Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U100925

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 18-10-2023

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лисенко Артур Ростиславович
2. Artur R. Lysenko

Кваліфікація: пров.інж

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2923-8648

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 172

Назва наукової спеціальності: Електронні комунікації та радіотехніка

Галузь / галузі знань: електроніка та телекомунікації

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Дистанційні аерокосмічні дослідження

Дата захисту: 04-12-2023

Спеціальність за освітою: 8.04030201 Комп'ютерні науки та інформаційні технології

Місце роботи здобувача: Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України"

Код за ЄДРПОУ: 04778363

Місцезнаходження: вулиця Олеся Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 003

Повне найменування юридичної особи: Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України"

Код за ЄДРПОУ: 04778363

Місцезнаходження: вулиця Олеся Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України"

Код за ЄДРПОУ: 04778363

Місцезнаходження: вулиця Олеся Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 47.49.27, 47.49.29, 89.57.35

Тема дисертації:

1. Методика підвищення інформативності космічних знімків, отриманих за допомогою багатополяризаційного радару з синтезованою апертурою

2. Synthetic-aperture multi-polarization radar data informativity enhancement technique

Реферат:

1. У сучасному світі мікро-, макроекономіки постає необхідність контролю, оцінки, прогнозування ризиків, стану, результатів тощо. Для забезпечення таких потреб вкрай необхідним є залучення великих обсягів відповідних даних. Завдяки сьогоденному супутниковому покриттю та методам дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) стає можливим отримання даних про земні об’єкти, практично, з будь-якої ділянки земної поверхні як у великих масштабах, так і в короткі терміни. Важливою якісною характеристикою даних дистанційного зондування Землі є їх інформативність, яка відповідає за кількість корисної інформації для вирішення конкретної тематичної задачі. А тому, для різних задач цей параметр є різним. Враховуючи лише зростаючі потреби у більш якісних даних для отримання більш точних результатів, підвищення інформативності супутникових зображень є актуальною задачею нинішнього часу. Отже, метою цієї роботи є

підвищення інформативності космічних знімків, отриманих за допомогою багатополяризаційного радару з синтезованою апертурою (РСА), шляхом використання сучасних наукових напрацювань для розробки відповідної методики. Для досягнення заданої мети передбачено виконання кількох наукових завдань, першим з яких постав аналіз існуючих методів підвищення інформативності супутникових зображень, та встановлення взаємозв'язку інформативності з просторовою розрізненністю. В якості радіолокаційних даних з синтезованою апертурою було обрано знімки отримані з сузір'я супутників радіолокаційної системи Sentinel-1. Так як даний супутник надає дані в одразу двох поляризаціях, одна з яких збігається у випромінюваному та приймальному режимах поляризацій електромагнітного імпульсу, а інша містить міжполяризаційну складову, то для подолання проблем неузгодженості та різнорідності даних було розроблено моделі супутникового зворотного розсіювання радарного сигналу з подальшим їх використанням в алгоритмі зведення різнополяризаційних даних в спільну фізичну величину – діелектричну проникність земної поверхні. З метою підвищення просторової розрізненності було розроблено математичну модель синтезу супутникових зображень з низькою просторовою розрізненністю у єдине двократно збільшене зображення підвищеної просторової розрізненності та відповідний алгоритм, що її реалізує. Оцінка досягнутого результату – підвищення інформативності радарних даних – була проведена кількісно порівнянням фактичних просторових розрізненностей вхідних та вихідного зображень. В свою чергу фактичні просторові розрізненності оцінювалися методами просторово-частотного аналізу через апроксимовані функції передачі модуляції (ФПМ) цифрових зображень. Наукова новизна Вперше розроблено методику підвищення інформативності космічних знімків, отриманих за допомогою багатополяризаційного радару з синтезованою апертурою. Методика забезпечує підвищення просторової розрізненності вихідного радіолокаційного зображення за рахунок спільної субпіксельної обробки кількох вхідних зображень, отриманих в кожній поляризації окремо та переведених до єдиної фізичної величини, притаманної земної поверхні – діелектричної проникності, шорсткості, вологовмісту та таке інше. В результаті такого перетворення стає можливим коректно застосувати алгоритм надрозрізненності до сукупності різнополяризаційних радіолокаційних зображень. Удосконалено модель перетворення різнополяризаційних радарних даних в діелектричну проникність земної поверхні шляхом накладання фізично обумовлених обмежень цільової величини та застосування ітераційного прямого-оберненого моделювання відбитого радіолокаційного сигналу. Удосконалено алгоритм відновлення спільного зображення субпіксельної розрізненності із набору супутникових знімків за рахунок його адаптації до радіолокаційних даних, яка полягає в застосуванні додаткової спекл-фільтрації безпосередньо в частотній області, де виконується і вся інша обробка. Практична значимість За результатами експериментального тестування на багатьох реальних двополяризаційних радарних зображеннях розроблена методика забезпечила, в середньому, підвищення інформативності на 85.4 %. Окрім власне підвищення інформативності матеріалів багатополяризаційного радарного знімання запропонована методика забезпечує відтворення просторового розподілу цільової фізичної характеристики земної поверхні підвищеної розрізненності, що відповідає сучасній концепції ARD (analysis-ready data), яка передбачає отримання з сирих супутникових даних карт фізичних/біофізичних параметрів земної поверхні, зрозумілих фахівцям з тематичних наземних досліджень. Розроблену методику можна застосовувати для таких тематичних задач спостереження Землі як екологічний моніторинг, геофізичне картування, пошук корисних копалин, прогнозування деградації земель, дослідження кліматичних змін тощо. Ключові слова: дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), супутникові дані, радар із синтезованою апертурою (РСА), коефіцієнт зворотного розсіювання, діелектрична проникність, надрозрізненність (superresolution), субпіксельна обробка

2. In modern world of micro-, macroeconomy the ability for risks, status, results control, assessment or forecast is necessary. To supply growing demands big amounts of relevant data must be provided. Owing to recent satellite coverage and remote sensing methods, it is possible to retrieve huge extent of land objects data, practically, from any point of the land surface in a remarkably short time. An important qualitative characteristic of Earth remote sensing data is their informativeness, which is responsible for the amount of useful information for solving a specific thematic problem. Therefore, this parameter is different for different tasks. Taking into account growing

needs for high quality data in order to obtain more accurate results, satellite imagery informativity enhancement is a relevant task of nowadays. Thus, the aim of this work is to increase the informativity of space images obtained with a multi-polarization synthetic-aperture radar (SAR), by using modern exploratory works to develop the appropriate technique. To achieve the given goal, it is envisaged to perform several scientific tasks, the first of which was the analysis of existing methods for satellite imagery informativity enhancement, and the relationship between informativity and spatial resolution establishment. The satellite images obtained from the constellation of satellites of the Sentinel-1 radar system were chosen as the source SAR data. Since this satellite provides data in two polarizations at once, one of which coincides in the emitted and received polarization modes of the electromagnetic pulse, and the other contains an interpolarization component, the models of satellite radar backscattering signal were developed to transform different polarization data into a common physical quantity – dielectric permittivity of the land surface. In order to enhance the spatial resolution, a corresponding mathematical model and algorithm for the low spatial resolution satellite images fusion into a single two-fold enlarged image of enhanced spatial resolution, were developed. The assessment of the achieved result – radar data informativity enhancement – was carried out quantitatively by comparing the actual spatial resolution of the input and output images. In turn, the actual spatial resolutions were estimated by the methods of spatial-frequency analysis through the approximate modulation transfer functions (MTF) of digital images. Scientific novelty For the first time a technique for multi-polarization synthetic-aperture radar data informativity enhancement technique was developed. The technique provides an enhancement in the spatial resolution of the output radar image due to the joint subpixel processing of several input images obtained in each polarization separately and converted into a single physical value inherent in the land surface – dielectric permittivity, roughness, moisture content, and so on. As a result of such transformation, it becomes possible to correctly apply the superresolution algorithm to a set of different polarization radar images. The model for converting multi-polarization radar data into dielectric permittivity of the land surface has been improved by imposing physically determined limitations of the target value and applying iterative forward-inverse modeling of the reflected radar signal. The algorithm for restoring a joint image of subpixel resolution from a set of satellite images has been improved by its adaptation to the radar data, which consists in applying additional speckle filtering directly in the frequency domain, where all other processing is performed. Practical implications According to the results of experimental testing on many actual dual-polarization radar images, the developed technique provided, on average, an enhancement in spatial resolution by 85.4 %. In addition to actually enhance the informativity of multi-polarization radar imaging materials, the proposed technique provides restoration of the spatial distribution of the target physical characteristics of the land surface with enhanced resolution, which corresponds to the modern concept of ARD (analysis-ready data), which means obtaining from raw satellite data maps of physical/biophysical parameters of the land surface that are understandable to experts in applied ground-based studies. The developed technique can be used for such Earth observation applications as: environmental monitoring, geophysical mapping, mineral exploration, land degradation forecasting, climate change research, etc. Keywords: Earth remote sensing, satellite data, synthetic-aperture radar (SAR), radar backscattering coefficient, dielectric permittivity, superresolution, subpixel processing

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. Stankevich, S., Piestova I., Lubskyi, M., Shklyar, S., Lysenko, A., Maslenko O., & Rabcan, J. (2021). Knowledge-Based Multispectral Remote Sensing Imagery Superresolution. Studies in Computational Intelligence,

219–236. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74556-1_13
- 2. Stankevich, S., Piestova, I., Shklyar, S., & Lysenko, A. (2019). Satellite Dual-Polarization Radar Imagery Superresolution Under Physical Constraints. In: Shakhovska N., Medykovskyy M.O. (eds) Advances in Intelligent Systems and Computing IV. CSIT 2019, Springer, Cham, 1080. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_30
- 3. Popov, M., Stankevich, S., Kozlova, A., Piestova, I., Lubskiy, O., Titarenko, O., Svideniuk, M., Andreiev, A., Lysenko, A., & Singh, S.K. (2021). Long-Term Satellite Data Time Series Analysis for Land Degradation Mapping to Support Sustainable Land Management in Ukraine. Advances in Geographical and Environmental Sciences, 165–189. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4768-0_11
- 4. Stankevich, S. A., Svideniuk, M. O., & Lysenko, A. R. (2021). Land Surface Roughness Parameter Retrieval by Inverse Simulation of Dual-Polarization Radar Backscattering. Applied Questions of Mathematical Modeling, 4(2.1). https://doi.org/10.32782/kntu2618-0340/2021.4.2.1.22
- 5. Stankevich, S. A., Popov, M., Shklyar, S., Sukhanov K., Andreiev A., Lysenko, A., Xing, K., Cao, S., Shh, Y., & Sun, B. (2020). Estimation of mutual subpixel shift between satellite images: software implementation. Ukrainian Journal of Remote Sensing, 24, 9–14. https://doi.org/10.36023/ujrs.2020.24.165
- 6. Станкевич, С.А., Шкляр, С.В. & Лисенко, А.Р. (2018). Програмний модуль оцінки субпіксельного зміщення знімків, отримуваних з квадрокоптеру. Український журнал дистанційного зондування Землі, 17, 10-13. https://doi.org/10.36023/ujrs.2018.17.128
- 7. Станкевич, С.А., Лубський, М.С., & Лисенко, А.Р. (2017). Підвищення просторової розрізненності аерознімання з квадрокоптеру на основі субпіксельної обробки зображень. Український журнал дистанційного зондування Землі, 15, 40-42. https://doi.org/10.36023/ujrs.2017.15.113
- 8. Лисенко, А.Р. (2023). Методика підвищення інформативності космічних знімків, отриманих за допомогою багатополяризаційного радара із синтезованою апертурою. Український журнал дистанційного зондування Землі, 10(3), 10–15. https://doi.org/10.36023/ujrs.2023.10.3.243
- 9. Stankevich, S. A., Piestova, I. O., & Lysenko, A. R. (2020). Radar Data Product Superresolution under Parameter Variation. Central European Researchers Journal, 6(2), 8–13.
- 10. Stankevich, S., Popov, M., Shklyar, S., Sukhanov, K., Andreiev, A., Lysenko, A., Kun, X., Shixiang, C., Yupan, S., Xing, Z., & Boya, S. (2020). Subpixel-shifted Satellite Images Superresolution: Software Implementation. WSEAS Transactions on Computers, 19, 31–37. https://doi.org/10.37394/23205.2020.19.5
- 11. Stankevich, S. A., Lubskyi, M. S., & Lysenko, A. R. (2021). Long-wave infrared remote sensing data spatial resolution enhancement using modulation transfer function fusion approach. 2021 International Conference on Information and Digital Technologies (IDT 2021), 89–94. https://doi.org/10.1109/IDT52577.2021.9497630
- 12. Stankevich, S., Piestova, I., Shklyar, S., & Lysenko, A. (2019). Physically Constrained SAR Data Superresolution. 2019 IEEE 14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT 2019), 228–231. https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2019.8929833
- 13. Stankevich S.A., Andreiev A.A., & Lysenko A.R. (2020). Multiframe remote sensed imagery superresolution. Proceedings of the 15th International Scientific-Practical Conference on Mathematical Modeling and Simulation Systems (MODS 2020), 128–131.

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: підвищення якості інформації

Охоронні документи на ОПІВ:

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

1. Спосіб підвищення просторової розрізненності розподілу температури земної поверхні, одержаного дистанційно. Станкевич С. А., Пєстова І. О., Лубський М. С., Лисенко А. Р.: пат. 126778 Україна: МПК G06T5/50, G06T7/32, G06V10/20, G06V10/36. № a 2021 01200; заявл. 10.03.2021; опубл. 01.02.2023, Бюл. №5

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0116U000144, 0121U100673, 0121U111862, 0122U201983, 0122U002443

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Станкевич Сергій Арсенійович
2. Serhii A. Stankevych

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.07.12

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0889-5764

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України"

Код за ЄДРПОУ: 04778363

Місцезнаходження: вулиця Олеся Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Куссуль Наталія Миколаївна
2. Nataliia M. Kussul

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9704-9702

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Рубель Олексій Сергійович

2. Oleksii S. Rubel

Кваліфікація: к.т.н., доцент, 05.07.12

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6206-3988

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02066769

Місцезнаходження: вул. Чкалова, буд. 17, Харків, Харківський р-н., 61070, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кохан Світлана Станіславівна

2. Svitlana S. Kokhan

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.07.12

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6009-7591

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України"

Код за ЄДРПОУ: 04778363

Місцезнаходження: вулиця Олеся Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Хижняк Анна Василівна

2. Anna V. Khyzhniak

Кваліфікація: к.т.н., с.д., 05.07.12

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8637-3822

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України"

Код за ЄДРПОУ: 04778363

Місцезнаходження: вулиця Олеся Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Артюшенко Михайло Віталійович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Артюшенко Михайло Віталійович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Голубов Станіслав Іванович
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна