В.В. Іващук, магістрант
Науковий керівник – д.т.н., проф. Ю.О. Подчашинський
Житомирський державний технологічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АЛГОРИТМІЧНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ ГЕОМЕТРИЧНИХ ВИКРИВЛЕНЬ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ МОНІТОРИНГУ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

Знімання великих територій в даний час здійснюється методами фотограмметрії, що вивчає способи і технологію визначення форм, розмірів, положення в просторі, кількісні та якісні характеристики об'єктів за їхніми зображеннями. Зображення місцевості отримують за допомогою спеціальної апаратури, яка встановлюється на авіаційних або космічних носіях. Аерокосмічне знімання прийнято ділити на ряд класів і видів в залежності від призначення, носія, знімальної апаратури, технології виконання знімання, форми представлення результатів.

Для аерознімання використовують літаки, надлегкі літальні апарати і вертольоти. Існують кілька різновидів знімання з літака: аерофотографічна, теплова інфрачервона, радіолокаційна та ін. Крім того, традиційні аерометоди включають ряд так званих геофізичних знімань - аеромагнітних, аерорадіометричних, аероспектрометричних, в результаті виконання яких отримують не знімки, а цифрову інформацію про досліджувані об'єкти.

Космічне знімання, тобто знімання з висоти понад 150 км, виконується з супутника, який переміщається по встановленій орбіті. Тому можливості його маневрування в порівнянні з літаком вельми обмежені. Будь-який супутник завжди повинен розглядатися з урахуванням параметрів його орбіти. З точки зору космічного знімання земної поверхні важливі такі параметри орбіт: форма, нахил, висота, положення її площини по відношенню до Сонця.

При зніманні аерокосмічних відеозображень часто має місце вібрація камери чи іншої апаратури для знімання, яка веде до небажаного тремтіння одержуваних зображень. У найпростішому випадку це невеликі коливання оптичної осі камери. В принципі, можливі суттєві коливання, що досягають половину кадра, особливо при зніманні з сильним збільшенням. Крім того, можливі і більш складні випадки, наприклад, камера може не тільки коливатися, але і змінювати орієнтацію і положення в просторі.

Тоді постає завдання компенсації таких коливань камери і отримання стабілізованих зображень. Це завдання розпадається на дві підзадачі.

По-перше, необхідно визначити параметри деформації зображення від кадру до кадру. У даній роботі ми обмежимося класом лінійних деформацій. Незважаючи на відносну простоту моделі деформації, вона дозволяє описати такі типові спотворення, як зсув, поворот, стиснення. Для успішного вирішення даного завдання також необхідно визначити параметри, зокрема: наявність черезстрічної розгортки, шумоподібності або змазаності кадрів і т.д.

По-друге, по оцінених параметрах деформації необхідно провести зворотне перетворення вхідного кадру до попередньої системи координат (компенсацію деформації). При цьому необхідно відокремити регулярні деформації, викликані цілеспрямованим рухом камери, від нерегулярних шумових збурень і компенсувати тільки останні.

Основною метою при розробці алгоритмів було забезпечення наступних двох умов.

1. Алгоритми повинні працювати стійко з найрізноманітнішими відео послідовностями. При цьому послідовності можуть бути зняті в складних умовах і мати дуже погану якість.

2. Дані алгоритми повинні забезпечувати обробку відеопотоків в реальному часі на сучасних неспеціалізованих обчислювальних засобах.

Завдання компенсації геометричних спотворень розпадається на дві підзадачі.

Першою підзадачею є визначення геометричних деформацій. Для кожного кадру відеопослідовності необхідно оцінити його геометричну трансформацію щодо попереднього, вважаючи при цьому, що кадри є зображенням одного і того ж стаціонарного фону. Під геометричною трансформацією мається на увазі афінне перетворення, тобто перетворення виду:

$$\vec{r}(t+1) = A(t)\vec{r}(t) + \Delta\vec{r}(t), \qquad (1)$$

де $\vec{r}(t)$ – координати точки фону на кадрі,

$\vec{r}(t+1)$ – координати тієї ж точки фону на наступному кадрі,

$A(t)$ і $\Delta\vec{r}(t)$ – параметри геометричних спотворень, які і треба визначити.

При цьому в процесі створення і обробки алгоритмів на реальних зображеннях були враховані можливі відхилення від даної математичної моделі:

- зображення малоконтрастне з малим відношенням сигналу–шум;
- шуми не гаусові, нестаціонарні, корельовані за часом і простором;
- додаткові спотворення зображення: змазування, нелінійні геометричні спотворення, нелінійні зміни яскравості і кольоровості по кадру, спотворення в оптиці камери тощо;
- спотворення зображення за рахунок розгортки;
- нестаціонарність самої картини, що знімається, тобто рух одних її частин щодо інших;

Другою підзадачею є розділення регулярних і шумових геометричних спотворень.

Для адекватного відображення відеопослідовності необхідно компенсувати тільки шумову складову його геометричних спотворень. Регулярну складову (наприклад, поступальне зміщення камери) слід по можливості залишати з мінімальними змінами. Тобто, геометричні спотворення являють собою наступну функцію часу:

$$\begin{cases} \Delta\vec{r}(t) = \Delta\vec{r}_s(t) + \Delta\vec{r}_n(t) \\ A(t) = A_s(t) + A_n(t) \end{cases}, \qquad (2)$$

де $\Delta\vec{r}_s(t)$ і $A_s(t)$ – корисні складові геометричних спотворень,

$\Delta\vec{r}_n(t)$ і $A_n(t)$ – шумові складові, які і треба компенсувати.

Дана задача не може бути вирішена без апріорних відомостей про корисні складових спотворень. Але ці відомості, як правило, мізерні і не дозволяють повністю і точно вирішити цю задачу. Тому в даній статті розглянуті емпіричні способи вирішення, які охоплюють якомога більше число можливих ситуацій, а також можуть бути налаштовані відповідно до конкретного завдання.

Для визначення перетворення одного кадру щодо іншого використовується наступна принципова формула:

$$Q = \arg\min_Q X(\|F(t-1)_{ij}\|, \|T_q(F(t))_{ij}\|), \quad (3)$$

де Q – вектор параметрів перетворення, який може включати як зрушення кадрів, так і кут повороту, і коефіцієнт масштабування, або шість афінних коефіцієнтів,

X –функція «несхожості», яка повинна бути тим менше, чим сильніше збігаються її перший і другий аргументи,

$F(t)_{ij}$ – кадр моменту часу t,

T_q – перетворення кадру з заданим вектором параметрів перетворення.

Існують різні методи оцінки параметрів деформації кадру, зокрема, на основі оптичного потоку всередині кадру, на основі виділення характерних точок зображення, або безпосередньо використовуючи яскравость точок вхідного зображення.

Наприклад, функцією $X(F1, F2)$ може бути функція середньоквадратичної нев'язки або будь-які її узагальнення. Ця функція досить швидко обчислюється. Тоді вона може бути виконана всього в кілька операцій на один кадр (кількість операцій не залежить від розміру кадру) шляхом зміни формального адреси початку кадру в пам'яті. Фактично, її обчислення займає малий час в порівнянні з іншими обчисленнями.

Алгоритмічна компенсація геометричних спотворень зазвичай виконується методом зворотного проектування пікселів скоригованого зображення на вихідне.

Для компенсації дефокусування, астигматизму і змазування можливе використання цифрових методів відновлення зображень. У цьому випадку робиться спроба реконструювати або відновити зображення, яке було спотворено, використовуючи апріорну інформацію про явище, яке викликало погіршення зображення. Тому методи відновлення засновані на моделюванні процесів спотворення і застосуванні зворотних процедур для відтворення вихідного зображення, таких як використання алгоритмів зворотної фільтрації і фільтрації Віннера.

Головним призначенням для розробки є випробування алгоритмів компенсації геометричних викривлень зображення для подальшого можливого використання в програмному забезпеченні фото- і відеотехніки.