

ГОМОМОРФНА ФІЛЬТРАЦІЯ ФОТОГРАМЕТРИЧНОГО ЗОБРАЖЕННЯ

Анотація. Розроблений спосіб попередньої обробки цифрових фотограмметричних зображень на основі гомоморфної їх обробки, який підвищує інформаційну значущість первинних зображень за критеріями достовірності розпізнавання на них геометричних форм.

Ключові слова: гомоморфна фільтрація, фотограмметричне зображення, інформаційна ентропія, сигнальна ентропія.

Постановка проблеми. Сучасні апаратні засоби дистанційного зондування фіксують фотограмметричні зображення в оптичному, інфрачервоному, мікрохвильовому діапазонах проміння з великих відстаней. Кожне таке зображення має окрему інформаційну значущість щодо подання характеристик об'єкту у його візуальній формі. Актуальним завданням є попередня обробка багатоспектральних растрових зображень, що забезпечує збільшення їх інформативної значущості.

Аналіз досліджень. У ряді досліджень за тематикою попередньої обробки багатотонових растрових зображень увага приділяється покращенню їх візуальної якості без урахування фізичних механізмів фіксації видової інформації, зокрема міжканальної кореляції. Інші дослідження присвячені розв'язанню даної задачі на основі обчислення статистичних параметрів цифрових зображень (метод аналізу головних компонент).

Узагальненою технологією для цифрової обробки зображень за участю нелінійного відображення в інші простори, в яких може використовуватися теорія лінійних фільтрів, з зворотним відображенням в первинний простір є гомоморфна фільтрація [1].

Сутність гомоморфної обробки зображення полягає в нормалізації рівнів яскравості, а саме звуженні їх динамічного діапазону, та одночасному підвищенні його контрастності [2], що суттєво підвищує ефективність попередньої обробки зображення.

Метою даної роботи є розробка алгоритму попередньої обробки багатотонових фотограмметричних зображень дистанційного зондування, отриманих сканерним способом, з використанням гомоморфної фільтрації, що має забезпечити збільшення їх інформативної значущості.

Теоретичні відомості. Яскравість можна вважати низькочастотною складовою, оскільки освітленість змінюється у просторі достатньо повільно, а зображення (складову відображувальної здатності) – високочастотним сигналом, оскільки зображення може містити дрібні деталі, що призводить до швидких змін у його текстурі та конфігурації. Добуток цих складових представляє собою результуючий сигнал на первинному зображенні

$$f(u, v) = f_i(u, v) \cdot f_r(u, v), \quad (1)$$

де $f(u, v)$ – інтенсивність зображення, $f_i(u, v)$ – функція освітленості та $f_r(u, v)$ – функція відображувальної здатності, u, v – дискретні просторові змінні.

З метою звуження динамічного діапазону обробці підлягає складова освітленості, а для підвищення контрастності – складова відображувальної здатності. Для цього шляхом гомоморфної обробки задача зводиться до лінійної

$$\begin{aligned} f^*(u, v) &= \ln[f(u, v)] = \ln[f_i(u, v) \cdot f_r(u, v)] = \\ &= \ln f_i(u, v) + \ln f_r(u, v) = f_i^*(u, v) + f_r^*(u, v), \end{aligned} \quad (2)$$

де $f^*(u, v)$ – щільність зображення, $f_i^*(u, v)$ та $f_r^*(u, v)$ – відповідно щільності освітленості та відображувальної здатності.

Таким чином, мультиплікативні складові зображення виявляються розділеними та надалі можуть оброблюватися незалежно один від одного. До отриманого сигналу $f^*(u, v)$ використовується лінійний фільтр високих частот тоді, згідно властивостей лінійних систем, отримуємо вираз

$$g^*(u, v) = g_i^*(u, v) + g_r^*(u, v), \quad (3)$$

де $g^*(u, v)$ – оброблена щільність зображення, $g_i^*(u, v)$ та $g_r^*(u, v)$ – відповідно оброблені щільності освітленості та відображувальної здатності.

З метою повернення до первинного простору використовуємо потенціювання

$$g(u, v) = \exp[g_i^*(u, v) + g_r^*(u, v)] =$$

$$= \exp[g_r^*(u, v)] \cdot \exp[g_r^*(u, v)] = g_r(u, v) \cdot g_r(u, v), \quad (4)$$

де $g(u, v)$ - оброблена інтенсивність зображення.

Інформаційна ентропія є однією з основних характеристик інформативності багатоспектрального растрового зображення та обчислюється за виразом [3]

$$E(x) = - \sum_{k=0}^{N-1} p_k \cdot \log_2 p_k, \quad (5)$$

де N - кількість рівнів яскравості, p_k - частота k -го рівня яскравості вибірки x ; k - цілочисловий рівень яскравості, який належить інтервалу $[0, 255]$.

Сигнальна ентропія є мірою інформаційної значущості багатоспектрального зображення [4]

$$E_{\text{сигн}}(x) = - \sum_{i=0}^{N-1} p_i \cdot \log_2 p_i, \quad (6)$$

де N - кількість рівнів яскравості, $p_i = \frac{i \cdot x_i}{\sum_{j=0}^{255} j \cdot x_j}$ є аналогом частоти i -го рівня яскравості вибірки x ; i - цілочисловий рівень яскравості, який належить інтервалу $[0, 255]$.

Результати. Гомоморфна обробка видових даних спрямована на видалення (фільтрацію) з первинних знімків частини надлишкової (привнесеної) інформації, що вноситься впливом знімальної апаратури оптичного комплексу на зображення ділянки земної поверхні, що фіксується, під час зйомки.

Запропонований алгоритм гомоморфної обробки складається з етапів:

- визначення комплексного кепстру вихідного зображення;
- визначення оптичної передатної функції та її спектру;
- обчислення різниці між комплексним кепстром зображення та спектром оптичної передатної функції із застосуванням натурального логарифмування;
- зворотні перетворення з метою отримання шуканого натурального зображення.

Слід зазначити, що обчислення спектру виконувалося із застосуванням швидкого двовимірного перетворення Фур'є.

У якості вихідних даних для дослідження алгоритму гомоморфної обробки використані первинні видові дані космічного

апарату Terra (сканер Aster), зафіксовані у дев'яти спектральних діапазонах електромагнітного проміння, представлені на рисунку 1.

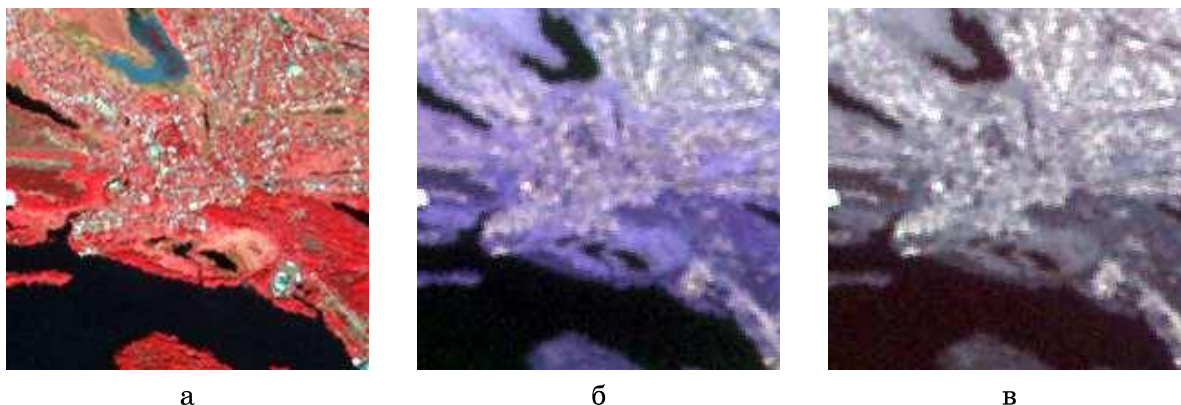


Рисунок 1 - Вихідні зображення

- а) перше RGB-зображення, сформоване з зображень 1, 2 та 3 каналів;
- б) друге RGB-зображення, сформоване з зображень 4, 5 та 6 каналів;
- в) третє RGB-зображення, сформоване з зображень 7, 8 та 9 каналів

З зображень, отриманих в результаті гомоморфної фільтрації вихідних даних, сформовані відповідні RGB- зображення, наведені на рисунку 2.

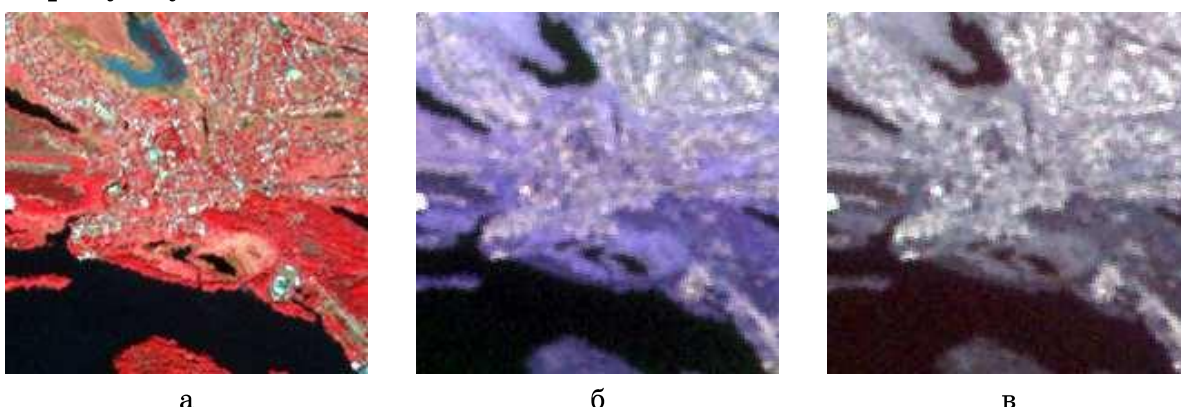


Рисунок 2– Результати гомоморфної обробки

- а) першого RGB-зображення, сформованого з зображень 1, 2 та 3 каналів;
- б) другого RGB-зображення, сформованого з зображень 4, 5 та 6 каналів;
- в) третього RGB-зображення, сформованого з зображень 7, 8 та 9 каналів

Для вихідних та отриманих в результаті гомоморфної фільтрації зображень кожного з дев'яти каналів обчислені значення інформаційної та сигнальної ентропії, наведені у таблиці 1.

Збільшення значень інформаційної та сигнальної ентропії (таблиця) для отриманих в результаті обробки зображень у порівнянні з

вихідними свідчить про підвищення інформаційної значущості зображень при застосуванні гомоморфної обробки, що пояснюється очищенням зображення від завад, привнесених знімальною апаратурою.

Таблиця 1

Інформаційна та сигнальна ентропія

Обробка № каналу	Інформаційна ентропія		Сигнальна ентропія	
	Вихідні	Оброблені	Вихідні	Оброблені
1	4.6392	5.0167	4.7139	5.2269
2	4.6527	5.0463	4.6970	5.2519
3	4.9739	5.5735	4.7303	5.5085
4	4.9132	5.5212	4.5634	5.3544
5	4.6431	5.1213	4.4294	5.0717
6	4.8352	5.3312	4.5899	5.2545
7	4.7105	5.2654	4.5222	5.2350
8	4.7585	5.2519	4.6294	5.2881
9	4.4914	5.0395	4.4913	5.1587

Висновки. Гомоморфна фільтрація використана для підвищення інформативності оброблюваних зображень. Гомоморфна обробка дозволяє нормалізувати рівні яскравості фотограмметричного зображення та одночасно підвищити його контрастність. При цьому також видаляються мультиплікативні завади з оброблюваного зображення.

Подальший розвиток запропонованих досліджень можливо проводити в напрямку нових шляхів перетворення просторових розподілів яскравості при попередній обробці за рахунок використання інших підходів гомоморфної фільтрації з метою збільшення ефективності запропонованих способів.

Авторка дякує науковому керівникові д.т.н., професору Корчинському В.М. за постановку завдання та підтримку досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Залманзон Л. А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях / Л. А. Залманзон.- М.: Наука. - 1989. - 496 с.
2. Гренандер У. Лекции по теории образов: в 2 томах / Том 2: Анализ изображений / У. Гренандер: пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 448 с.
3. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон: пер. с англ. – М.: ИИЛ, 1963. – 830 с.
4. Корчинський В. М. Підвищення інформативності проєкційних растрових зображень / В. М. Корчинський, О. М. Гордієнко // Прикладна геометрія та інженерна графіка / Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 4, т. 25 // . – Мелітополь: ТДАТА, 2004. – С. 33-37.