

УДК 528.46

## ВИКОРИСТАННЯ ВЕГЕТАЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

**Б. Бардиш, Х. Бурштинська**

Національний університет "Львівська політехніка"

**Ключові слова:** дистанційне зондування Землі, космічний знімок, моніторинг лісів, вегетаційний індекс, ґрунтова лінія.

### Постановка проблеми

У сучасних картографо-геоінформаційних технологіях завдання, пов'язані з виокремленням і картографуванням об'єктів земної поверхні, зокрема дослідженням стану лісових ресурсів, виконують за даними дистанційного зондування Землі. Космічні знімки використовують для ведення лісового моніторингу, опрацювання методів прогнозу, виявлення змін лісових ресурсів, а також прийняття управлінських рішень з метою ефективного лісокористування.

Для забезпечення нормативних документів, які б сприяли виконанню завдань підвищення ефективності лісового господарства, Уряд України у 2002 р. прийняв Державну програму "Ліси України на 2002–2015". Пріоритетними завданнями Програми є забезпечення природоохоронної функції лісів, збільшення продуктивності та покращення стану лісових насаджень, підвищення стійкості лісових екосистем.

### Аналіз досліджень і публікацій

Одним із вагомих завдань у складній системі лісокористування та відтворення є класифікація лісів. У сучасних технологічних схемах цю процедуру здійснюють автоматизовано на підставі космічної та завіркової інформації [1, 5, 6, 7].

Значних успіхів стосовно використання космічних знімків для розв'язання завдань інвентаризації лісів та моніторингу лісових ресурсів досягнуто у Науковому центрі аерокосмічних досліджень Землі Академії наук України [1, 5]. Автори підкреслюють важливість вибору спектральних каналів космічних знімальних систем, які б забезпечували високий критерій інформативності. В [1] вказано на доцільність застосування підходів, основаних на використанні методів контрольованої класифікації, кластерного аналізу та декомпозиції спектральних сумішей.

У [4, 6] розглянуто простіший підхід до класифікації об'єктів земної поверхні, названий методом паралелепіпедів. Все частіше в спеціальній літературі розглядають метод нейронних мереж [8].

Що ж стосується вегетаційних індексів (VI), то їх використовують для отримання нових зображень, які дають змогу на підставі зміненого спектрального образу ефективніше інтерпретувати об'єкти земної поверхні [4, 7, 11].

Веgetаційні індекси розраховують у результаті комбінації пікселів різних спектральних діапазонів. Індекс широк застосовують для картографування рослинності, оцінювання показників біопродуктивності сільськогосподарських культур, вмісту хлорофілу в морській воді. Веgetаційні індекси дозволяють виявити ті особливості зображень, які не вдається інтерпретувати навіть на спектральнозональних знімках.

Розраховано основні VI на підставі фізико-хімічних явищ отримання зображень (принципи поглинання та відбиття радіації) та на підставі статистичних даних [9, 13, 14].

### Завдання дослідження

У завдання дослідження входило:

- систематизувати веgetаційні індекси, подані в спеціальній літературі, за основними показниками, згрупувавши їх у три класи: I клас – VI, чутливі до рослинності; II клас – VI, які мінімізують вплив ґрунту та підстильної поверхні; III клас – VI, які мінімізують вплив атмосфери;
- проаналізувати ефективність нових зображень стосовно інтерпретаційних можливостей;
- створити композиційне зображення та подати його аналіз на предмет ефективності інтерпретації основних об'єктів зображень.

### Виклад основного матеріалу.

Веgetаційний індекс, як показник особливостей відбиття сонячної радіації від різних об'єктів земної поверхні в різних спектральних діапазонах, визначається на підставі математичних операцій зі спектральними яскравостями знімальної системи, отриманими в різних каналах ДЗЗ. Головною концепцією створення VI є концепція червоного краю [3]. Майже всі веgetаційні індекси використовують співвідношення червоного (R) та ближнього інфрачервоного (NIR) каналів, у ділянці яких для рослинності проходить так званий червоний край.

Другою концептуальною позицією є використання лінії ґрунту, яка визначає залежність між відбивною властивістю відкритого ґрунту в ближній інфрачервоній та червоній ділянках спектра:

$$NIR = aR + b, \quad (1)$$

де  $a$  – коефіцієнт, який визначає нахил ґрунтової лінії;  $b$  – зміщення ґрунтової лінії від початку координат по осі ординат.

У табл. 1 згруповано вживані в дослідженнях веgetаційні індекси, подано їх назви, найважливіші математичні залежності, розробників та основні характеристики [11,13].

Таблиця 1

Типи вегетаційних індексів

№	Назва	Формула	Розробив	Примітка
1	2	3	4	5
1	RVI ( Ratio Vegetation Index)	$RVI = Rnir/Rred$	Brith та McVey, 1968 Jordan C.F, 1969 Rouse J.W. та ін., 1973 Tucker C.J. та ін., 1979	Значення індексу змінюються від 0 до нескінченності . Для зеленої рослинності VI > 1 і зростає зі збільшенням зеленої фітомаси
2	NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	$NDVI = (Rnir-Rred)/(Rnir+Rred)$	Rouse B.J. та інші, 1973, Концепція вперше була представлена Kriegler F.J. та інші, 1969	Індекс може набувати значення від -1 до 1, для рослинності індекс NDVI зазвичай становить 0,2–0,8
3	MSR (Modified Simple Ratio)	$MSR = \left( \frac{Rnir}{Rred} - 1 \right) / \sqrt{\left( \frac{Rnir}{Rred} + 1 \right)}$	Chen, 1996	
4	NRVI (Normalized Ratio Vegetation Index)	$NRVI = \frac{RVI - 1}{RVI + 1}$	Baret and Guyot, 1991	
5	TVI (Transformed Vegetation Index)	$TVI = \sqrt{NDVI + 0,5}$	Tucker C.J. та інші, 1997	
6	CTVI (Corrected Transformed Vegetation Index)	$CTVI = \frac{NDVI + 0,5}{ABS(NDVI + 0,5)} \times \sqrt{ABS(NDVI + 0,5)}$	Perry and Lautenschlager, 1984	
7	TTVI (Thiam's Transformed vegetation Index)	$TTVI = (ABS(NDVI + 0,5))^{1/2}$		
8	PVI (Perpendicular Vegetation Index)	$PVI = \sin(a) \times Rnir - \cos(a) \times Rred$	Richardson A.J. та Wiegand C.L, 1977	a – кут між лінією ґрунту та віссю Rnir
9	PVII (Perpendicular Vegetation Index 1)	$PVII = \frac{(b \times Rnir - Rred) + a}{\sqrt{b^2 + 1}}$	Perry and Lautenschlager, 1984	a – координата перетину лінії ґрунту з віссю Rnir; b – нахил лінії ґрунту
10	PVI2 (Perpendicular Vegetation Index 2)	$PVI2 = Rnir - \frac{(a \times Rred) + b}{(1 - a^2)^{1/2}}$		a – координата перетину лінії ґрунту з віссю Rnir; b – нахил лінії ґрунту
11	PVI3 (Perpendicular Vegetation Index 3)	$PVI3 = a \times Rnir - s \times Rred$	Qi et al., 1994	a – координата перетину лінії ґрунту з віссю Rnir; s – нахил лінії ґрунту
12	DVI (Difference Vegetation Index)	$DVI = (Rnir - Rred)$	Lillesand T.M. та Kiefer R. W., 1987 Richardson i Everitt, 1992	
13	RDVI (Ratio Difference Vegetation Index)	$RDVI = \frac{Rnir - Rred}{\sqrt{(Rnir + Rred)}}$	Roujean and Breon 1995	
14	AVI (Ashbum Vegetation Index)	$AVI = 2 \times Rnir^2 - Rred$	Ashburn (1978)	
15	SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index)	$SAVI = \frac{Rnir - Red}{(Rnir + Rred + L)(1 + L)}$	Huete A.R., 1988 Huete A.R., та Lui H., 1994 Qi J. та інші, 1994	L = [0;1] L=0 – багато листя L=1 – найменше листя L=0,5 – опт. значення
16	TSAVI (Transformed Soil-Adjusted Vegetation Index 1)	$TSAVI = \frac{s + (Rnir - s) \times (Rred - a)}{Rred + s \times Rnir - a \times s}$	Baret та інші 1989, Baret and Guyot 1991	a – координата перетину лінії ґрунту з віссю Rnir; s – нахил лінії ґрунту

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5
17	TSAVI2(Transfor med Soil-Adjusted Vegetation Index (2))	$TSAVI2 = \frac{s \times (Rnir - s \times Rred - a)}{(a \times Rnir + Rred - a \times s + X \times (1 + s^T 2))}$	Baret та інші, 1989, Baret and Guyot, 1991	a – координата перетину лінії ґрунту з віссю Rnir; s – нахил лінії ґрунту; X – коефіцієнт корекції для зменшення підстильного шуму (в оригіналі статті X=0.08)
18	MSAVI1 (Modified Soil-Adjusted Vegetation Index 1)	$MSAVI1 = \frac{(Rnir - Rred)}{(Rnir + Rred - L)} \times (1 + L)$ $L = 1 - 2 \times s \times NDVI \times WDWI$	Qi та інші, 1994	
19	MSAVI2 (Modified Soil-Adjusted Vegetation Index 2)	$MSAVI2 = \frac{(Rnir - Rred)}{(Rnir + Rred - L)} \times (1 + L)$ $L = 1 - \frac{2 \times Rnir + 1 - \sqrt{(2 \times Rnir + 1)^2 - 8 \times (Rnir \times Rred)}}{2}$	Qi та інші, 1994	
20	WDVI (Weighted Difference Vegetation Index)	$WDVI = Rnir - \rho \times Rred$	Clevers J.G., 1988	$\rho$ – нахил лінії ґрунту
21	EVI (Enhanced Vegetation Index)	$EVI = \frac{(Rnir - Rred)}{(Rnir + (c1 \times Rred - c2 \times Rblue) + L)} \times (1 + L)$	Rouse J.W. та інші, 1973; Tucker C.J., 1979 Jackson R.D., та інші, 1983; Krieglger F.J. та інші, 1969; Sellers P.J., 1985; Huete A.R. та інші, 1997	Розроблено для MODIS C1=6;C2=7,5;L=1;
22	GEMI (Global Environment Vegetation Index)	$GEMI = \eta \times (1 - 0,25 \times \eta) - \frac{Rred - 0,125}{1 - Rred}$ $\eta = \frac{2(Rnir^2 - Rred^2) + 1,5Rnir + 0,5Rnir}{Rnir + Rred + 0,5}$	Pinty B. та Verstraete M.M., 1991 Leprieur C. та інші, 1994	
23	OSAVI (Optimized Soil Adjusted Vegetation Index)	$OSAVI = \frac{(1 + 0,16(Rnir - Rred))}{(Rnir + Rred + 0,16)}$	Rondeaux et al. 1996	
24	IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index)	$IRVI = \frac{Rnir}{(Rnir + Rred)}$	Crippen R.E., 1990	
25	ARVI (Atmospherically Resistant Vegetation Index)	$ARVI = \frac{Rnir - Rb}{Rnir + Rb}$ $Rb = Rred - a \times (Rred - Rblue)$	Kaufman, Y.J., Tanre, D., 1992 Kaufman, Y.J., Tanre, D., 1996; Huete A.R. та Lui H., 1994	
26	SARVI (Soil Adjusted and Atmospherically Resistant Vegetation Index)	$SARVI = \frac{Rnir - Rb}{Rnir + Rb} \times (1 + L);$ $L = 1 - \frac{2 \times Rnir + 1 - \sqrt{(2 \times Rnir + 1)^2 - 8 \times (Rnir \times Rred)}}{2};$ $Rb = Rred - s \times (Rred - Rblue);$	Huete A.R., та Lui H., 1994	s – нахил лінії ґрунту
27	GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index)	$GNDVI = \frac{Rnir - Rgreen}{Rnir + Rgreen}$	GITELSON et al., 1996	
28	BI	$BI = \sqrt{Rgreen^2 + Rred^2 + Rnir^2}$	Escadafal and Bacha, 1996	
29	NGVI (Normalized Green Vegetation Index)	$NGVI = \frac{Rgreen}{Rnir + Rred + Rgreen}$	Sripada et al., 2006	
30	NRVI (Normalized Green Vegetation Index)	$NRVI = \frac{Rred}{Rnir + Rred + Rgreen}$	Sripada et al., 2006	

У математичних виразах позначення параметрів подано в інтерпретації авторів.

До I класу належать індекси: RVI, NDVI, MSR, NRVI, TVI, CTVI, TTVI, DVI, RDVI, AVI, OSAVI, IPVI, GNDVI, BI, NGVI, NRVI;

до II класу: PVI1, PVI2, PVI3, SAVI, TSAVI, TSAVI2, MSAVI1, MSAVI2, WdVI, EVI;

до III класу: GEMI, ARVI, SARVI.

Дослідження виконано за космічним знімком WorldView-2, отриманим 08.08. 2012 р. на території заповідника (с. Івано-Франкове). Об'єкти земної поверхні (населений пункт, озера), як і лісова рослинність, характерні для Прикарпатського регіону.

WorldView-2 обладнано знімальною системою високого просторового розрізнення, в панхроматичному каналі розрізнення на місцевості становить 0,46 м, мультиспектральний спектрометр має вісім каналів з розрізненням зображень 1,84 м, фокусна відстань камери 13,3 м. Крім чотирьох традиційних (R, G, B, Nir), апаратура працює у додаткових спектральних каналах: фіолетовому, жовтому, пороговому червоному та ближньому інфрачервоному – 2 [2].

Для безпосереднього визначення об'єктів земної поверхні, зокрема типів дерев лісової рослинності та підстильної поверхні, необхідно виконати польове дешифрування, тобто отримати завіркову інформацію. З цією метою загалом створено 20 полігонів, які уможливають достатньо ефективну оцінку використання вегетаційних індексів. Для польового дешифрування використано планшетний ПК (Asus Google Nexus 7, 2 gen), який містить акселерометр, гіроскоп, електронний компас, GPS та п'ятимегапиксельну камеру. Під час фотографування об'єктів за допомогою додатка GEOCAM записано координати цих об'єктів у системі WGS-84. Використання цього пристрою як реєстратора значно пришвидшило польове дешифрування та реєстрування інформації. За час виконання польового дешифрування зроблено 357 знімків, деякі з них показано на рис. 1.

У табл. 2 подано характеристики об'єктів полігонів завіркової інформації.

Таблиця 2

**Характеристика полігонів завіркової інформації**

№	Характеристика насаджень	Віковий тип насаджень	Висота, м	Відстань між деревами, м	Примітки
1	2	3	4	5	6
1	Водні об'єкти	-	-	-	Озера, ставки
2	Кар'єр	-	-	-	Пісок
3	Рілля	-	-	-	
4	Мішаний ліс	Середньозрілий	15	5	Підстильна поверхня: листя, куці
5	Бук, граб	Середньозрілий	15	5	Підстильна поверхня: перезріле листя.

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6
6	Бук, граб, дуб	Молодняк, Середньозрілий	10–15	3	Підстильна поверхня: перезріле листя
7	Бук, граб	Молодняк, Середньозрілий	5–20	3	Підстильна поверхня: перезріле листя
8	Бук, граб, дуб	Зрілий	20–30	5	Підстильна поверхня: перезріле листя
9	Бук, граб, дуб	Молодняк	5	1	Підстильна поверхня: кущова рослинність
10	Лугова рослинність	-	-	-	-
11	Сосна	Середньозрілий	20	1	Кущова рослинність
12	Сосна	Середньозрілий	5	0.5	-
13	Дуб, бук, граб	Середньозрілий	15–20	4	
14	Сосна	Молода	15	7	Поодинокі листяні дерева
15	Дуб, бук, граб	Молодий	15	5	Поодинокі середньозрілі дерева
16	Мішаний	Середньозрілий, молодняк	5,20	3	Переважає така порода, як середньозріла сосна, між нею багато молодого бука, граба
17	Листяний	Молодняк, середньозрілий	5,15	1	Переважає молодняк, зі смугами середньозрілих дерев і поодинокими соснами
18	Поле	-	-	-	Наявні саджанці (висота 3 м)
19	Сосна	Середньозріла	15	3	
20	Мішаний	Молодняк, середньозрілий	15	4	Переважає сосна з молодими насадженнями бука та граба

Зображення на підставі вегетаційних індексів відповідно до табл. 1 отримано у програмному середовищі ENVI, загалом 30 зображень.

Для обчислення вегетаційних оцінок PVI, PVI1, PVI2, PVI3, TSAVI1, TSAVI2, ARVI, WdVI, SARVI, DVI необхідно визначити параметри ґрунтової лінії, а саме її нахил та перетин із віссю NIR. Ці параметри отримано за допомогою програмного пакета ENVI, в якому створено точкову діаграму за RED- та NIR-каналами.

Ґрунтова лінія на графіку розділяє рослинність та ґрунти. З графіка можна визначити її параметри. Вони становлять:  $b = 103$ ,  $a = 45^\circ$ .

Після обчислення усіх вибраних вегетаційних оцінок отримано нове зображення в градаціях сірого тону та гістограму стандартного розбиття. Для покращення візуального сприймання зображенням надано певного кольористичного забарвлення, а також змінено його зображення врівнюванням гістограми (Histogram equalization), що дало змогу збільшити контрастність і краще виділити рослинність.

Аналіз зображень стосовно інтерпретації об'єктів подано в табл. 3.

Після аналізу 30 вегетаційних оцінок зроблено висновок, що основними чинниками, які впливають на ефективність класифікації лісів, є атмосферний вплив та вплив підстильної поверхні. Найкращі результати отримано для зображень, обчислених за вегетаційними індексами PVI, PVI1, PVI2, SAVI, RDVI, AVI, WdVI, MSVI1, OSAVI, GEMI, ARVI, SARVI, BI.

Але найкращий результат для розрізнення міжвидового складу дерев отримано за композиційним зображенням з трьох вегетаційних індексів.

Відповідно до засадничих принципів утворення нових зображень, для яких залежно від Ві можуть ідентифікуватися деталі, не помітні на вихідному зображенні, створено композиційне зображення із трьох вегетаційних індексів GEMI, PVI3 і TSAVI. Це зображення, створене на засадах RGB, подано на рис. 3.

Таблиця 3

## Характеристика зображень, отриманих за вегетаційними індексами

Індекси	Інтерпретаційні характеристики
RVI, NDVI, MSR, NRVI, TVI, CTVI, TTVI	Хороше розрізнення листяного і хвойного лісу, помітний вплив підстильної поверхні, розрізняється віковий склад.
PVI, PVI1, PVI2	Помітний вплив атмосфери, зменшений вплив підстильної поверхні. Ґрунт та водні об'єкти майже не розрізняються. Добре ідентифікуються орні землі.
DVI	Помітний вплив підстильної поверхні та атмосфери. Хороше розрізнення листяного і хвойного лісу, помітний віковий склад; гірше міжвидове розрізнення.
SAVI	Зменшений вплив підстильної поверхні. Помітний вплив атмосфери.
RDVI	Помітний вплив атмосфери, розрізняється віковий склад дерев, але не розрізняються типи дерев.
AVI	Сильний вплив підстильної поверхні та атмосфери. Добре видно орні землі.
TSAVI	Дуже добре виділено кар'єр та дорогу до нього. Рослинність розрізняється гірше.
WdVI	Добре видно орні землі, але помітно сильний вплив підстильної поверхні та атмосфери.
MSAVI1	Зменшений вплив підстильної поверхні. Хороше розрізнення листяного і хвойного лісу, помітний віковий склад.
MSAVI2	Зменшений вплив підстильної поверхні. Водним об'єктам, орним землям, кар'єру, дорозі надано значення "No Data". Хороше розрізнення листяного і хвойного лісу, помітний віковий склад, але малопомітний типовий склад дерев.
EVI	Оцінка розроблена командою MODIS для знімальної системи MODIS. Тому для знімальної системи WorldView-2 оцінку неможливо використати для класифікації.
OSAVI	Зменшений вплив підстильної поверхні та атмосфери. Хороше розрізнення листяного і хвойного лісу, помітний віковий склад, але малопомітний міжтиповий склад дерев.
GEMI	Зменшений вплив підстильної поверхні та атмосфери. Хороше розрізнення листяного і хвойного лісу, помітний віковий склад, але слабо ідентифікуються типи дерев. Добре видно орні землі, кар'єр, різне покриття полів.
ARVI	Зменшений вплив атмосфери. Хороше розрізнення листяного і хвойного лісу, помітний віковий склад, але гірше ідентифікуються типи дерев.
IPVI	Зменшений вплив підстильної поверхні. Хороше розрізнення листяного і хвойного лісу, помітний віковий склад, міжтиповий склад дерев малопомітний.
SARVI	Зменшений вплив підстильної поверхні. Водним об'єктам, орним землям, кар'єру, дорозі надано значення "No Data". Хороше розрізнення листяного і хвойного лісу, помітний віковий склад, але малопомітний міжтиповий склад дерев.
VI3	Наявні аномалії на водних об'єктах. Хороше розрізнення листяного і хвойного лісу, помітний віковий склад, малопомітний міжтиповий склад дерев.
GNDVI	Зменшений вплив підстильної поверхні. Хороше розрізнення листяного і хвойного лісу, помітний віковий склад.
BI	Значний вплив атмосфери та підстильної поверхні. Добре розрізняються орні землі, видовий склад дерев.
NRVI	Вплив атмосфери мінімальний. Хороше розрізнення листяного і хвойного лісу, помітний віковий склад, малопомітний міжтиповий склад дерев.
GNDVI	Хороше розрізнення листяного і хвойного лісу, помітний вплив підстильної поверхні.

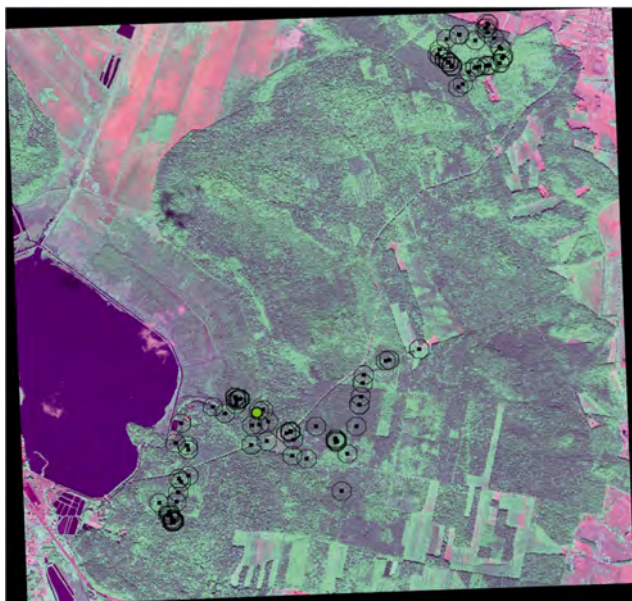


Рис. 1. Синтезований космічний знімок WorldView-2 з точками завіркової інформації

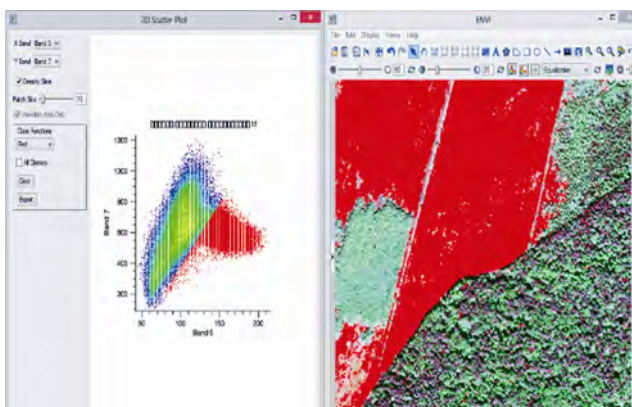


Рис. 2. Ґрунтова лінія та її параметри

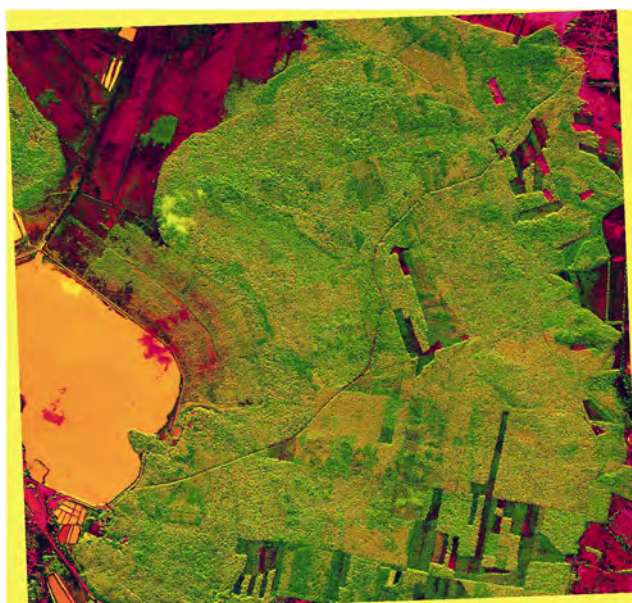
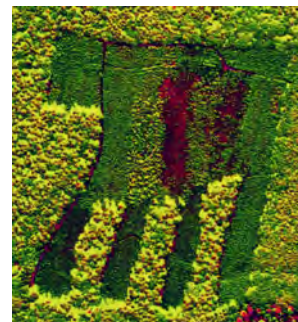
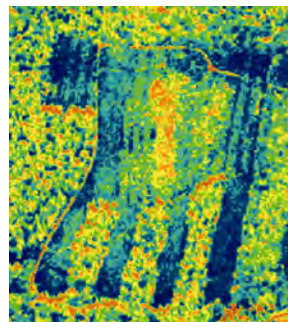
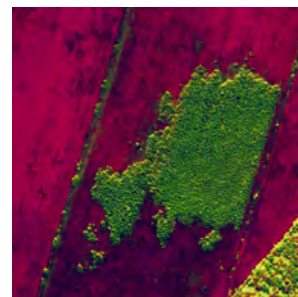
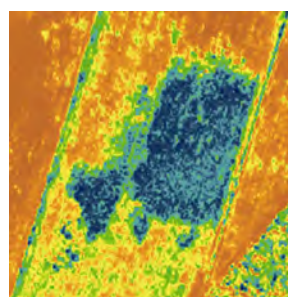


Рис. 3. Композиційне зображення, отримане з трьох вегетаційних індексів GEMI, PVI3, TSAVI



а



б

Рис. 4. Елементи зображень, отриманих на підставі вегетаційного індексу NDVI і композиційного знімка: а – вирубки лісу; б – ґрунти та лісова рослинність

На створеному зображенні (рис. 3) значно краще розрізняються види дерев, віковий склад, чітко виділяються границі між різними об'єктами, мінімізовано вплив підстильної поверхні. Покажемо для порівняння зображення деяких елементів, отриманих за індексами NDVI та із композиційного знімка.

Непорівнянно краще розрізняються не тільки старі й молоді листяні та хвойні ліси (рис. 4), чітко ідентифікуються вирубки, за рослинністю можна простежити різночасовий їх характер.

### Висновки

1. За даними спектральних каналів космічного знімка із супутника WorldView-2 на підставі 30 вегетаційних індексів отримано нові зображення та виконано їх аналіз стосовно інтерпретаційних можливостей.

2. Встановлено інтерпретаційну перевагу зображень за вегетаційними індексами PVI, AVI, WDVI, MSVI, OSAVI, GEMI, ARVI, SARVI.

3. Композиційне зображення, створене на підставі трьох вегетаційних індексів GEMI, PVI3, TSAVI, дає можливість ефективніше розрізнати віковий склад лісу, чітко розмежувати рослинність, ґрунти та підстильну поверхню.

### Література

1. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / за ред. В.І. Лялько та М.О. Попова. – К. : Наукова думка, 2006. – 360 с.

2. Бурштинська Х.В. Аерокосмічні знімальні системи: підручник / Х.В. Бурштинська, С.А. Станкевич. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2013.

3. Жумарь А.Ю. Исследование влияния параметров растительного покрова на положение максимума наклона “красного края” // Исслед. Земли из космоса. – 1992. – № 4. – С. 15–20.

4. Кохан С.С. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи: підручник / С.С. Кохан, А.Б. Востоков. – К. : Вища шк., 2009. – 511 с.

5. Застосування ГІС технологій для вивчення екології лісових масивів за багатозональними космічними знімками (на прикладі Зони відчуження ЧАЕС) / В.І. Лялько, О.І. Сахацький, А.Я. Ходоровський та ін. / Гіс-Форум 99: матеріал конф., Київ, 10–12 листоп. 1999 р. – К. : ГІС-Асоціація України, 1999. – С. 174–179.

6. Миклуш С.І. Дистанційне зондування Землі в лісовому господарстві: навч. посіб. / С.І. Миклуш, С.А. Гаврилюк, О.Г. Часковський. – Львів : ЗУКЦ, 2012. – 324 с.

7. Andersen G.L. Classification and estimation of Forests and Vegetation Variables in Optical High Resolution Satellites: A Review of Methodologies. IR-98-085/October. – IISA, Laxenburg, Austria, 1998. – 20 p.

8. Atzberger C., Schierf M. Object – based stem density estimates in a Mid-European forest district based on artificial neural nets – Comparison of Landsat-TM and HyMAP performances // Geoinformation for European-wide Intergration: Proceed. Of the 22-nd Symp. of the EARSeL, Prague, 4–6 June 2002. – Rotterdam: Millpress, 2003. – P. 413–418.

9. Buschamann C., Nagel E. In vivo spectroscopy and internal optics of leaves as basis for the remote sensing of vegetation // Int. J. of Remote Sensing. – 1993. – 14. – P. 711–722.

10. Congalton R. A Review of Assessing of Accuracy of Classification of Remote Sensing Data // Remote Sensing of Environment. – 1991. – N 37. – P. 35–46.

11. Guyot G., Baret F. Utilisation de la haute resolution spectrale pour suivre l'etat des couvert vegetaux // Proc. Of the 14-th Int. Colloq. Of Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing. – Noordwijk: ESA SP 287, 1998. – P. 279–286.

12. Guyot G., Baret F., Jacquemoud S. Imaging spectroscopy for vegetation studies / F. Toselli, J. Bodechtel. Imaging Spectroscopy: Fundamentals and Prospective Application. – Brussels; Luxembourg: ECSC, EEC, EABC, 1992. – P. 145–165.

13. Jago R.A., Curran P.J. the effect of land contamination on the relationship between the red edge

and chlorophyll concentration of a grassland canopy // RSS'95: Remote Sensing in Action. – Nottingham: Rem. Sens. Soc., 1995. – P. 442–449.

14. Jago R.A., Curran P.J. Estimating canopy chlorophyll concentration from field and airborne spectra to infer levels of land contamination // RSS'97: Observations and Interaction. – Reading: Rem. Sens. Soc., 1997. – P. 274–279.

#### **Використання вегетаційних індексів для ідентифікації об'єктів земної поверхні**

Б. Бардиш, Х. Бурштинська

Розглянуто 30 вегетаційних індексів, які використовують для отримання нових зображень. Їх згруповано за класами: індекси рослинності; індекси, які враховують вплив ґрунтової лінії; індекси, які враховують вплив атмосфери.

Проаналізовано ефективність використання конкретних вегетаційних індексів для інтерпретації об'єктів земної поверхні (переважно лісів), отриманих за космічним знімком із супутника WorldView-2.

#### **Использование вегетационных индексов для идентификации объектов земной поверхности**

Б. Бардыш, Х. Бурштинская

Рассмотрено 30 вегетационных индексов, используемых для получения новых изображений. Они сгруппированы по классам: индексы растительного покрова, учитывающие влияние грунтовой линии и учитывающие влияние атмосферы.

Проанализировано эффективность использования конкретных вегетационных индексов для интерпретации объектов земной поверхности (преимущественно лесов), полученных по космическому снимку из спутника WorldView-2.

#### **Using vegetation indices to identify objects on the earth surface**

B. Bardysh, Kh. Burshtynskaya

The paper considers 30 vegetation indices that are used to produce new images. Indices are grouped by classes: improving interpretation of vegetation, taking into account the influence of soil lines and considering the influence of the atmosphere.

An analysis of the effectiveness of the use of specific vegetation indices for the interpretation of objects on the surface, mainly forests, obtained by space images from WorldView-2 satellite.



GEOSPATIAL & ENGINEERING INTERNATIONAL CONFERENCE  
 ENTERING & EXPANDING GLOBAL BUSINESS OPPORTUNITIES  
 SEPTEMBER 25-26, 2014  
 WESTIN HOTEL  
 ALEXANDRIA, VA  
[www.mapps.org/page/GeoInternatMainPage](http://www.mapps.org/page/GeoInternatMainPage)