

Autonomous Robot, Motion Control, Federico Casolo (Ed.), 2010, – P.52-74.

7. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 452 с.

8. Круглов В. В., Дли М. И., Голунов Р. Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. М.: Физматлит, 2001. – 224 с.

Поступила 21.03.2013р.

УДК 004.932, 004.932.2, 004.932.4

Д.Д. Пелешко, І.В. Ізонін, Ю.М. Пелех, м.Львів

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ЗБІЛЬШЕННЯ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ SUPER RESOLUTION

Abstract. The authors in the article analyze different types of super resolution techniques, and describe the advantages and disadvantages of the major approaches to improving the quality of images based on subpixel processing. The paper provides a classification of the main methods of increasing image resolution.

Вступ

Серед основних методів забезпечення якості цифрових зображень і сцен виділяють методи управління роздільною здатністю. Зокрема її підвищення. Технологічні та інші обмеження, які є характерними для пристроїв систем комп'ютерного зору зумовлюють виникнення задачі підвищення роздільної здатності з цільовим призначенням, яке визначається подальшим інтелектуальним аналізом.

Постановка задачі

Метою роботи є огляд та аналіз основних підходів щодо збільшення роздільної здатності зображень на основі технології super resolution (SR) для подальшого інтелектуального аналізу, в задачах штучного інтелекту. Основною завданням роботи є класифікація та виділення перспективних напрямків наукових досліджень в галузі попередньої обробки зображень.

Основна частина

Історія розвитку методів зміни роздільної здатності на основі super resolution бере свій початок з виходу однієї з перших робіт в галузі обробки сигналів [1]. У цій роботі Р. Ю. Цай і Т. С. Хуанг запропонували алгоритм реєстрації декількох кадрів одночасно з допомогою підходу нелінійної мінімізації в частотній області. Починаючи з 1990 років цей напрям отримав широкого розвитку і в наш час розроблення методів зміни роздільної здатності зображень і сцен на основі SR або, як ще інколи цей процес називають покращенням роздільної здатності зображень (resolution

enhancement) є актуальною науковою задачею.

Задачі покращення роздільної здатності зображень виникають у різних областях, зокрема:

в області дистанційного зондування землі – для реконструкції зображень;

в процесах відеоспостереження – щодо покращення роздільності для автоматичного розпізнавання об'єкта що викликає потенційний інтерес;

в задачах медійної обробки – для покращення нерухомих зображень з відеопослідовностей, а також для покращення якостей кольорових зображень;

в задачах медичної діагностики, зокрема при магнітно-резонансній томографії;

для телебачення високої чіткості (HD) – при вирішенні завдань перетворення відеостандартів;

у астрономічних дослідженнях та ін.

Термін «Super resolution» вперше ввів Р. Гершберг у 1974 році для представлення свого ітераційного методу, що надавав можливість отримати високу роздільну здатність далеко за межею дифракційних обмежень. Термін “ Super resolution reconstruction” використовується для опису процесу створення зображення або набору зображень високої роздільності із зображення чи групи зображень низької роздільності. Для набору зображень низької роздільності таке відновлення можливе у випадку, коли існує субпіксельний рух між ними (рис.1б). Саме він є носієм тієї інформації, на основі якої відбудуватиметься процес відновлення вихідного зрзка.

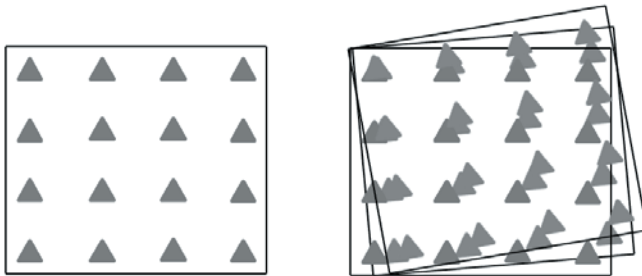


Рис.1. Вибірка зображень однієї сцени: а) – дискретизоване зображення, б) – набір зображень однієї сцени, два з яких повернуті на 5° та 10° в тій самій системі координат

Аналіз літературних джерел показав, що методи реконструкції зображень високої роздільності на основі технології SR класифікують порізноmu.

Даніель Гласнер у [2], виділяє два сімейства методів покращення якості зображень за рахунок збільшення роздільної здатності: класичні методи реконструкції з декількох зображень однієї сцени або мультифреймові методи [3] та методи, що базуються зрзках, або однофреймові методи [3].

При застосуванні першого підходу використовується набір зображень

низької роздільності однієї сцени. Кожен екземпляр з групи зображень накладає набір лінійних обмежень на невідомі значення інтенсивності вихідного зразка високої роздільності. Для розв'язання системи рівнянь з заданими обмеженнями необхідна достатня кількість самих зразків. Якщо набір вхідних зображень містить достатню кількість зразків низької роздільності, то відбувається ефективна реконструкція зображення високої роздільності. Однак на практиці використання даної процедури не завжди гарантує якісний результат. При підвищенні коефіцієнта збільшення роздільної здатності методи даного підходу забезпечують все менше корисної інформації у вихідному зразку, що накладає обмеження на використання методу [4].

Велика кількість методів субпіксельної обробки, які базуються на використанні наборів зображень низької роздільності здатності, у задачах реконструкції повинні реалізовувати дві основні дії (рис. 2):

1. центрування всіх зображень низької роздільності в одній системі координат;
2. реконструкція (синтез) зображення з високою роздільною здатністю на нерегулярній множині зразків.

На етапі центрування оцінюється субпіксельний зсув вхідних зразків з набору зображень однієї сцени по відношенню до опорного (базового) зображення. Від точності цієї оцінки у великій мірі залежить ефективність роботи алгоритму. Класичні методи оцінки субпіксельного зсуву базуються на вирішенні задачі пошуку кореляційного максимуму. Проте через значну обчислювальну складність дуже низькою є швидкість визначення оцінки. Найбільш популярним на сьогодні підходом для оцінки зсуву є використання функції розсіяння (ФР). Відповідно точність побудови ФР є визначальною для якості реконструйованого зображення.

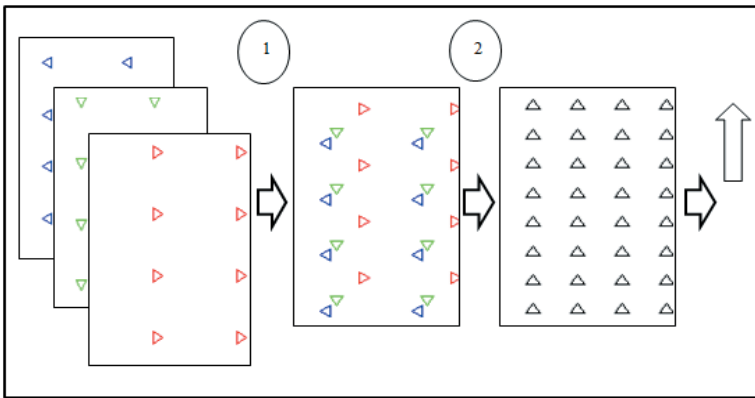


Рис. 2. Реконструкція зображення з високою роздільністю на основі обробки групи зображень низької роздільності методами SR

На другому етапі передбачається використання обраного алгоритму для реконструкції зображення з високою роздільністю. Наведений вище приклад є найпростішою схемою, проте на практиці виникає ряд завдань, зокрема субпіксельний зсув серед групи вхідних зображень не завжди є точно відомим, а тому повинен визначитися на основі наявних даних. Крім того, субпіксельний рух може бути складнішим і мати як глобальну, так і локальну компоненту (на рис. 2 субпіксельний рух глобальний). Тому, при виборі методу реконструкції зображення, перш за все слід звертати увагу на можливість забезпечення максимальної кількості апіорної інформації, оскільки у багатьох практичних задачах, глобальний зсув (змаз) зображення є невідомими. Саме тому необхідно включити апіорну інформацію, наприклад, щодо класифікації змазів в процедуру відновлення.

Враховуючи можливі деформації вхідних зразків низької роздільності, такі як оптичне спотворення, аліасінг, спотворення рухом камери, пониження частоти дискретизації, та різні види шуму, у літературі виділяють третій етап [5] - застосування процедур усунення змазів і видалення шумів із вихідного зображення, де використовуються методи для мінімізації негативних впливів і наслідків цих дефектів.

Підхід, що базується на зразках (на розпізнаванні, або одно-фреймові методи) [3, 4, 6, 7, 8], на відміну від попереднього класу методів, які вимагають на вхід декілька зображень низької роздільності однієї сцени, може працювати лише з одним зображенням. Даний клас методів передбачає створення навчальної моделі для визначення відповідностей між частинами зображень низької та високої роздільності, які, зазвичай встановлюються з бази даних (зображення з об'єктом уваги високої роздільності, переважно задане, а зображення з низькою роздільною здатністю створюється шляхом зменшення частоти дискретизації).

Робота алгоритмів полягає у застосуванні отриманої «навченої» моделі для реконструкції зображень високої роздільності із вхідних зразків з низькою роздільною здатністю (рис.3).

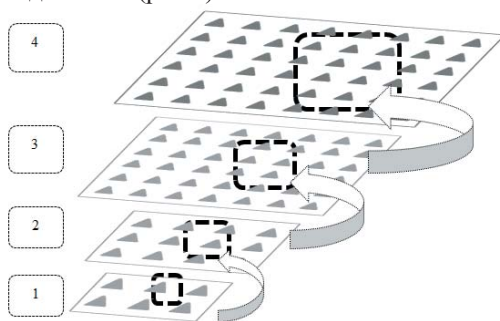


Рис. 3. Спрощена схема роботи однофреймового методу збільшення роздільної здатності зображень. Під номером 3 – вхідне, початкове зображення, 2, 1 – його зменшені версії, 4 - вихідне зображення високої роздільності

Доцільність використання таких методів залежить від двох факторів - наявності великої навчальної вибірки пар зображень низької і високої роздільності та ефективності методів навчання щодо їх співставлення.

Варіативність алгоритмів даного класу надає можливості застосування для навчальної вибірки моделі представлення зображень у вигляді пірамід [9] (Гаусівська піраміда, піраміда Лапласа) або нейронних мереж, де входами є значення пікселів із зображень низької роздільності, на основі яких відбувається відновлення деталей зображення високої роздільності [10].

Недоліком окремих однофреймових методів є неможливість роботи на вибірках малої розмірності. Це визначає додаткові умови на розмірність навчальної вибірки, а саме необхідність великого набору навчальних даних і, відповідно збільшення обчислювального навантаження в процесі навчання. Цей недолік, з якісним розвитком теорії нейронних мереж поступово нівелюється [11].

Іншим недоліком є те, що однофреймові методи не гарантують отримання істинної високої роздільної здатності деталей зображення, якщо вхідний кадр містить текстури, які не існують в базі даних [5].

Методи обробки набору зображень і однофреймові методи мають свої переваги та недоліки. Проте необхідність вдосконалення численних недоліків цих методів зумовила появу так званих гібридних методів [2]. Типовим підходом є сумісне використання (комбінація) вищезгаданих методів з метою отримання чіткішого зображення з більшою роздільною здатністю [12].

Гібридні методи можна розділити на дві групи [12]. До першої групи відносяться комбінації методів просторової області. До другої групи - комбінації алгоритмів просторової та частотної областей.

Шон Борман та Роберт Л. Стівенсон у [13] при класифікації методів Super resolution виділяють частотну та просторову групи методів. Методи, що працюють в частотній області базуються на трьох основних принципах: властивості зсуву перетворення Фур'є; фільтруючого взаємозв'язку між неперервним перетворенням Фур'є вихідного зображення високої роздільності та дискретним перетворенням Фур'є набору вхідних зображень низької роздільності, а також припущенні про те, що оригінальна сцена (вихідне зображення) є вузькосмуговим спектром.

Перевагою методів частотної області є їх низька обчислювальна складність, однак, ці методи застосовуються лише при глобальному русі зображення. Основним недоліком даних методів є те, що побудова системи рівнянь вимагає знання точного субпіксельного руху між кадрами. Кожне зображення тут повинно описуватися рівнянням, що встановлює обмеження на міжкадровий рух, тому даний підхід майже не використовується в практичних задачах збільшення роздільності зображень.

У класі методів просторової області спочатку формується модель візуалізації і тоді відбувається процес реконструкції зображення. Перевагами даних методів реконструкції є те, що лінійна модель візуалізації у просторовій області може містити неідеальні зразки, оптичний шум,

артефакти стиснення та багато іншого. Просторова реконструкція дозволяє включення апріорних обмежень просторової області, які призводять до екстраполяційних обмежень при вирішенні завдання реконструкції. Це є важливою умовою, оскільки більшість алгоритмів Super resolution подаються у формі обернених задач, які, як відомо, є некоректними і слабо формалізованими. Саме апріорні обмеження використовуються як формулювання умов щодо перетворення некоректної задачі до коректної. Відповідно до цього, методи просторової області, що містяться в науковій літературі можна розділити на два підкласи: без використання регуляризації та регуляризаційні [13, 14], де останній дає можливість працювати в детермінованому та стохастичному режимах [2, 4].

Не дивлячись на високу гнучкість методів просторового підходу слід підкреслити їх велику обчислювальну складність що впливає, у порівнянні з аналогами в частотному підході – із складності самих алгоритмів.

Узагальнюючи описані вище класи методів Superresolution щодо збільшення роздільної здатності зображень здійснимо їх класифікацію (рис.4).



Рис.4 Класифікація основних методів щодо збільшення роздільної здатності зображень на основі методів Superresolution

Висновки

Технологія Super resolution дозволяє підвищити якість зображення за рахунок інтелектуального збільшення його роздільної здатності. На відміну від білінійної чи бікубічної інтерполяції, які використовуються для цих же цілей, дана технологія надає можливості реконструювати зображення високої роздільності як при використанні одного зображення так і при обробці декількох кадрів однієї сцени. До переваг технології слід віднести також бездефектну деталізацію зображення програмним шляхом, інтелектуальне масштабування без появи артефактів, які притаманні звичайним методам збільшення роздільності зображення, наявність широкої варіативності адаптивних методів, що забезпечують роботу без налаштування різноманітних параметрів, та інші. Проведений аналіз літературних джерел дав змогу розділити існуючі методи на три основні класи. Найперспективнішим у розробці з нашої точки зору являються саме гібридні алгоритми, які можуть забезпечити усунення недоліків обробки як у просторовій так і у частотній області.

1. *Tsai R., Huang T.* Multi-frame image restoration and registration // *Advances in Computer Vision and Image Processing*, vol. 1, no. 2, JAI Press Inc., Greenwich, CT, 1984. - pp. 317–339.
2. *Glasner D., Bagon S., Irani M.* Super-Resolution from a Single Image // 12th International Conference on Computer Vision (ICCV), IEEE, 2009. - pp. 349 – 356.
3. *K. Su, Q. Tian, Q. Que, N. Sebe, and J. Ma* Neighborhood issue in single-frame image super-resolution // in *Proc. IEEE Int. Conf. Multimedia Expo*, 2005. - pp. 1122–1125.
4. *S. Baker and T. Kanade* Limits on Super-Resolution and How to Break Them // *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, vol. II, IEEE CS Press, Los Alamitos, Calif., 2000. - pp. 372-379.
5. *C. Yang, J. Huang and M. Yang* Exploiting Self-similarities for Single Frame Super-Resolution // *Proceedings of Asian Conference on Computer Vision (ACCV 2010)*, Queenstown, New Zealand 2010, pp.497-510.
6. *K. S. Ni and T. Q. Nguyen* Image superresolution using support vector regression // *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 16, 2007. – pp.1596 – 1610.
7. *W. T. Freeman, T. R. Jones, E. C. Pasztor* Example-based super-resolution // *Computer Graphics and Applications*, IEEE, vol. 22, issue 2, 2002. – pp. 56 – 65.
8. *H. Chang, D.-Y. Yeung, Y. Xiong* Super-resolution through neighbor embedding // *Computer Vision and Pattern Recognition*, 2004. CVPR 2004. Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference, vol.1, 2004. – pp.1-8.
9. *W.T. Freeman, E.C. Pasztor, O.T. Carmichael* Learning Low-Level Vision // *Int'l J. Computer Vision*, vol. 40, no.1,2000. - pp. 25-47.
10. *Y. Huang, Y. Long* Super-resolution using neural networks based on the optimal recovery theory // *Proceedings of the 2006 16th IEEE Signal Processing Society*, 2006. – pp. 465 - 470.
11. *Винокурова О.А.* Еволюційна каскадна МГУА-нейро-фаззі мережа на базі фаззі-вейвлет-нейрона типу-2 // Індуктивне моделювання складних систем - Збірник наукових праць – Київ: Міжнар. наук.- навч. центр інформ. технологій та систем НАН та МОН України, 2011.- Вип. 1. – С. 17-27.
12. *M. Elad, A. Feuer* Restoration of a single super resolution image from several blurred,

noisy, and under-sampled measured images // IEEE Trans. Image Process., vol. 6, no. 12, 1997. - pp. 1646-1658.

13. S. Borman, R.L. Stevenson Super-resolution from image sequences - A review // Midwest Symp. Circuits and Systems, 1999. - pp.374 -378

14. R. C. Hardie, K. J. Barnard, E. E. Armstrong Joint map registration and high-resolution image estimation using a sequence of under-sampled images // IEEE Trans. Image Process., 1997. – pp. 1621–1633.

Поступила 28.03.2013р.

УДК 683.05

Б.В. Дурняк, О.В. Шевченко, УАД

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГАРАНТОВАНОЇ ДОСТАВКИ ДАНИХ

The article discusses the principles of network protocols UDP and TCP, as well as principles for guaranteed delivery of data.

З набуттям великої популярності у світі послуги Voice IP, потокового відео та Інтернет радіо зросли вимоги до доставки інформації через мережу Інтернет. Ці вимоги суттєво відрізняються від вимог звичайних послуг передачі інформації.

Передача мультимедійного трафіку у мережі Інтернет включає у себе роботу обладнання, у якому реалізується робота протоколів по контролю трафіка. Це стало можливим завдяки алгоритмам ущільнення та кодування інформації. Важливим чинником для більшості послуг мультимедіа є передача інформації через мережу з кінця в кінець. Але через виникнення завад і перешкод у каналах з'являється ймовірність втрати тої чи іншої інформації, що у свою чергу суттєво знижує якість надання послуг.

Впровадження нових протоколів та алгоритмів у мережі може забезпечити необхідний рівень якості послуг. Виходячи з критерію простоти, дешевизни, і швидкості реалізації цих протоколів можна здійснити на прикладному рівні.

Ієрархічна модель TCP/IP, на основі якої побудована робота мережі Інтернет, дає можливість задіяти нові можливості по ущільненню трафіка.

Реалізація більшості мультимедійних послуг «з кінця в кінець» здійснюється завдяки протоколам верхнього рівня:

RTP – протокол транспортного рівня

RTCP – протокол прикладного рівня

Допомагають контролювати мультимедійний трафік

UDP – протоколом, що не надає гарантій по якості обслуговування

TCP – протокол, що забезпечує гарантовану доставку даних.