



DOI: 10.36023/ujrs.2019.23.159

УДК 502:65; 502:56/.568

Визначення тенденцій розвитку рослинного покриву на підставі розрахунку нормалізованого вегетаційного індексу на прикладі Петриківського району Дніпропетровської області

І. Ю. Омелич^{*1}, А. А. Яременко¹, Н. О. Непошивайленко¹, І. В. Горай²¹ Дніпровський державний технічний університет, вул. Дніпробудівська 2, Кам'янське, Дніпропетровська обл., 51900, Україна² HarvEast Холдинг, вул. Іллінська 8, Київ, 04070, Україна

Опрацьовано методику аналізу багатоспектральних космоснімків за допомогою інструментів Spatial Analyst ArcGIS Desktop для визначення характеру змін рослинного покриву, спираючись на нормалізований вегетаційний індекс. Геоінформаційний аналіз виконувався на прикладі Петриківського району Дніпропетровської області за період 2016–2018 рр. Застосована методика дозволила коректно інтерпретувати водну поверхню, штучні матеріали, а також землі з рослинним покривом та без нього. Ранжування за такими категоріями надало можливість визначити землі з розрідженою рослинністю (сільськогосподарські угіддя, пасовища) та щільним рослинним покривом (деревні насадження, лісові масиви), а також оцінити їх площі. За допомогою інструментів Spatial Analyst побудовано карти рослинного покриву за показниками нормалізованого вегетаційного індексу та розраховано зміни щільності рослинного покриву протягом 2016–2018 рр.

Ключові слова: нормалізований вегетаційний індекс, рослинний покрив, багатоспектральні космоснімки, геоінформаційний аналіз

© І. Ю. Омелич, А. А. Яременко, Н. О. Непошивайленко, І. В. Горай. 2019.

Вступ

Для встановлення функціональних зв'язків між вегетаційними характеристиками рослин, що перебувають у стресових умовах, і спектральними параметрами цих рослин доцільно вживати так звані спектральні вегетаційні індекси як суму, різницю або відношення спектральних параметрів, визначених на певних аналітичних довжинах хвиль. Нормалізований диференційний вегетаційний індекс визначається як:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED).$$

Тут NIR відповідає ближній інфрачервоній області спектра (750–1359 нм), в якій мезофільні структури рослини відповідають за відбивання випромінювання, а RED — червоній області видимого спектра (600–700 нм), з якою пов'язане поглинання оптичного випромінювання хлорофілом. Перевагою цього індексу є близька до лінійної залежність його величини від кількості рослинної продукції, що залежить від температури (Посудін, 2003).

Спектральні індекси NDVI використовують, найчастіше, для вивчення і оцінювання стану рослинності. Їх застосовують для вибору ROI (області інтересів) і класифікації, оскільки одна із ознак стану рослинності — її спектральна відбивна здатність, використовують для картографування та ідентифікації типів рослинності та її стресового стану. На основі комбінації значень яскравості у певних інформативних каналах і розрахунку на їх основі NDVI об'єкта будують зображення, що відповідає його значенню у кожному пікселі.

Це дозволяє виділити досліджуваний об'єкт або оцінити його стан.

Розраховано понад 150 варіантів вегетаційних індексів (Trysnyuk, 2018). Їх підбирають на основі відомих особливостей експериментальних кривих спектральної відбивної здатності рослинності і ґрунтів. На червону зону спектру (0.62–0.75 мкм) припадає максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом, а на ближню інфрачервону зону (0.75–1.30 мкм) максимальне відбивання енергії клітинною структурою листка рослини. Висока фотосинтетична активність (залежить від фітомаси рослин) обумовлює нижчі значення коефіцієнтів відбиття у червоній зоні спектра і вищі у ближній інфрачервоній.

Об'єкти неживої природи мають фіксовані значення NDVI: від 1 до 0, а живої — позитивні значення. Чим більше зеленої фітомаси, — тим значення NDVI вищі (для зеленої рослинності 0.2–0.8), при максимальному діапазоні зміни від 0 до 1). Величина NDVI залежить також від видового різноманіття рослинності, її щільності, стану, експозиції (кута нахилу до поверхні) (Topp et al., 1980).

Матеріали і методи досліджень

Для завантаження багатоспектрального супутникового знімку Sentinel-2 обрано електронний ресурс USGS (Science for a changing world), оскільки на ньому містяться космоснімки розрізняювальної здатності 10 метрів/піксел. Ресурс супутнику Sentinel-2 містить достатньо велику кількість космоснімків для обраної місцевості, але не всі вони відповідають вимогам подальшого геоінформаційного аналізу. Основною вимогою для вибору космоснімків є відсутність на ньому хмарності.

* E-mail: nna2013@ukr.net. ORCID:0000-0003-0759-2451

Обробка завантажених космоснімків та їх наступний геоінформаційний аналіз виконується в програмному забезпеченні *ArcGIS Desktop*.

Після підготовки робочого вікна *ArcMap* та розпакувавши архів даних, в яких зберігаються завантажені космоснімки, завантажено їх у робочий простір *ArcMap*. Для відображення обрано по два канали кожного знімку червоний (B4) та інфрачервоний (B8).

За допомогою інструментів *Spatial Analyst* — “Алгебра карт” — “Калькулятор растр” створюється растрова поверхня NDVI. Для розрахунків обрано канали B4 та B8 із зазначенням типу даних Float (дробові числа). В полі виразу прописується формула для розрахунку NDVI. В середовищі *ArcGIS* формула для розрахунку NDVI має вигляд:

$$NDVI = \frac{\text{Float}(B8) - \text{Float}(B4)}{\text{Float}(B8) + \text{Float}(B4)},$$

де Float (B8) — значення пікселів з ближнього інфрачервоного діапазону; Float (B4) — значення пікселів з червоного каналу.

В результаті виконання зазначених етапів роботи отримана поверхня NDVI, яка дозволяє візуально оцінити щільність рослинного покриву, зокрема деревних культур в межах дослідженої території.

Для того, щоб проаналізувати зміни щільності рослинного покриву у часі, потрібно завантажити додаткові космоснімки за попередні роки та повторити всі вищеперераховані дії, тобто розрахувати для кожного аналізованого періоду окремо вегетаційний індекс та створити растрову поверхню NDVI.

Для визначення змін у щільності рослинного покриву за певний період часу необхідно значення індексів NDVI попереднього року відняти від наступного. Цю математичну операцію виконано за допомогою набору інструментів *Spatial Analyst* — “Алгебра карт” — “Калькулятор растра”.

Далі, відповідно до отриманих результатів, проведено класифікацію поверхні за 3 класами, які відображають збільшення, зменшення або відсутність змін щодо щільності рослинного покриву на певній території за індексом NDVI.

Для розрахунку площі території з рослинним покривом

відповідної щільності растрову поверхню NDVI конвертують у векторний шар. Для конвертації растрового зображення у векторне потрібно класифікувати зображення відповідно до шкали NDVI. На основі розрахованого індексу NDVI обираються еталонні полігони для класифікації. В результаті отримано класифікований знімок растрової поверхні, який відображає раніше створені класифікаційні полігони. Отриманий класифікований растр необхідно трансформувати в полігональний шейп-файл, для цього використовується інструмент “Растр в полігон”. В результаті отримано векторний шар NDVI, що дозволяє розрахувати площі земель, які відповідають кожному з індексів NDVI. Після чого отримано таблицю, яка надає результати розрахунку площ полігонів, що належать до кожної групи індексу NDVI, за якою можна оцінити обсяги щільності зростання рослинного покриву на дослідженій території та розрахувати відсоток площ кожної категорії.

Результати досліджень та аналіз

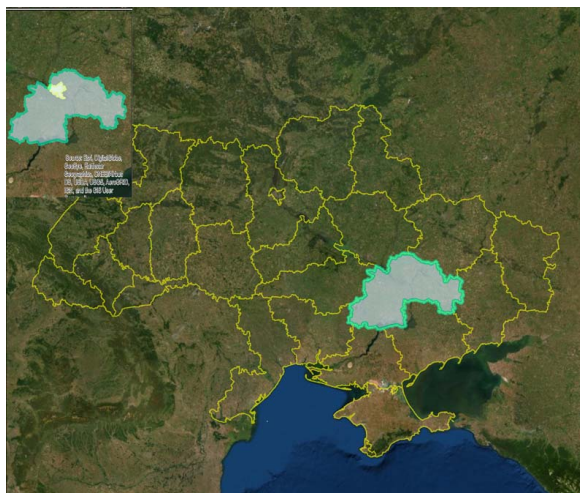
Для аналізу оцінки щільності рослинного покриву обрано територію Петриківського району Дніпропетровської області (Рис. 1).

З електронного ресурсу USGS завантажено космоснімки Петриківського району за період 2016–2018 рр. Для роботи використано знімки двох каналів в червоному діапазоні спектру (B4) та у ближньому інфрачервоному (B8) які було завантажено у робочий простір *ArcMap* для подальшої роботи. Космоснімки були обрізані по кордону досліджуваної території.

За допомогою інструментів *Spatial Analyst*, було створено растрову поверхню NDVI за кожен аналізований рік, як показано на Рис. 2.

За результатами проведеного моделювання, приведеного на Рис. 2, запропоновано значення NDVI ідентифікувати наступним чином (Шевела, 2010):

- від 0.2 до 0.0 — вода, штучні матеріали;
- від 0.0 до 0.2 — відкритий ґрунт;
- від 0.21 до 0.40 — трав’яна рослинність;
- від 0.41 до 0.60 — розріджена рослинність;
- від 0.61 до 0.70 — густа рослинність;
- від 0.71 до 0.80 — дуже густа рослинність.



а



б

Рис. 1. Петриківський район Дніпропетровської області: а — розташування району на тлі Дніпропетровської області (див. верхній лівий кут); б — космічний знімок району

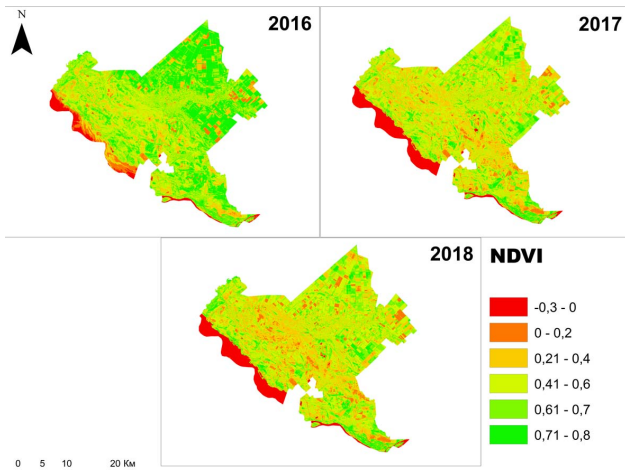


Рис. 2. Обчислена растрова поверхня NDVI Петриківського району за роками

Поверхня розподілу вегетаційного індексу, зображена на Рис. 2, свідчить, що найменший коефіцієнт фіксується в межах р. Дніпра та забудованої території, найбільший — в прибережній зоні Дніпра та лісових масивах у східній частині району.

Оцінюючи поверхню NDVI за 2016 рік, встановлено, що частка дуже густої рослинності набагато більша ніж за наступні роки (на рисунку показник 0.71–0.80). Так, найбільші показники NDVI спостерігаються у північно-східній частині району. В межах Дніпра в 2016 році вегетаційний коефіцієнт має більші значення, ніж у наступні роки, що може бути пов'язано з евтрофікацією водойми у цей період і, як наслідок, збільшення концентрації синьо-зелених водоростей через які і збільшується значення показника від 0 до 0.21–0.40.

У 2017 році спостерігалася протилежна картина. Розподіл щільної та розрідженої рослинності візуально відносно рівномірний на всій території району. Лише у прибережній зоні Дніпра, в південній частині досліджуваного району, збереглися високі значення показника (0.71–0.80), що обумовлено Дніпровсько-Орільським природним заповідником зі щільним рослинним покривом мало порушених природних ландшафтів.

В центральній частині району, особливо для 2017–2018 років, як видно з Рис. 2, спостерігається зосередження ділянок з низькими значеннями показників рослинного покриву, що пов'язано з розташуванням в цих місцях населених пунктів (штучні будівельні матеріали) та з сільськогосподарських угідь (відкритий ґрунт / трав'яна рослинність). Таким чином, на розроблених растрових поверхнях чітко вирізняються ділянки сільськогосподарських угідь та відкритого ґрунту, а оскільки космоснімки взято за літній період, можна зробити припущення, що це пов'язано з сівозмінною.

Розподіл показника NDVI для 2018 року повторює розподіл за 2017 рік. Лише в центральній частині спостерігається збільшення значення вегетаційного показника, що обумовлюється збільшенням площ розораних і засіяних сільськогосподарськими культурами земель. Подібні зміни щільності рослинного покриву пояснюються сільськогосподарською діяльністю, масовою вирубною лісових насаджень або хворобами рослин.

На основі аналізу даних нормалізованого вегетаційного індексу за досліджений період побудовано карти змін щільності рослинного покриву за 2016–2017, 2017–2018 та 2016–2018 рр. Результати моделювання приведені на Рис. 3 наочно вказують на зміни, які відбулися на відповідних ділянках.

На Рис. 3 синім кольором позначено збільшення щільності

рослинного покриву, зеленим — території, що залишилися незмінними, червоним — де щільність рослинного покриву зменшилась.

Якісно оцінюючи отримані результати представлені на Рис. 3, можна зробити висновки, про те, що в цілому, з роками, щільність рослинного покриву не зазнала серйозних змін — зони, на яких щільність рослинного покриву залишилась без змін переважають на всій досліджуваній території. Основні зміни спостерігаються в тих частинах Петриківського району, де землі активно використовують в сільськогосподарських цілях. На тих ділянках де вегетаційний показник зменшився, ймовірно вирощуються такі культури, які на момент дослідження (липень) перебувають на стадії припинення росту і тому мають низьку здатність до відбивання інфрачервоного випромінювання.

Якісний аналіз переважної сталості з тенденцією до зменшення значень вегетаційного індексу для Петриківського району підтверджується нормальним розподілом різниці за роками значень цього показника та скупченням різниці значень в межах нульової відмітки, як видно з наведеного на Рис. 4 вікна інструменту “Класифікація” *Spatial Analyst*.

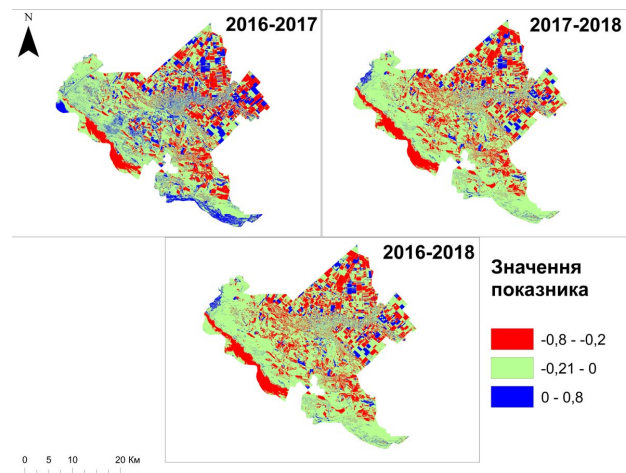


Рис. 3. Поверхні NDVI Петриківського району, що відображають зміни щільності рослинного покриву за роками

Для визначення кількісних коливань у часі територій, на яких змінюється щільність рослинного покриву, визначено площі ділянок для кожного з розрахованих значень показника NDVI. Для цього, згідно наведеної вище методики, растрову поверхню NDVI трансформовано у векторне зображення, що дозволило отримати базу даних з результатами площ полігонів, що належать до кожної групи індексу NDVI. Отримані та в подальшому класифіковані значення показника NDVI за наведеною шкалою було покладено в основу розрахунку частки земель від загальної площі Петриківського району відповідної щільності рослинного покриву. Результати проведеного розрахунку наведено на Рис. 5.

Згідно результатів, наведених на Рис. 5, найбільшу частину (до 7%) у Петриківському районі складають землі з розрідженою та трав'яною рослинністю. Ця тенденція спостерігається протягом 2017–2018 років. На відміну від 2016 року, коли під значним рослинним покривом знаходилось майже 50% земель району. Отже, встановлено, що відсоток земель з достатньою щільною рослинністю зменшується з кожним роком порівняно з 2016 роком. Це пов'язано в першу чергу з вирубною деревних насаджень. Також з часом збільшилась і

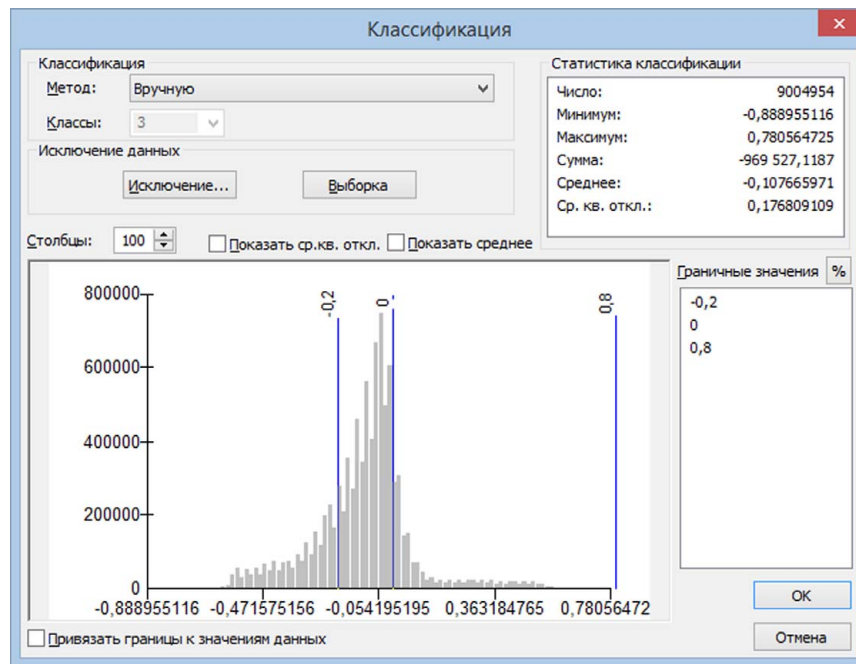


Рис. 4. Вікно інструменту “Классификация” *Spatial Analyst*, що відображає розподіл різниці за роками значень показника NDVI

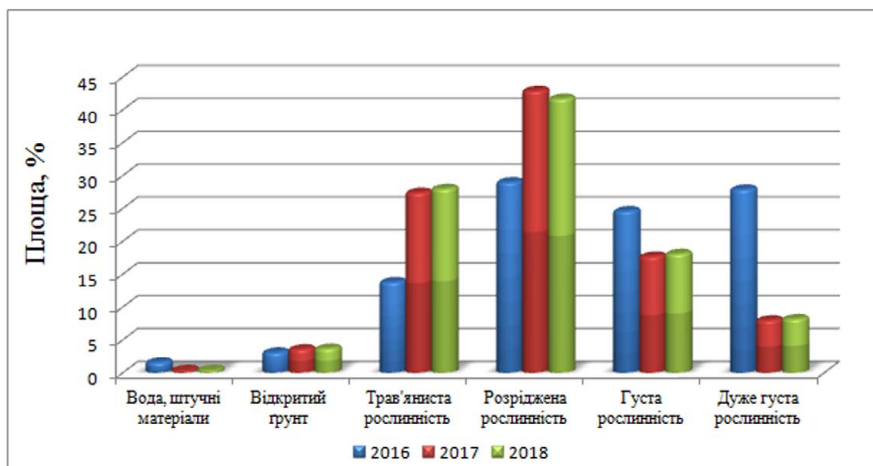


Рис. 5. Відсоток площ Петриківського району з відповідною щільністю рослинного покриву у період 2016–2018 років

площа відкритого ґрунту, що пояснюється сізовміною в сільськогосподарській діяльності.

У 2016 році спостерігався більший в порівнянні з наступними роками відсоток площ, зайнятих водною поверхнею, що можна пов'язати з погодними умовами, а в 2018 пануюча посуха призвела до зменшення площі водної поверхні. Також видно, що з 2017 року площа трав'яної поверхні збільшилась, ймовірно через активізацію сільськогосподарської діяльності.

Висновки

Опрацьовано методику визначення характеру змін рослинного покриву, спираючись на нормалізований вегетаційний індекс та аналіз мультиспектральних космоснімків на прикладі Петриківського району Дніпропетровської області за період 2016–2018 рр. Доведено, що згідно запропонованої методики, коректно інтерпретовано водну поверхню, штучні матеріали, землі з рослинним покривом й

без нього, завдяки чому визначено землі з розрідженою рослинністю (сільськогосподарські угіддя, пасовища) та щільним рослинним покривом (деревні насадження, лісові масиви), а також оцінено їх площі. Згідно проведених розрахунків визначено, що до 70% земель Петриківського району протягом 2017–2018 років склали землі з розрідженою та трав'яною рослинністю, на відміну від 2016 року, коли під значним рослинним покривом знаходилося майже 50% земель району. Таким чином встановлено, що відсоток земель з достатньою щільною рослинністю зменшується з кожним роком, що пов'язано з вирубкою деревних насаджень та інтенсивним веденням сільськогосподарської діяльності в Петриківському районі. Побудовано карти рослинного покриву за показниками нормалізованого вегетаційного індексу для Петриківського району за допомогою інструментів *Spatial Analyst ArcGIS Desktop* та територіально оцінено зміни щільності рослинного покриву за період 2016–2018 рр.

Література

- Посудін Ю. І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: підручник. Київ: Світ, 2003. 288 с.
- Шевела С. Ю., Погорелов А. В. Вегетационный индекс NDVI как индикатор ландшафтов Краснодарского края. *Географические исследования Краснодарского края*. 2010. № 5. С. 262–268.
- Topp G. C., Davis J. L., Annan A. P. Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. *Water Resour. Res.* 1980. № 16. P. 574–582.
- Trysnyuk V. M. Ecological safety of territories at introduction of modern technologies of processing of vegetable waste. *Екологічна безпека та природокористування*. 2018. №2 (26). С. 49–53
- Science for a changing world. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov>.

References

- Posudin, Y. I. (2003). *Methods of measuring environmental parameters: Textbook*. Kyiv: Svit. (in Ukrainian).
- Science for a changing world. Retrieved from <https://earthexplorer.usgs.gov>.
- Shevela, S. Y., Pogorelov, A. V. (2010). Vegetation index NDVI as an indicator of landscapes of the Krasnodar Territory. *Geograficheskiye issledovaniya Krasnodarskogo kraja*, 5, 262–268. (in Russian).
- Topp, G. C., Davis, J. L., Annan, A. P. (1980). Electromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. *Water Resour. Res.*, 16, 574–582.
- Trysnyuk, V. M. (2018). Ecological safety of territories at introduction of modern technologies of processing of vegetable waste. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannya*, 2, 49–53.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ОСНОВАНИИ РАСЧЕТА НОРМАЛИЗОВАННОГО ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА НА ПРИМЕРЕ ПЕТРИКОВСКОГО РАЙОНА ДНЕПРОПЕТРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

І. Ю. Омелич, А. А. Яременко, Н. А. Неповшвайленко, І. В. Горай

Днепропетровский государственный технический университет, ул. Днепропетровская 2, г. Каменское, Днепропетровская обл., 51900, Украина. E-mail: omelych11@hotmail.com. HarvEast Холдинг, вул. Іллінська 8, Київ, 04070, Україна

Обработано методику анализа мультиспектральных космоснимков с помощью инструментов Spatial Analyst ArcGIS Desktop для определения характера изменений растительного покрова, опираясь на нормализованный вегетационный индекс. Геоинформационный анализ выполнялся на примере Петриковского района Днепропетровской области за период 2016–2018 гг. Примененная методика позволила корректно интерпретировать водную поверхность, искусственные материалы, а также земли с растительным покровом и без него. Ранжирование по следующим категориям позволило определить земли с разреженной растительностью (сельскохозяйственные угодья, пастбища) и плотным растительным покровом (древесные насаждения, лесные массивы), а также оценить их площади. С помощью инструментов Spatial Analyst построены карты растительного покрова по показателям нормализованного вегетационного индекса и рассчитаны изменения плотности растительного покрова в течение 2016–2018 гг.

Ключевые слова: нормализованный вегетационный индекс, растительный покров, мультиспектральные космоснимки, геоинформационные технологии

DETERMINATION OF VEGETATION COVER TRENDS BASED ON THE CALCULATION OF THE NORMALIZED VEGETATION INDEX ON THE EXAMPLE OF PETRYKIVSKYI DISTRICT OF DNIPROPETROVSK REGION

I. Omelych, A. Jaremenko, N. Neposhyvailenko, I. Ghoraj

Dniprovsk State Technical University, Dniprobudivska st. 2, Kam'jansjke, Dnipropetrovsk region, 51900, Ukraine. E-mail: yanastasiya29@gmail.com. HarvEast Holding, Illinska st. 8, Kyiv, 04070, Ukraine

The technique of analyzing using Spatial Analyst ArcGIS Desktop tools was developed to determine the nature of vegetation changes based on a normalized vegetation index. Geoinformation analysis was carried out on the example of Petrykivskiyi district of Dnipropetrovsk region for the period 2016–2018. The applied technique allowed to correctly interpret the water surface, artificial materials, as well as land with and without vegetation. Ranking by such categories made it possible to identify areas with sparse vegetation (farmland, pastures) and dense vegetation (tree plantations, forest areas), and to estimate their area. Spatial Analyst tools constructed vegetation maps according to the normalized vegetation index and calculated changes in vegetation density during 2016–2018.

Keywords: normalized vegetation index, vegetation, multispectral cosmograms, geoinformation technologies

Руконис статті отримано 29.11.2019