



## ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ КОСМІЧНОГО РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ЗНІМАННЯ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПОЛОЖЕННЯ МОРСЬКОЇ БЕРЕГОВОЇ ЛІНІЇ

*Представлена краткая характеристика возможностей метода радиолокационной съемки и приведена технологическая схема определения положения морской береговой линии по данным космической радиолокационной съемки.*

*The brief description of possibilities of radar mapping method is presented. The flowsheet of determination of marine coastline position by the data of satellite radar mapping is given.*

**Постановка проблеми.** Морська берегова лінія належить до категорії об'єктів, які постійно змінюють своє місцеположення. Ці зміни пов'язані з багатьма факторами, зокрема з впливом припливів, різною геологічною будовою узбережжя, ерозійними процесами, кліматичними перемінами. Зрозуміло, побудувати модель зміни місцеположення лінії берега, яка б враховувала всі фактори, неможливо, тому будь-які фізичні моделі є наближеними. Але різні служби та відомства потребують не тільки фіксації положення морської берегової лінії на певну епоху, а й прогнозу можливих її змін.

Через те що моделі зміщення лінії берега є наближеними, завдання прогнозування можливих змін може бути вирішене способом геодезичного моніторингу положення цієї лінії. Враховуючи складності вирішення цього завдання (значна протяжність об'єкта моніторингу, досить значні зміщення), найбільш доцільним є проведення моніторингу з використанням даних дистанційного зондування Землі. Серед цих даних особливо перспективне використання матеріалів космічного радіолокаційного знімання у поєднанні зі зніманням високої роздільної здатності у видимому діапазоні спектра.

Розроблення технологічних схем моніторингу положення морської берегової лінії за допомогою комплексного використання різних типів даних космічного знімання є актуальним завданням. Його вирішення дасть поштовх подальшому розвитку інших видів досліджень, пов'язаних з космічним моніторингом навколишнього середовища.

**Огляд попередніх публікацій.** Теоретичні питання отримання та оброблення даних дистанційного зондування Землі описані в багатьох вітчизняних і закордонних публікаціях. Найповніше вони висвітлені в працях [1-3, 4, 8-10]. На жаль, питання використання матеріалів радіолокаційного знімання в них майже не розкриваються. У перших трьох публікаціях описуються основні технічні засоби радіолокації та зазначається сфера можливого використання даних знімання. Праця [4] є фундаментальною в плані подачі математичних залежностей для оброблення даних дистанційного зондування, і радіолокаційного знімання зокрема. Проте вона вже застаріла через зміни, що відбулися в технології розвитку супутникових знімальних систем. З-поміж закордонних публікацій відзначимо праці [8-10], в яких на сучасному науково-технічному рівні викладено питання стану

систем дистанційного зондування, але не зазначено особливостей застосування даних дистанційного зондування для вирішення завдань моніторингу.

На жаль, питання моніторингу положення морської берегової лінії методом дистанційного зондування поки що залишається малодослідженим. Найкраще воно розкрито у праці [7], де вперше запропоновано моніторити зміни лінії берега методом космічного радіолокаційного знімання. Після цієї праці чогось суттєвого автори не виявили.

Очевидно, що вирішення завдання моніторингу будь-яких об'єктів на поверхні Землі можливе тільки за умови комплексного використання різних типів даних [5,6]. Саме так його було вирішено в праці [6], в якій різні типи даних (космічного знімання, аерофотознімання, геодезичних спостережень, геологічні дані) використано для визначення динаміки русел річок. Проблема моніторингу морської берегової лінії є глобальнішою і тому на перше місце тут виходять саме дані космічного знімання, серед яких особливо важливі відомості в різних спектральних діапазонах, та радіолокаційне знімання.

**Постановка завдання.** Мета дослідження: проаналізувати можливості сучасного космічного радіолокаційного знімання для вирішення завдань моніторингу положення морської берегової лінії.

**Основний зміст роботи.** Оцінивши матеріали й різні типи даних дистанційного зондування, можна стверджувати, що знімки в оптичному діапазоні мають кращу спектральну та просторову роздільну здатність у порівнянні з радарними зображеннями. І в цьому їх суттєва перевага. Однак, як відомо, такі знімки мають також істотні недоліки, пов'язані з впливом атмосфери, передусім хмарності. Таких недоліків не мають дані космічного радіолокаційного знімання, яке можна здійснювати за будь-яких погодних умов та в будь-який час доби.

У контексті поставленої нами мети промоніторити морську берегову лінію радарні знімки мають такі переваги:

- картографування берегової лінії без наземної прив'язки об'єктів;
- моніторинг об'єктів у прибережній зоні;
- незалежність результатів знімання від погодних умов;
- отримання фізичних характеристик об'єктів (особливостей берегової лінії, викликаних антропогенним та природним впливом) за їхніми відбивними властивостями.



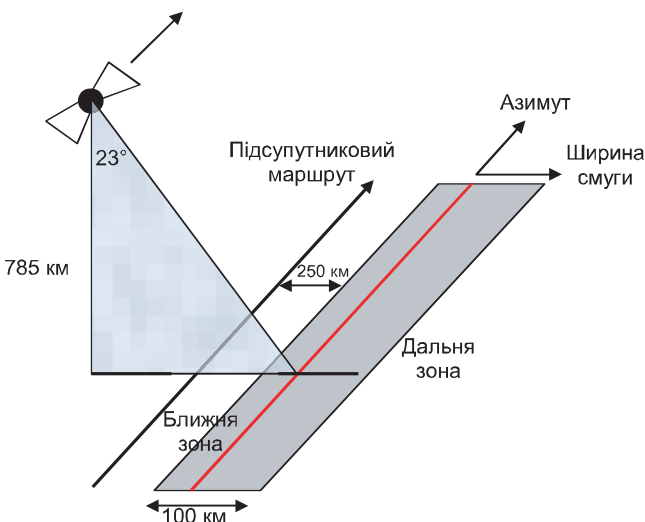
Переваги радарних знімків можуть бути використані в ході проектування та розроблення геоінформаційних систем для керування береговою інфраструктурою.

За даними, що регулярно публікуються в журналі "Геоматика" (Росія; www.geomatics.ru), наразі ринок радарних знімків багатий на типи даних, представлені в хронологічній послідовності в таблиці.

**Сучасний стан ринку радіолокаційних зображень**

Назва радіолокаційної системи	Розробник	Дата запуску, рік	Найвища роздільна здатність, м	Радіодіапазон
ERS-2	Європейське космічне агентство	1995	20,0	C
RADARSAT-1	Канада	1995	8,5	C
ENVISAT	Європейське космічне агентство	2002	20,0	C
YaoGan WeiXing 1 (JB-5)	Китай	2006	5,0	L
ALOS/PALSAR	Японія	2006	7,0	L
TerraSAR-X	Німеччина	2007	1,0	X
Cosmo-Skymed-1	Італія	2007	1,0	X
Cosmo-Skymed-2	Італія	2007	1,0	X
RADARSAT-2	Канада	2007	3,0	X
YaoGan WeiXing 1 (JB-5-02)	Китай	2007	5,0	L
Cosmo-Skymed-3	Італія	2008	1,0	X
RISAT-2	Індія	2009	3,0	C
TanDEM-X	Німеччина	2010	1,0	X

Щодо радіолокаційних зображень, то вони відрізняються від зображень систем, що працюють у видимому та ближньому інфрачервоному діапазоні спектра. Геометрична складова одержання радіолокаційних знімків у них подібна і може бути представлена, як приклад, моделлю отримання знімків системою Європейського космічного агентства – ЄКА (мал. 1) [11].



Мал. 1. Геометрія отримання радіолокаційного знімка

Як видно з цього малюнка, сигнали від радіолокатора відбиваються від поверхні під великим кутом, що дозволяє надійно дешифрувати на знімках межі "суходіл / вода", і це є однією з найбільших переваг радіолокаційного знімання.

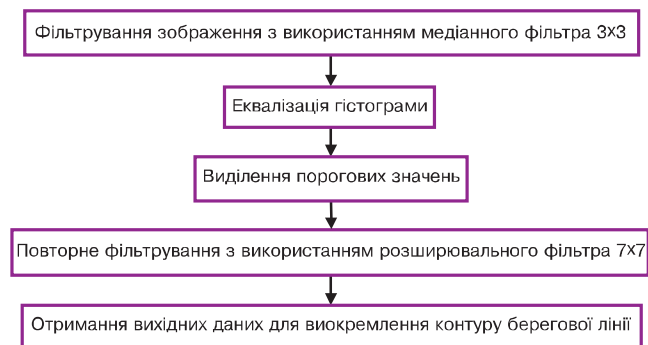
При використанні даного способу знімання пер-

шочерговою стає задача розроблення оптимальних технологічних схем оброблення результатів. При цьому особливе значення має вибір автоматизованих методів дешифрування об'єктів на знімках та виокремлення меж "суходіл / вода".

Традиційна технологічна схема оброблення радіолокаційних знімків передбачає два основних етапи. *Перший* – це покращення зображення для виокремлення лінії берега на знімку (мал. 2) [2]. При цьому приймають умову, що геометричну та інші види корекції вже виконано, тобто зображення готове для подальшого оброблення.

Після процедури покращення знімка переходять до *другого етапу* – виокремлення берегової лінії. Процес полягає у послідовному застосуванні різних типів фільтрів, що зрештою дає змогу отримати берегову лінію, яку оцифрують і її положення порівнюють з дійсною картиною.

Технологічну схему виокремлення берегової лінії на радіолокаційному знімку відображує мал. 3 [7].



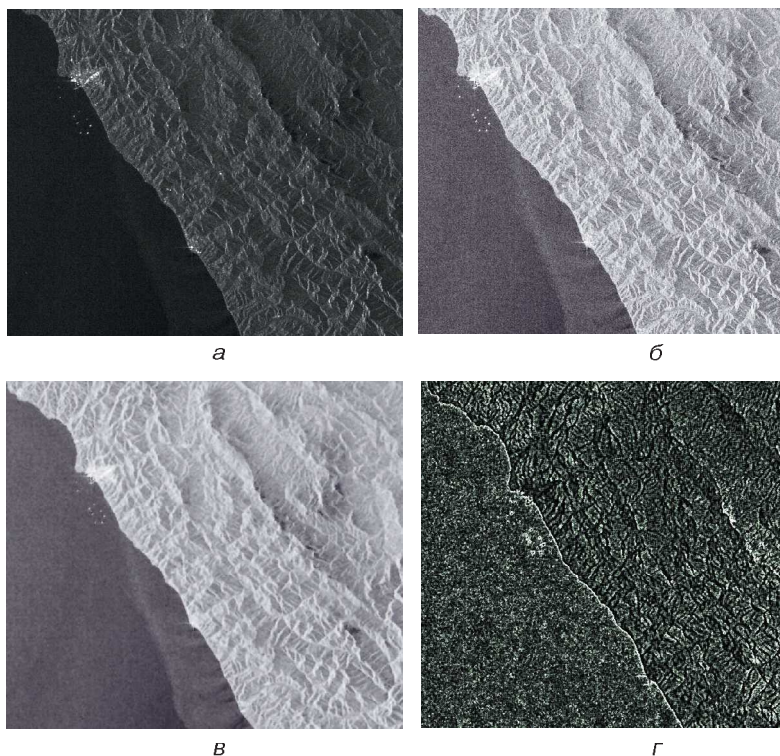
Мал. 2. Схема покращення радіолокаційного знімка для наступного дешифрування

У результаті виокремлення межі отримують зображення лінії берега, яке за допомогою сучасних програмних засобів може бути оцифроване в автоматичному режимі. Приклад виокремлення частини берегової лінії Чорного моря на радіолокаційному зображенні ENVISAT подано на мал. 4.

У наведеній технологічній схемі слабким місцем є вибір параметрів фільтра для початкової ітерації пошуку межі на знімку. Це значно знижує ефективність застосування автоматизованих методів пошуку. Крім того, невдале налаштування параметрів фільтра може призвести до появи зайвих контурів або до втрати наявних. Тому доцільно вести пошук межі не тільки за радіолокаційними знімками, а й контролювати цей процес за допомогою знімків у видимому діапазоні спектра.



Мал. 3. Технологічна схема виокремлення межі на радіолокаційному знімку



Мал. 4. Результати оброблення радіолокаційного знімка за технологічною схемою, зображеною на мал. 3:

а – вихідне зображення; б – це саме зображення після еквалізації його гістограми; в – знімок після усунення шумів; г – виокремлена берегова лінія

**Висновки і перспективи досліджень.** Розглянуто особливості й можливості радіолокаційного знімання і наведено технологічну схему визначення положення морської берегової лінії за допомогою даного виду знімання. Питання моніторингу положення берегової лінії цим методом непросте. Комплексне його вирішення можливе за умови розроблення оптимальних методик і технологічних схем визначення положення

лінії берега за різними типами даних дистанційного зондування Землі з використанням методів геоінформаційного аналізу. Розв'язанню цього завдання будуть присвячені подальші публікації авторів.

### Література

1. *Бакланов, А.И.* Системы наблюдения и мониторинга [Текст] / А.И. Бакланов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 234 с.
2. *Книжников, Ю.Ф.* Аэрокосмические методы географических исследований [Текст] / Ю.Ф. Книжников, В.И. Кравцова, В.И. Тутубалина. – М.: Изд. центр "Академия", 2011. – 416 с.
3. *Малинников, В.А.* Мониторинг природной среды аэрокосмическими средствами: учеб. пособие [Текст] / В.А. Малинников, А.Ф. Стеценко, А.Е. Алтынов, С.М. Попов. – М.: Изд-во МИИГАиК, 2009. – 140 с.
4. *Тюфлин, Ю.С.* Космическая фотограмметрия при изучении планет и спутников [Текст] / Ю.С. Тюфлин. – М.: Недра, 1986. – 247 с.
5. *Чандра, А.М.* Дистанционное зондирование и географические информационные системы [Текст] / А.М. Чандра, С.К. Гош. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.
6. *Шевчук, В.М.* Методика моніторингу руслових процесів за матеріалами аерокосмічного знімання: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.24.01 [Текст] / В.М. Шевчук. – Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Л., 2011. – 26 с.
7. *Fleming, J.N.* Design of a Semi-Automatic Algorithm for Shoreline Extraction using Synthetic Aperture Radar (SAR) Images [Text] / J.N. Fleming; M.Sc.E. thesis, Department of Geodesy and Geomatics Engineering Technical Report. – No. 231. – Fredericton, New Brunswick (Canada): University of New Brunswick, 2005. – 149 p.
8. *Gomasasca, A.M.* Basics of Geoinformatics [Text] / A.M. Gomasasca. – London: Springer, 2004. – 690 p.
9. *Hanssen, R.F.* Radar Interferometry. Data Interpretation and Error Analysis [Text] / R.F. Hanssen. – New York: Kluwer Academic Publisher, 2001. – 327 p.
10. *Konecny, G.* Geoinformation. Remote Sensing, Photogrammetry and Geographic Information System [Text] / G. Konecny. – New York and London, Taylor & Francis, 2003. – 266 p.

### Інтернет-джерела

11. *European Space Agency* (2004). Earth Observation. Radar Course. – [http://earth.esa.int/applications/data\\_util/SARDOCS.htm](http://earth.esa.int/applications/data_util/SARDOCS.htm)
12. *Erteza, I.* An Automatic Coastline Detector for Use with SAR Images. Signal Processing and Research Department. – Sandia National Laboratories, September 2003. – <http://www.osti.gov>

Надійшла 23.07.12