

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 528.8.04:504.06

ВИКОРИСТАННЯ НОРМАЛІЗОВАНОГО ВЕГЕТАЦІЙНОГО ІНДЕКСУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ НПП «ВИЖНИЦЬКИЙ» НА ОСНОВІ ДАНИХ СУПУТНИКОВОЇ ЗЙОМКИ

Байцим А.І., Талах М.В.

Буковинський державний фінансово-економічний університет

Стратій В.І.

Національний природний парк «Вижницький»

Проведено аналіз стану рослинного покриву на основі серії супутникових знімків Landsat території НПП «Вижницький». Проаналізовано різночасові серії супутникових знімків та встановлено можливості їх потенційного застосування для довгострокового моніторингу рослинних угруповань. Виявлено часові закономірності розподілу нормалізованого вегетаційного індексу (NDVI) за період 1985-2015 рр., та на їх основі встановлено загальну тенденцію до покращення стану рослинного покриву за досліджуваний період. **Ключові слова:** супутникові знімки Landsat, вегетаційний індекс, NDVI, ГІС, моніторинг.

Постановка проблеми. Розробка і впровадження заходів з підтримки та відтворення стану рослинності вимагає всебічної достовірної інформації про її стан протягом довготривалого терміну. Винятково актуальними такі дослідження є для особливо охоронюваних територій. Одним з найважливіших питань моніторингу екосистем є відтворення та ріст рослинності. Її стан залежить від комплексу факторів, відповідно, моніторинг показників рослинного покриву також повинен здійснюватися на основі комплексних методів дослідження. Використання даних супутникових спостережень є одним з ефективних шляхів вивчення трансформацій рослинності, а значення вегетаційних індексів тісно корелює з об'ємом зеленої біомаси, служить основою для оцінки сезонної і багаторічної динаміки рослинного покриву. Таким чином, аналіз часових серій космоснімків може стати основою для створення системи моніторингу за станом рослинності, зокрема в межах об'єктів природно-заповідного фонду.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За допомогою сучасних технологій процес аналізу стану рослинності здійснюють автоматизовано на основі супутникових знімків та використання ГІС-технологій [1; 7; 11]. Зокрема, у роботі Шинкаренка (2015) отримано результати, що дозволяють оптимально планувати пасовищні навантаження на аридні ландшафти до початку вегетації рослинності та визначено, що основним фактором, що впливає на зміну індексу NDVI є клімат [15]. Курбановим та ін. розглянуто застосування супутникових знімків при тематичному картуванні лісових насаджень, оцінку їх таксаційних показників та стану деревостанів, моделюванні біологічної продуктивності і виявленні порушень природного і антропогенного характеру та доведено ефективність використання зазначених підходів [7]. Також існують роботи щодо дослідження можливостей застосування індексних зображень для виявлення змін за знімками середнього розширення [3]. Одним з найрозповсюдженіших методів, що довели свою ефективність для оцінки стану екосистем

загалом та фітоценозів, зокрема, є використання вегетаційних індексів, які дають змогу на підставі зміненого спектрального образу ефективніше інтерпретувати об'єкти земної поверхні. Якість рослинності за багатоспектральними космічними зображеннями оцінюється, в основному, за вмістом важливих для життєдіяльності пігментів, та базується на аналізі спектральних характеристик відбиття живого листя рослин у видимому та ближньому інфрачервоному спектральних діапазонах [2; 6; 9; 12]. Так, Бардиш Б., Бурштинська Х. за даними спектральних каналів космічного знімка зі супутника WorldView-2 на підставі 30 вегетаційних індексів виконали аналіз їх інтерпретаційних можливостей, а також отримали композиційні зображення, створені на підставі трьох вегетаційних індексів, що дало можливість ефективніше розрізнити віковий склад лісу, чітко розмежовувати рослинність, ґрунти та підстилаючу поверхню [1]. Семенова І.Г. за допомогою нормалізованого вегетаційного індексу досліджувала просторово-часовий розподіл посушливих умов в Україні за період 2000-2013 рр. [13]. Zhang et al., досліджуючи продуктивність пасовищ, виявили, що оцінки отримані за допомогою індексу NDVI містять найбільш детальну інформацію про розподіл і різноманітність рослинного покриву [17]. Дослідження проведені Лиджисевою Н.Ц. дозволили виявити позитивну кореляційну залежність між показником вегетаційного індексу (NDVI) і продуктивністю для різних типів рослинності [8].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Актуальним питанням на сьогодні є використання сучасних методів дистанційного зондування Землі з використанням супутникових даних та програмного забезпечення, що дозволяє автоматизувати процес аналізу. Подібні дослідження можуть стати основою для створення системи моніторингу за станом рослинності на дослідних територіях. Зокрема, в межах даної роботи обрана методика була застосована для аналізу динаміки стану рослинних угруповань на території національного при-

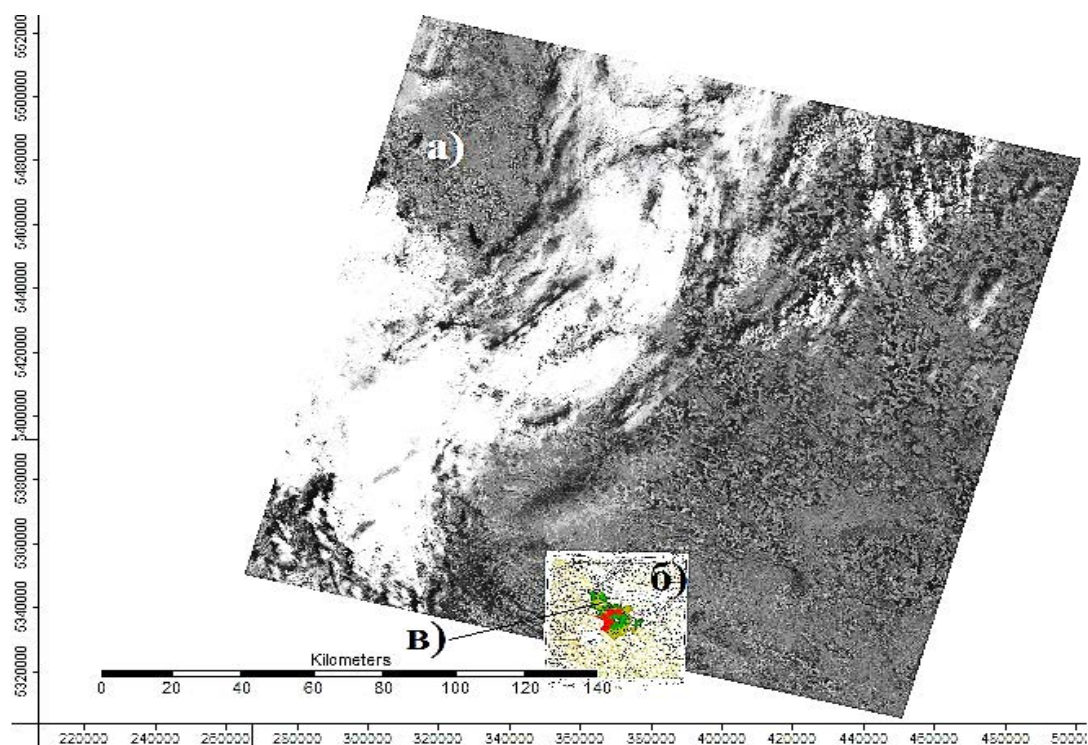


Рис. 1. Співвідношення території досліджень та даних отриманих на основі супутникових знімків: а) один з каналів сцени супутникового знімку Landsat, б) лист топографічної карти Генштабу М-35-135, в) територія НПП «Вижницький»

родного парку «Вижницький». На її основі може бути створена інформаційна моніторингова система, яка дасть можливість визначити загальну площу проективного покриття рослинності досліджуваної території, визначити її якісний стан та показники продуктивності, а також прогнозувати тенденції динаміки цих показників.

Мета статті. Полягає у визначенні динаміки стану рослинного покриву території НПП «Вижницький» на основі супутникових знімків із застосуванням нормалізованого вегетаційного індексу.

Виклад основного матеріалу. Довготривалі супутникові спостереження середнього просторового розрізнення, зокрема функціонуючої з 1984 р. супутникової системи Landsat [18], дозволяють виявляти і прогнозувати зміни рослинного покриву та екологічного стану рослинності [10].

Для здійснення аналізу динаміки стану рослинності НПП «Вижницький» була зібрана серія супутникових знімків Landsat досліджуваної території в часовому діапазоні 1985-2015 рр. Всі сцени, що були взяті для аналізу характеризували стан рослинності в липні-серпні кожного з досліджуваних років. Це пов'язано з тим, що одним з наступних етапів аналізу був обрахунок вегетаційних індексів, які надзвичайно чутливі до вегетаційної фази в якій знаходиться досліджуваний фітоценоз.

Оскільки ми використовували знімки середнього просторового розрізнення, територія однієї сцени значно перевищує область інтересу, тобто площу національного парку. Відповідно, для подальшої роботи всі досліджувані знімки «обрізаються» до потрібної території за полігоном, створеним на основі топографічної карти НПП з відповідною географічною прив'язкою (рис. 1).

Описана вище та всі наступні операції аналізу спектральних каналів супутникових знімків про-

водились з використанням відкритої настільної геоінформаційної системи SAGA (2.1.2).

Для оцінки кількості та стану рослинності за багатоспектральними космічними знімками зазвичай використовуються різноманітні вегетаційні індекси Найбільш популярним та інформативним є NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормалізований різницевий індекс рослинності. На його значення впливає видовий склад рослинності, її стан, експозиція, кут нахилу поверхні, колір ґрунту під розрідженою рослинністю, а діапазон змін становить від -1 до 1 [6]. Індекс NDVI розраховується за наступною формулою:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (1)$$

де *NIR* – відбиття в ближній інфрачервоній області спектру, *RED* – відбиття в червоній області спектру. Для відображення індексу *NDVI* використовується стандартизована безперервна градієнтна шкала, що представлена на рисунку 2.

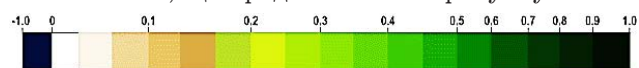


Рис. 2. Стандартна шкала NDVI

Завдяки особливості відображення в NIR-RED областях спектру, природні об'єкти мають фіксоване значення NDVI, що дозволяє використовувати цей параметр для їх ідентифікації та оцінки стану.

Варто відзначити, що перед обрахунком вегетаційного індексу здійснювали атмосферну корекцію всіх досліджуваних знімків за загальноприйнятими методиками [4].

Таким чином, була отримана часова серія тематичних карт за значеннями NDVI. Для кожної з них на основі частотних гістограм розподілу значень NDVI за кожним тематичним класом

було проведено визначення відносних площ територій (відсоток від загальної площі дослідження), що зайняті кожним зі стандартних класів, які характеризують природні об'єкти. На рис. 3 наведено алгоритм обробки результатів дослідження для сцени LT51840262011234KIS01.

Першим логічним етапом проведення аналізу стало встановлення результуючих змін стану рослинності за досліджуваний період (рис. 4). Результуюче зображення (рис. 4, в) також було створене з використанням стандартизованої шкали NDVI для уніфікації отриманих значень. Однак, в даному випадку, вона несе дещо інше змістова навантаження. Так, якщо отримане значення менше нуля – це свідчить про погіршення стану рослинності на даній ділянці. І, відповідно, чим результуючий показник більше нуля – тим більш позитивних змін зазнала рослинність на певній території. Таким чином, аналіз отриманих даних дозволяє стверджувати, що для більшості території національного парку стан рослинності протягом досліджуваного періоду не змінився чи незначно покращився. Зокрема, відсоток площі на якій стан рослинності погіршився становить майже 9%. Ще 4,5% займають території на для яких зміни стану фітоценозів не зафіксовані. Тобто, приблизно для 86% території парку тенденції зміни стану рос-

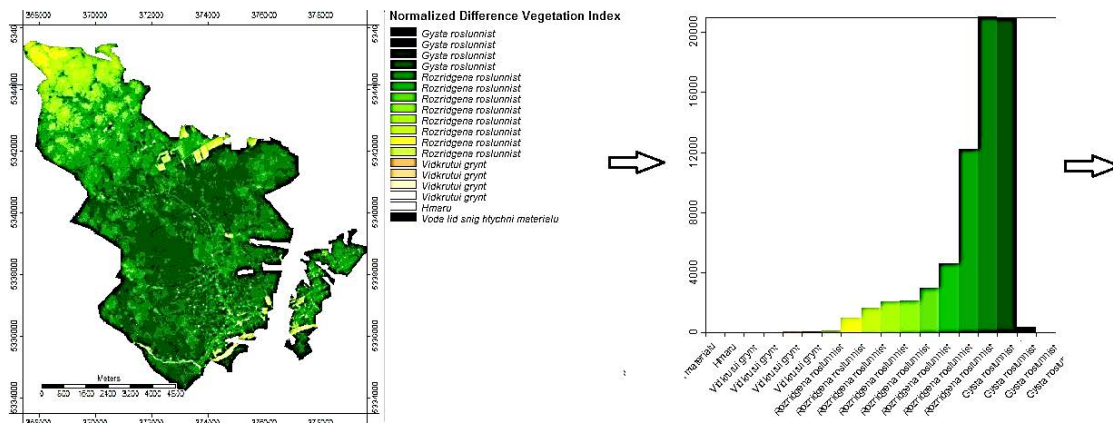
линності протягом досліджуваного періоду можна охарактеризувати як позитивні. Водночас, не варто абсолютизувати отримані результати, адже цінність різних типів екосистем та рослинних комплексів може бути різною, що дає перспективу для подальших досліджень.

Наступним етапом наших досліджень стало визначення динаміки рослинності НПП «Вижицький» протягом усього досліджуваного періоду на основі критеріїв розпізнавання її стану за значенням NDVI, запропонованими в роботі Семенової І.Г. [13]:

Таблиця 1
Критерії розпізнавання стану рослинності за значенням NDVI

Значення NDVI	Стан рослинності
0,71-1,00	дуже добрий
0,56-0,70	добрий
0,41-0,55	задовільний
0,31-0,40	поганий
0,21-0,30	пригнічений

На рисунку 5 представлена динаміка змін відносних площ за кожним з класів, що характеризують стани рослинності. Її аналіз дозволяє



Клас	Назва класу	Діапазон значень NDVI		Територія, кількість пікселів	Відносна площа, %
		min	max		
1	Вода, лід, сніг, штучні матеріали	-1,000	0,000	0,000	0,000
2	Хмари	0,000	0,030	0,000	0,000
3	Відкритий ґрунт	0,030	0,060	1,000	0,001
4	Відкритий ґрунт	0,060	0,100	12,00	0,017
5	Відкритий ґрунт	0,100	0,130	72,00	0,103
6	Відкритий ґрунт	0,130	0,160	77,00	0,110
7	Розріджена рослинність	0,160	0,200	136,0	0,195
8	Розріджена рослинність	0,200	0,250	1002	1,443
9	Розріджена рослинність	0,250	0,300	1655	2,384
10	Розріджена рослинність	0,300	0,350	2109	3,039
11	Розріджена рослинність	0,350	0,400	2156	3,106
12	Розріджена рослинність	0,400	0,450	2973	4,284
13	Розріджена рослинність	0,450	0,500	4627	6,667
14	Розріджена рослинність	0,500	0,600	12241	17,639
15	Густа рослинність	0,600	0,700	21007	30,271
16	Густа рослинність	0,700	0,800	20957	30,199
17	Густа рослинність	0,800	0,900	371,0	0,5340
18	Густа рослинність	0,900	1,000	0,000	0,000

Рис. 3. Значення NDVI для сцени LT51840262011234KIS01 за 22.08.2011

Примітка. Тут і далі використовуються наступні позначення класів: voda lid snig htynchni materialu – вода, лід, сніг, штучні матеріали; hmaru – хмари; vidkrutui ґрунт – відкритий ґрунт; rozridжена roslunnist – розріджена рослинність; gusta roslunnist – густа рослинність.

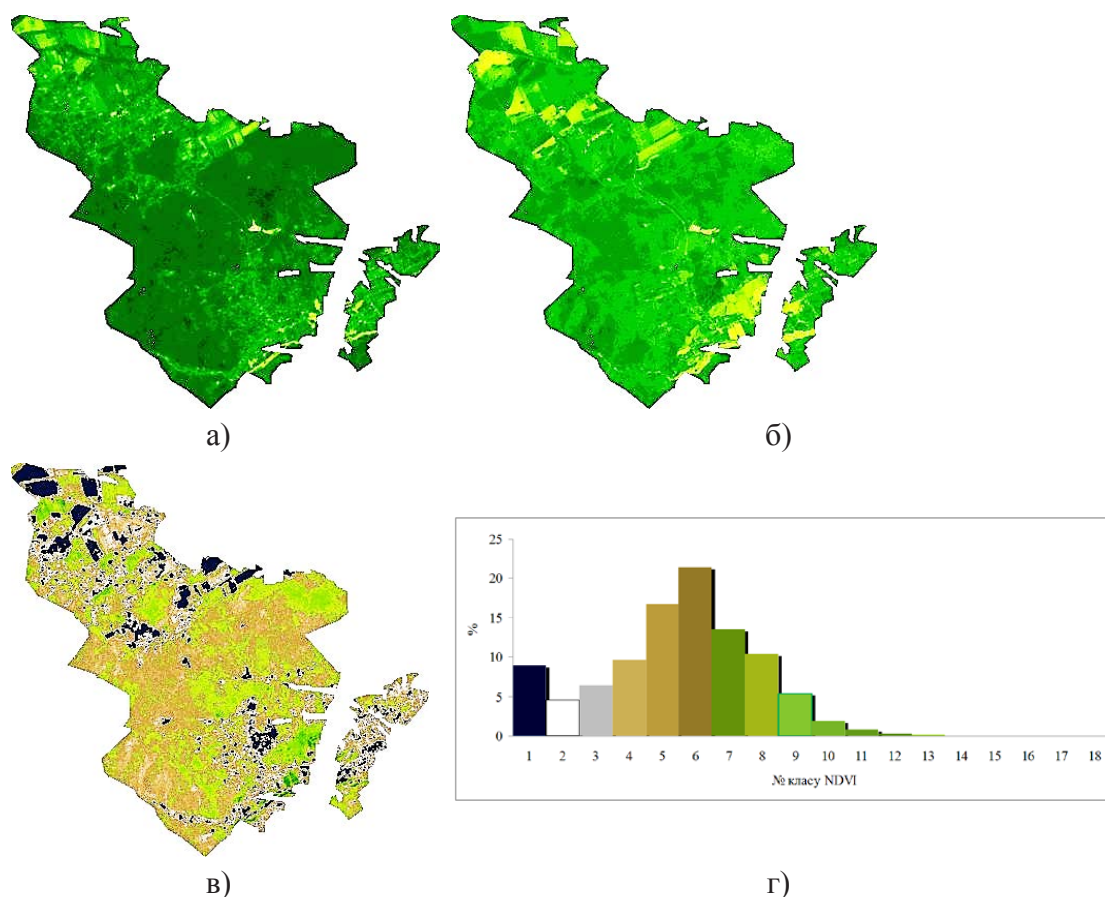


Рис. 4. Вегетаційні індекси для екосистем НПП «Вижницький»: а) 1985 рік, б) 2015 рік, в) зміни індексу NDVI за досліджуваній період визначені за формулою: $\Delta\text{NDVI} = \text{NDVI}_{2015} - \text{NDVI}_{1985}$, г) відносні площі класів NDVI

стверджувати, що протягом усього досліджуваного періоду представленість перших трьох класів («поганий», «пригнічений», «задовільний») була незначною. Сумарні значення всіх зазначених класів жодного разу протягом досліджуваного періоду не перевищували 30% від загальної площі парку. Наближення до даного значення було зафіксовано лише двічі: у 1986 та 2003 роках.

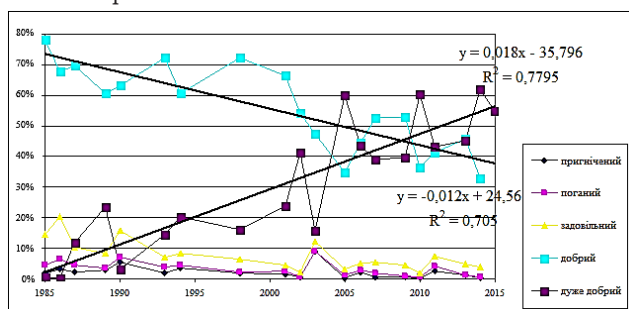


Рис. 5. Динаміка стану рослинності на території НПП «Вижницький» протягом 1985-2015 рр. на основі значень індексу NDVI

Таким чином, найбільший внесок був діагностований для двох класів, що характеризують найкращий стан рослинного покриву («добрий» і «дуже добрий»). Для них зафіксовані прямо обернені тенденції зміни, що підтверджується апроксимованими кривими цих класів, наведеними на

рисунок 5. Це дозволяє зробити припущення, що загальні позитивні тенденції, що були зафіксовані для досліджуваної території, пов'язані саме з переходом частини фітоценозів зі стану «добрий» в «дуже добрий». Насамперед, це можна пов'язати з початком ведення природоохоронної діяльності на даній території з середини 80-их років минулого століття та, власне, зі створенням національного парку у 1995 році [16]. Водночас, варто відмітити, що дані показники характеризують не лише природоохоронну діяльність парку, але й усю діяльність, що ведеться на його території.

Висновки та пропозиції. В зв'язку з постійно зростаючим впливом антропогенних факторів на навколишнє середовище надзвичайної актуальності набуває створення моніторингових систем, що дозволять констатувати, аналізувати та прогнозувати явища в природних системах. Їх ефективну роботу може забезпечити впровадження сучасних інформаційних технологій збору та аналізу інформації, зокрема, методів дистанційного зондування. За результатами спеціалізованої обробки багатоспектральних космічних зображень можна визначити загальну площу проєктивного покриття рослинності та її якісний стан. Розглянуті на прикладі НПП «Вижницький» зазначені підходи довели свою ефективність для аналізу динаміки стану рослинних угруповань в часі та дозволили виявити загальні тенденції зміни рослинного покриву на досліджуваній території.

Список літератури:

1. Бардиш Б. Використання вегетаційних індексів для ідентифікації об'єктів земної поверхні [Текст] / Бардиш Б., Бурштинська Х. // Сучасні досягнення геодезичної науки 82 та виробництва. – 2014. – № 2 (28). – С. 82-88.
2. Выгодская Н. Н. Теория и эксперимент в дистанционных исследованиях растительности / Н. Н. Выгодская, И. И. Горшкова. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 248 с.
3. Гордиенко А. С. Применение индексных изображений при выявлении изменений по разновременным космическим снимкам [Текст] / Гордиенко А. С. // Новосибирск: СГГА. – 2014. – С. 67-70.
4. Забелин С. А. Методика атмосферной коррекции снимков Landsat [Текст] / Забелин С. А., Тулегулов А. Д. // Вестник ЕНУ им. Л. Н. Гумилева. – 2011. – № 6. – С. 147-154.
5. Закон України «Про природно-заповідний фонд України» від 16.06.1992 р.
6. Кочубей С. Н. Спектральные свойства растений как основа методов дистанционной диагностики / С. Н. Кочубей, Н. И. Кобец, Т. М. Шадчина. – К.: Наукова думка, 1990. – 136 с.
7. Курбанов Э. А. Четыре десятилетия исследований лесов по снимкам Landsat [Текст] / Курбанов Э. А., Воробьев О. Н., Губаев А. В., Лежнин С. А., Полевщикова Ю. А., Демидова Е. Н. // Вестник ПГТУ. – 2014. – № 1 (21). – С. 18-32.
8. Лиджиева Н. Ц. Опыт применения индекса вегетации (NDVI) для определения биологической продуктивности фитоценозов аридной зоны на примере региона Черные земли [Текст] / Лиджиева Н. Ц., Уланова С. С., Федорова Н. Л. // Известия Саратовского университета. Т. 12. Сер. Химия. Биология. Экология. – 2012. – № 2. – С. 94-96.
9. Мовчан Я. И. Фитоиндикация в дистанционных исследованиях / Я. И. Мовчан, В. А. Каневский, В. Д. Семицаевский, Е. И. Левчик, А. Е. Турута // Киев: Наукова думка, 1993. – 306 с.
10. Пестова І. О. Методика оцінювання стану рослинності урбанізованих територій з використанням багатоспектральних космічних знімків: дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук [Текст] / Пестова І. О. // Національна академія наук України, Київ. – 2015. – 172 с.
11. Рожков Ю. Ф. Оценка нарушенности лесных экосистем после пожаров с использованием дешифрирования космических снимков [Текст] / Рожков Ю. Ф., Кондакова М. Ю. // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9. – С. 2018-2022.
12. Сахацький О. І. До можливостей оцінювання зволоженості земного покриття за багатоспектральними космічними зображеннями оптичного діапазону на прикладі території України / О. І. Сахацький, С. А. Станкевич // Доповіді НАН України, 2007. – № 11. – С. 122-128.
13. Семенова І. Г. Використання вегетаційних індексів для моніторингу посух в Україні [Текст] / Семенова І. Г. // Український гідрометеорологічний журнал. – 2014. – № 14. – С. 43-52.
14. Черепанов А. С. Вегетационные индексы: справочные материалы [Текст] / Черепанов А. С. // Геоматика. – 2011. – № 2. – С. 98- 102.
15. Шинкаренко С. С. Анализ динамики пастбищных ландшафтов в аридных условиях на основе нормализованного вегетационного индекса (NDVI) [Текст] / Шинкаренко С. С. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2015. – № 1 (37). – С. 1-5.
16. Національний природний парк Вижницький [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.npp.cv.ua/>
17. Binghua Zhang Application of Synthetic NDVI Time Series Blended from Landsat and MODIS Data for Grassland Biomass Estimation [Текст] / Binghua Zhang, Li Zhang, Dong Xie, Xiaoli Yin, Chunjing Liu, Guang Liu // Remote Sens. – 2016. – № 8 (10). – С. 1-21.
18. Nasa. Landsat Science [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>

Байцим А.И., Талах М.В.

Буковинский государственный финансово-экономический университет

Стратий В.И.

Национальный природный парк «Вижницкий»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОРМАЛИЗОВАННОГО ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НПП «ВИЖНИЦКИЙ» НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ СЪЕМКИ

Аннотация

Проведен анализ состояния растительного покрова на основе серии спутниковых снимков Landsat территории НП «Вижницкий». Проанализированы разновременные серии спутниковых снимков и установлены возможности их потенциального применения для долгосрочного мониторинга растительных сообществ. Выявлены временные закономерности распределения нормализованного вегетационного индекса (NDVI) за период 1985-2015 гг., и на их основе установлена общая тенденция к улучшению состояния растительного покрова за исследуемый период.

Ключевые слова: спутниковые снимки Landsat, вегетационный индекс, NDVI, ГИС, мониторинг.

Baitsym A.I., Talakh M.V.

Bukovyna State University of Finance and Economics

Stratiy V.I.

Vyzhnytsia National Nature Park

**USE OF NORMALIZED VEGETATION INDEX FOR MONITORING
THE STATE OF VEGETATION COVER OF VYZHNYTSIA
NATIONAL NATURE PARK BASED ON SATELLITE IMAGERY**

Summary

The analysis of the vegetation's cover state was conducted based on series of satellite images Landsat for the territory of Vyzhnytsia National Nature Park. Different time series of satellite imagery were analyzed and possibility of their potential use was established for long-term monitoring of the plant communities. Temporal patterns of NDVI distribution were discovered for the period 1985-2015 years. And on their basis was established a positive trend of the vegetation's cover state over this period.

Keywords: satellite images Landsat, vegetation index, NDVI, GIS, monitoring.