, J. M. (2005). A review of image denoising algorithms, with a new one. *Multiscale model simul*, 4(2), 490–530. <https://doi.org/10.1137/040616024>
- Cattin, Ph. (2016). Image Restoration: Introduction to Signal and Image Processing. *MLAC, University of Basel*. April 19th/26th. Retrieved from: [https://miac.unibas.ch/SIP/06-Restoration.html#\(1\)](https://miac.unibas.ch/SIP/06-Restoration.html#(1)).
- Farooque, M. A., & Rohankar, J. S. (2013). Survey on various noises and techniques for denoising the color image. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM)*, 2(11), 217–221. Retrieved from: <http://www.ijaiem.org/volume2issue11/IJAIEM-2013-11-24-070.pdf>.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). *Digital image processing*, (2nd ed.). Upper Saddle River, N.-J.: Prentice Hall. 793 p.
- Ihnatovych, A. O., Paramud, Ya. S., & Kapshii, O. V. (2007). Pidkody do filtratsii spotvorenykh haussivskym shumom zobrazen. *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika". Seriia: Kompiuterni systemy ta merezhi*, 603, 53–59. Retrieved from: http://vlp.com.ua/files/12_22.pdf. [In Ukrainian].
- Kaliada, D. V. (n.d.). *Iskusstvo tsifrovogo foto: nochnaia i vecherniaia s'emka*. Retrieved from: <https://www.ozon.ru/context/detail/id/4173488/>. [In Russian].
- Kucherov, D. P., Katsalap, R. H., & Zbrozhek, L. V. (2015). Kompozitsiia metodiv prostorovoi filtratsii dlia pidvyshchennia yakosti zobrazen. *Naukoiemni tekhnologii*, 3, 211–228. <https://doi.org/10.18372/2310-5461.27.9389>. [In Ukrainian].
- Kullolli, B. S., Rajpurohit, V. S., & Anil, B. G. (2013). An Algorithmic Approach for Multispectral Image Quality Assessment. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 9, 209–214.
- Sreeja, K. J., & Budumuru, P. R. (2013). A New Switching Median Filter for Impulse Noise Removal from Corrupted Images. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 3(6), 496–501. Retrieved from: http://www.ijera.com/papers/Vol3_issue6/CG36496501.pdf.

Н. Б. Шаховская, О. И. Косар

Национальный университет "Львовская политехника", г. Львов, Украина

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННЫХ МЕТОДОВ НАЛОЖЕНИЯ ШУМА НА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Установлено, что одной из причин осложнения процесса принятия решений является ухудшение качества входящей информации, полученной на основании различных изображений вследствие наложения на них шума, который может иметь различное происхождение и характеристики. Изучение определенного класса шумов в контексте рассмотрения его как функции позволяет сосредоточиться на определении его параметров, степени влияния этих параметров и искусственном генерировании шума. Выполнен обзор шумов различных типов и их влияния для дальнейшей оценки качества систем распознавания. Проведенные исследования показывают, что существует достаточно много типов шумов, которые негативно влияют на обработку и анализ изображений. Проведен обзор различных видов шума – гауссовского шума, дробного шума (шума Пуассона), шума типа "соль и перец" (импульсного шума), шума зерен фотопленки, спекл-шума, шумов, которые оказывают эффект размытости (их можно накладывать с разной степенью прозрачности); определены особенности наложения таких шумов. Также перечисленные типы шумов могут накладываться друг на друга. Использован метод логического обобщения, наложение шумов на изображение с использованием библиотеки FastNoise и функции imnoise среды Octave. Проведено сравнение нескольких шумов, которые создают эффект размытости при наложении их на изображение с разной степенью прозрачности. Генерирование различных шумов влечет за собой дальнейшее наложение на реальные изображения специальных шумовых масок с заданными значениями параметров, таких как интенсивность и размеры помех, закон распределения их центров и т.п.

Ключевые слова: оценка качества систем распознавания; методы наложения шума; гауссовский шум; шум Пуассона; шум зерен фотопленки; спекл-шум; шум Перлина.

ANALYSIS OF COMMON METHODS OF NOISE OVERLAYING ON IMAGES

One of the reasons for the complication of the decision-making process is considered to be the deterioration of the quality of the input information obtained on the basis of various images due to overlaying noise on them, which may have various origin and characteristics. Studying a certain class of noise in the context of considering it as a function allows you to focus on determining its parameters, the degree of influence of these parameters and the artificial noise generation. An overview of the noise of different types and their effects was performed for further evaluation of the quality of recognition systems. Noises that arise in this case are subject to classification in order to study, formalize and further eliminate or minimize their harmful effects. Studying a certain class of noise in the context of considering it as a function allows you to focus on determining its parameters, the degree of influence of these parameters and the artificial noise generation. Research shows that there are many types of noise that negatively affect processing and analysis of images. An overview of various types of noise such as Gaussian noise, shot noise (Poisson noise), "salt and pepper" noise type (impulse noise), noise of film grains, speckle noise, noise giving a blur effect (they can be imposed with different degree of transparency). The features of overlaying such noise are determined. The listed types of noise can also be superimposed on each other. The method of logical generalization, overlaying of image noise using the FastNoise library and functions of the imnoise of the Octave environment is used. Comparison of several noises that creates the effect of blurriness when applied to images with varying degrees of transparency is provided. Generating different styles of noise leads to further overlay on real images of special noise masks with given parameters values such as the intensity and size of the noise, the law of distribution of their centers, etc. In the context of evaluating the quality of image recognition systems, we should note that noise is not the only type of interference. Performing such actions on the image as, for example, purposeful modification, rotation or zooming of the image will also have a negative effect on the image resolution. However, in this paper we consider only the overlay of noise.

Keywords: recognition systems quality evaluation; noise overlaying methods; Gaussian noise; Poisson noise; photographic film grains noise; speckle noise; Perlin noise.