




original article | UDC 595.142 | doi: 10.31210/visnyk2020.04.01

MODELING SPATIAL VARIATION OF VEGETATION COVER DIVERSITY WITH THE HELP OF REMOTE LAND SOUNDING

O. Yu. Dyachenko*

ORCID  [0000-0003-0113-9998](https://orcid.org/0000-0003-0113-9998)

O. O. Laslo

ORCID  [0000-0002-0101-4442](https://orcid.org/0000-0002-0101-4442)

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: ksenijadichenko84@ukr.net

How to Cite

Dyachenko, O. Yu., & Laslo, O. O. (2020). Modeling spatial variation of vegetation cover diversity with the help of remote land sounding. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (4), 13–20. doi: 10.31210/visnyk2020.04.01

Methodical approaches have been developed for applying the data of remote sounding the Earth spectroradiometer MODIS of Terra artificial satellite. It is visually possible to estimate a natural trend on phytomass increase throughout the spring period, and also the law of spatial distribution of front plant biomass increase. We can observe that in the southern areas, plant growth activation occurs earlier, than in the north. River valleys are also the zone of plant cover activity. In the end of spring, the distribution of NDVI index value becomes more evened owing to the vegetation beginning on agricultural lands. The analysis of the resulted data testifies that the general trend of NDVI index dynamics is similar in different types of plant cover. The index is minimal in the second half of winter, then there is an increase throughout all spring to the first half of summer then there is a gradual reduction till the end of autumn when the speed of decrease becomes more intensive. The derivative analysis allows to define more accurately the critical periods in vegetation phenology. On the schedule of a derivative the maximum corresponds to the greatest local speed of phytomass, increase and a minimum – the greatest speed of phytomass decrease. The point of section with an axis of abscisses corresponds to the schedule extremums: a maximum, a minimum or an excess. The analysis of the received data testifies that against the general similarity of phytomass dynamics within administrative areas it is possible to establish the periods when the greatest differences between them are observed. Features of dynamics are most accurately shown at graphic of the displayed speeds of dynamics in time (derivative) of NDVI index. So, the speed of decrease in phytomass in the end of the winter period essentially differs in various administrative areas. Differences are observed also at the beginning of the spring period which can be defined as a maximum rate of phytomass growth. The second peak marks the period of “agricultural spring” when crops actively grow. This period is accurately designated on schedules, but here areas differ a little. “Phenological summer” comes when the period of active accumulation of phytomass changes the period of its decrease. On the schedule of NDVI index, it is difficult to define precisely this period, and on the derivative schedule the corresponding point of section on an axis of abscisses is precisely defined. Accordingly, on indicators of phenological summer, essential differences between areas are observed. As a result of differences between areas which are established for dynamics of NDVI index it is possible to explain the peculiarities of a number of harmful insects dynamics. The landscape ecological diversity of the territory can be interpreted in terms of dynamics of plant cover. Each type of landscape cover forms specific time pattern of vegetation dynamics. Phenological dynamics under rather constant landscape conditions within the certain time period can differ year from a year.

Key words: vegetation, NDVI index, vegetation cover, spatial agro-ecology, ecosystem dynamics.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВОГО ВАРІОВАННЯ РІЗНОМАНІТТЯ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ЗА ДОПОМОГОЮ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

О. Ю. Диченко, О. О. Ласло

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Розроблено методичні підходи для застосування даних дистанційного зондування земного спектра радіометра MODIS штучного супутника Terra. На основі первинної інформації, яка отримується при фотографуванні поверхні Землі, в рамках проекту MODIS існує значний перелік похідних продуктів. Одним з них є продукт MOD13Q1. Він містить інформацію про просторову динаміку вегетативного індексу NDVI з періодичністю 16 днів з окремою здатністю 250. Дані про вегетативні показники застосовуються для моделювання біогеохімічних та гідрологічних процесів, а також глобального та регіонального клімату. Ці дані також можуть бути використані для характеристики біофізичних властивостей поверхні Землі та таких процесів, як первинне виробництво екосистем та перетворення наземного покриву. Установлено закономірний тренд збільшення фітомаси протягом весняного періоду, а також закономірності просторового розподілу фронту нарощування біомаси рослин. Зоною активності рослинного покриву є долини рік. Наприкінці весни розподіл значення індексу NDVI стає більш вирівняним унаслідок початку вегетації на сільськогосподарських угіддях. Відмінності між районами, які встановлені для динаміки індексу NDVI, можна застосувати для пояснення особливостей динаміки чисельності шкідливих комах. Вірогідно різна динаміка фенологічних фаз у різних територіях області може бути маркером кліматичних змін, а також стану рослинного покриву, що відображається зокрема фенологічною динамікою, може безпосередньо впливати на популяції шкідників або хижих тварини, які контролюють чисельність фітофагів. Ландшафтно-екологічне різноманіття території може бути інтерпретоване в термінах динаміки рослинного покриву. Кожний тип ландшафтного покриву формує специфічний часовий патерн динаміки рослинності. Фенологічна динаміка при відносно константній ландшафтній обстановці в межах певного часового періоду може відрізнятися рік у рік. «Дозволений діапазон» відхилень фенологічної динаміки визначається типом ландшафтно-екологічного покриву.

Ключові слова: *вегетаційний індекс NDVI, рослинний покрив, просторова агроекологія, динаміка екосистем.*

Вступ

Ядром сучасного ландшафтознавства як природничої науки про землю є дослідження правил міжкомпонентних відносин у просторі-часі [1–3]. Концепція про елементарні ґрунтові процеси, що у своїй основі сформульована І. П. Герасимовим і М. А. Глазовською [4] і найбільш широко розвинена Ф. І. Козловським [5] як уявлення про ландшафтні або геосистемні елементарні процеси. Цю концепцію можна розглядати як природний для натураліста підхід редукції системи до її незалежних основ або частин [6–8].

Як зазначають Д. Н. Козлов і співавтори [9], можливості дослідження істотно розширюються при сполученні наземних польових вимірювань і дистанційної інформації. Остання розглядається не як засіб для дешифрування апріорі існуючих образів стану земної поверхні, а як система вимірювання її фізичних властивостей через величини відбитої сонячної радіації в різних спектральних зонах [10–13]. Поряд з дистанційною інформацією природно розглядати цифрові моделі рельєфу, що потенційно відбивають просторовий перерозподіл тепла, твердого й рідкого стоку [1, 9, 10].

Перетворення сонячної енергії, представленої за допомогою спектрозональних дистанційних вимірювань, можна трактувати як інтегральний ландшафтний процес. Завдання дослідження – розчленувати його на елементарні ландшафтні процеси в розумінні їх Ф. І. Козловським [5]. Елементарний процес – це методологічний прийом подання динаміки складної реальної системи, даної спостерегачеві сукупно спостережуваних або вимірюваних змінних, а функціональний простір – є моделлю явища у просторі фізично осмислених матеріальних тіл або сил. Водночас ми розраховуємо, що перше є в остаточному підсумку відображення другого [6, 14, 15].

Досліджувати, ґрунтуючись на цьому, ландшафтовірні фактори, можна, зважаючи на два основні підходи [9, 16]. Перший – інтегральний, при якому При цьому дистанційним спектрозональним вимірюванням і властивостям рельєфу ставляться у відповідність деякі класи станів якої-небудь типологі-

чної класифікації компоненту (наприклад, групи асоціацій рослинності, види ґрунтів тощо). Другий – редуцціоністський (парціальний), при якому розглядаються елементарні вимірювані властивості кожного компонента (наприклад, висота лісу, частка участі конкретного виду в рослинному покриві або які-небудь характеристики його багатства, потужність гумусового шару, вологість ґрунту на певній глибині й т. ін.). Ці два підходи не суперечать один одному й, у кінцевому підсумку, на їх основі необхідно одержати відображення станів у просторі тих самих ландшафтних процесів. До того ж як гіпотезу можна розглянути, що, якщо на основі цих двох підходів отримані однакові відображення, то в системі не виявлені емерджентні властивості [17].

Найважливішою особливістю просторової мінливості фітомаси в агроценозах при природній і традиційній системах землеробства є збільшення ролі тренда та локальної автокореляції при сезонному збільшенні фітомаси, що маркується за допомогою індексу NDVI. У результаті більш щільне рослинне угруповання стає більш просторово структурованим. Зі збільшенням фітомаси у процесі вегетації фактори різної природи й різного масштабного рівня все більшою мірою здійснюють свій обмежуючий вплив [1].

Головною ціллю Європейської комісії «Глобальний покрив Землі 2000» було створити 2000 року глобальну гармонізовану базу даних покриву для всієї планети. Результати GLC 2000 класифікації типів поверхні Землі мають просторову точність 1 км. Пізніше були створені продукти, які надають можливість щорічно одержувати інформацію щодо структури типів покриву Землі. Наприклад, продукт MODIS (MCD12Q1) містить щорічну інформацію про структури покриву Землі та має роздільну здатність 500 м. Первинна схема класифікації земної поверхні, яка міститься у продукті MCD12Q1, це – IGBP (International Geosphere Biosphere Programme – Міжнародна геосферно-біосферна програма) [17]. Також цей продукт містить схему класифікації Мерилендського університету [18], Біомну класифікацію (Running et al., 1994), LAI/fPAR біомну класифікацію [19] та схему функціональних типів рослинності PFT (Plant functional type) [20].

Метою роботи є розробити процедури для оцінки варіювання у просторі та часі рослинного покриву засобами дистанційного зондування Землі на прикладі Полтавської області. Головним *завданням* досліджень було розробити модель для вирішення питань прогнозування урожайності сільсько-господарських культур та динаміки чисельності шкідників агроєкосистем.

Матеріали і методи досліджень

Важливим аспектом дослідження ролі екологічного оточення в динаміці чисельності шкідників є визначення ролі річної мінливості фітомаси рослинного покриву. Характеристика просторово-часової динаміки фітомаси є складною методичною проблемою, яка одержала своє вирішення в рамках технології обробки результатів дистанційного зондування поверхні Землі із космосу.

Ми розробили методичні підходи для застосування даних дистанційного зондування Землі зі спектродіаметру MODIS штучного супутника Терра. Зонд MODIS фотографує поверхню Землі у 36 діапазонах спектру з довжиною хвилі від 0,4 до 14,4 мкм та роздільною здатністю від 250 м до 1 км. Призначений для спостереження за глобальною динамікою Землі – мінливістю хмарності, радіаційний баланс та процеси, які відбуваються в океанах, на суходолі, у нижніх шарах атмосфери. На основі первинної інформації, яка одержується при фотографуванні поверхні Землі, у рамках проекту MODIS одержується значний перелік похідних продуктів. Одним з них є продукт MOD13Q1. Він містить інформацію про просторову мінливість вегетаційного індексу NDVI з періодичністю 16 діб з роздільною здатністю 250 м. Дані про вегетаційні індекси застосовуються для моделювання біогеохімічних та гідрологічних процесів, а також глобального та регіонального клімату. Ці дані також можуть бути використані для характеристики біофізичних властивостей поверхні Землі та таких процесів, як первинна продукція екосистем та трансформація земного покриву. Продукт MOD13Q1 розміщений у колекторі <http://e4ftl01.cr.usgs.gov/MOTA/> або може бути завантажений за допомогою сервісів *EarthExplorer* (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) або *USGS Global Visualization Viewer* (<http://glovis.usgs.gov/>).

Дані MODIS знаходяться у форматі HDF (*Hierarchical Data Format*) – ієрархічний формат даних. Цей формат розроблений для збереження значної кількості цифрової інформації. Конверсія файлів з формату HDF в формат TIFF була зроблена у середовищі R (<http://www.r-project.org/>) за допомогою бібліотеки *gdalUtils* (http://www.gdal.org/gdal_translate.html).

Територія Полтавської області знаходиться у межах двох сцен MODIS – h20v3 та h20v4, внаслідок

цього необхідна операція мозаїчного об'єднання сцен в одне зображення. Це було зроблено у програмі ArcMap за допомогою функції Merge. За допомогою алгебри растрів зображення було обрізане за розмірами Полтавської області, яке було створене як векторний полігональний об'єкт. У роботі адміністративні райони Полтавської області позначені таким чином: 1 – Великобагачанський; 2 – Гадяцький; 3 – Глобинський; 4 – Гребінківський; 5 – Диканський; 6 – Зіньківський; 7 – Карлівський; 8 – Кобеляцький; 9 – Козельщинський; 10 – Котелевський; 11 – Кременчуцький; 12 – Лохвицький; 13 – Лубенський; 14 – Машівський; 15 – Миргородський; 16 – Новосанжарський; 17 – Оржицький; 18 – Пирятинський; 19 – Полтавський; 20 – Решетилівський; 21 – Семенівський; 22 – Хорольський; 23 – Чорнухинський; 24 – Чутівський; 25 – Шишацький. Векторна карта Полтавської області з картами адміністративних районів була завантажена із сервісу *DIVA-GIS* (<http://www.diva-gis.org/gdata>).

Для відображення динаміки індексу NDVI застосовано два підходи: це власне динаміка та похідна, яка одержана внаслідок числового диференціювання попереднього ряду даних:

$$\frac{dNDVI_i}{dt} = \frac{NDVI_{i+1} - NDVI_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}},$$

де $\frac{dNDVI_i}{dt}$ – швидкість зміни індексу NDVI в момент часу i ; $NDVI_{i+1}$ та $NDVI_{i-1}$ – значення індексу

в моменти часу t_{i+1} та t_{i-1} .

Періодичність знімання 16 діб дає змогу одержати 22 сцени на рік. Ми одержали та опрацювали інформацію з динаміки індексу NDVI в межах Полтавської області за три роки – 2012–2014 рр. Загалом опрацьовано 44 сцени MODIS.

Результати досліджень та їх обговорення

На рисунку 1 показана динаміка мінливості індексу NDVI протягом перших вісьмох дат зйомки – з 19 січня по 11 травня.

Наведені картографічні дані дають уявлення про можливості підходу та основні тренди варіювання фітомаси рослинного покриву, оціненого на основі індексу NDVI. Більшу інформацію за інші періоди тільки в ілюстративних цілях, ми вважаємо, наводити недоцільно. Візуально можна оцінити закономірний тренд зі збільшення фітомаси протягом весняного періоду, а також закономірності просторового розподілення фронту нарощування біомаси рослин. Видно, що на півдні області активізація росту рослин відбувається раніше, ніж на півночі. Також осередками активності рослинного покриву є долини річок. Наприкінці весни розподіл значення індексу NDVI стає більш вирівняним унаслідок початку вегетації на сільськогосподарських угіддях.

На рисунку 2 наведена річна динаміка індексу NDVI в різних типах рослинного покриву. Застосована класифікація типів земного покриву PFT.

Отримані дані свідчать про те, що загальний тренд мінливості індексу NDVI подібний у різних типах рослинного покриву. Це мінімум значення індексу у другій половині зими, потім відбувається збільшення протягом усієї весни до першої половини літа, після чого відбувається поступове зменшення до кінця осені, коли швидкість зменшення стає більш інтенсивною. Аналіз похідної дозволяє більш чітко визначити критичні періоди у фенології рослинності. На графіку похідної максимум відповідає найбільшій локальній швидкості нарощування фітомаси, а мінімум – найбільшій швидкості зниження фітомаси. Точка перетину графіку з віссю абсцис відповідає екстремуму: максимуму, мінімуму або перетину.

Розбіжності типів покриву стосуються загального рівня індексу, який є специфічним для типів покриву, а також деяких особливостей форми динаміки. Так, водна поверхня та деградовані землі характеризуються найменшими рівнями індексу NDVI протягом року. За цією особливістю вказані типи покриву принципово відрізняються від інших типів. Серед сукупності інших типів урбанізовані землі мають низький рівень фіто маси, визначений в термінах індексу NDVI. Широколистяні та змішані ліси характеризуються найвищою фітомасою. Вузьколісті та широколісті культури відрізняються порівняно малим рівнем індексу NDVI порівняно з природними екосистемами протягом усього року, за винятком середньої частини літа, коли відбувається значне зростання індексу NDVI. Динаміка індексу NDVI в цих типах сільгоспугідь дуже подібна, але спостерігається розбіжність у часі згаданого максимуму фітомаси. Пік фітомаси широколистяних культур спостерігається дещо раніше, ніж вузьколистяних.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

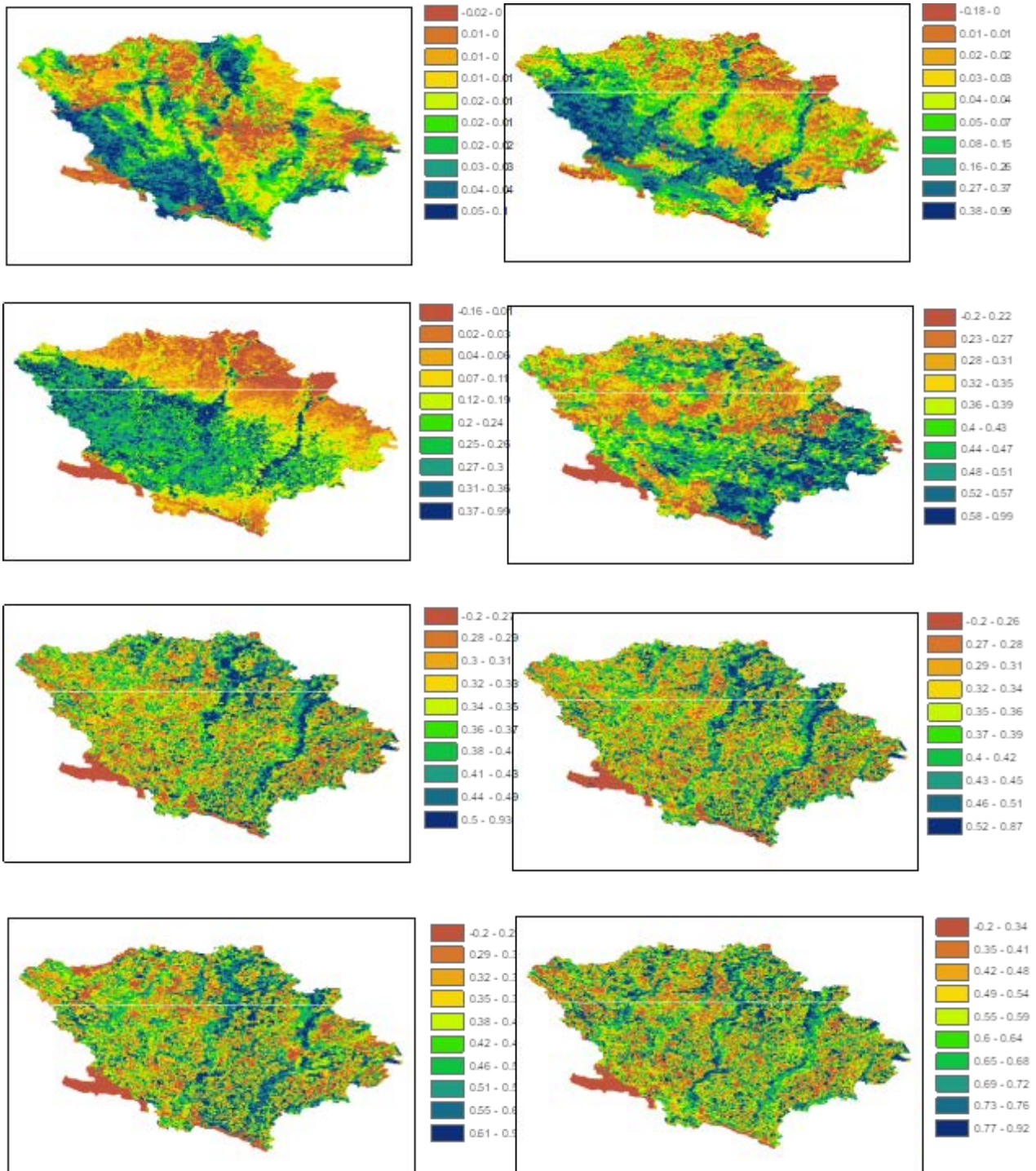


Рис. 1. Просторове варіювання індексу NDVI в межах Полтавської області
Умовні позначення: 1 – 18 доба с початку року (19 січня); 2 – 38 доба (8 лютого); 3 – 50 доба (20 лютого); 4 – 66 доба (8 березня); 5 – 86 доба (28 березня); 6 – 98 доба (9 квітня); 7 – 114 доба (28 квітня); 8 – 130 доба (11 травня).

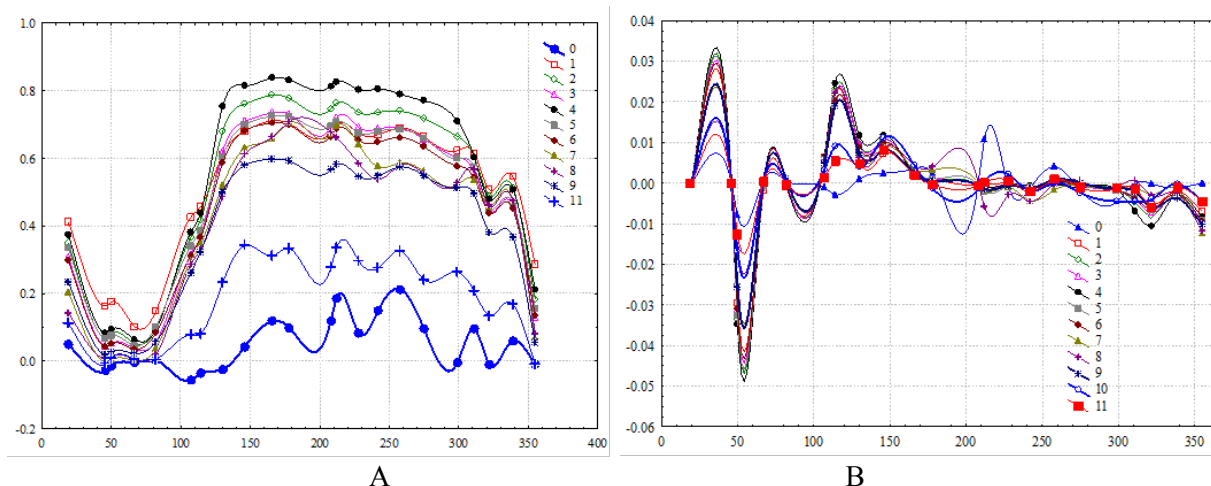


Рис. 2. Динаміка індексу NDVI (А) швидкість його приросту в одиницю часу (В) по типах покриття Землі (PFT) в межах області

Умовні позначення: ось абсцис – порядок доби з початку року

Проведений аналіз свідчить про таке. Ландшафтно-екологічне різноманіття території може бути інтерпретоване в термінах динаміки рослинного покриття. Кожен тип ландшафтного покриття формує специфічний часовий патерн динаміки рослинності. Ця фенологічна динаміка при відносно константній ландшафтній обстановці в межах певного часового періоду може відрізнитися кожного року. «Дозволений діапазон» відхилень фенологічної динаміки визначається типом ландшафтно-екологічного покриття. Конкретна реалізація залежить від характеру типологічно визначеного модусу реакції ландшафтної системи на кліматичну обстановку з плином часу протягом цього року. Біогеоценологія постулює наявність функціонального зв'язку зооценозу з фітоценозом та кліматоном. Але загальна концепція про всебічний зв'язок усього зі всім потребує визначення конкретної форми цього зв'язку.

Аналіз одержаних даних щодо динаміки індексу NDVI по районах Полтавської області, свідчить про те, що на фоні загальної подібності динаміки фітомаси в межах адміністративних районів можна встановити періоди, коли спостерігаються найбільші відмінності між ними. Особливості динаміки найбільш чітко проявляються при графічному відображенні швидкості мінливості у часі (похідної) індексу NDVI. Так, швидкість зниження фітомаси в кінці зимового періоду суттєво відрізняється в адміністративних районах області. Відмінності спостерігаються також по термінах початку весняного періоду, який можна визначити по максимуму швидкості зростання фітомаси. Цей період чітко маркується піком на графіку похідної на 100–120 добу року. Другий пік маркує період «сільськогосподарської весни», коли активно сходять посіви. Цей період чітко позначений на графіках, але за ним райони мало відрізняються між собою. «Фенологічне літо» настає, коли період активного накопичення фітомаси змінюється періодом її зниження. На графіку індексу NDVI важко точно визначити цей період, а на графіку похідної точно визначається відповідна точка перетину вісі абсцис. Цей момент відбувається в районах у різний період з діапазоном 180–240 діб із початку року. Відповідно, за показником фенологічного літа спостерігаються суттєві відмінності між районами.

Відмінності між районами, які встановлені для динаміки індексу NDVI, можна застосувати для пояснення особливостей динаміки чисельності шкідливих комах. Вірогідно, різна динаміка фенологічних фаз у різних територіях області може бути маркером кліматичних змін, а також власне стан рослинного покриття, який відображається у тому числі фенологічною динамікою, може безпосередньо впливати на популяції шкідників або хижих тварин, які контролюють чисельність фітофагів.

Висновки

1. Дані дистанційного зондування поверхні Землі MODIS надають вичерпну інформацію про динаміку рослинного покриття в часі та просторі на масштабному рівні регіону та адміністративних районів.

2. Похідна, яка одержана внаслідок числового диференціювання ряду зональних індексів NDVI

дає змогу більш чітко визначити критичні періоди у фенології рослинності.

3. Ландшафтно-екологічне різноманіття території може бути інтерпретоване в термінах динаміки рослинного покриву. Кожен тип ландшафтного покриву формулює специфічний часовий патерн динаміки рослинності.

4. Фенологічна динаміка при відносно константній ландшафтній обстановці в межах певного часового періоду може відрізнятися кожного року. «Дозволений діапазон» відхилень фенологічної динаміки визначається типом ландшафтно-екологічного покриву.

Перспективи подальших досліджень. Проведені дослідження є основою для встановлення залежності рівня варіювання шкідливих комах від ландшафтно-екологічного різноманіття та визначення характеру впливу динаміки ландшафтно-екологічного покриву на динаміку популяцій шкідливих комах. Розроблені методичні підходи для застосування даних дистанційного зондування земного спектродіаметра MODIS штучного супутника Terra дають змогу провести оцінку поточного стану рослинності.

References

1. Zhukov, A. V., Kunah, O. N., Zadorozhnaya, G. A., & Andrusevich, E. V. (2013). Landshaftnaya ekologiya kak osnova prostranstvennogo analiza produktivnosti agrocenozov. *Ekologiya ta Noosferologiya*, 24 (1-2), 68–80 [In Ukrainian].
2. Running, S. W., Loveland, T. R., & Pierce, L. L. (1994). A vegetation classification logic-based on remote-sensing for use in global biogeochemical models. *Ambio*, 23 (1), 77–81.
3. Horoshev, A. V., Puzachenko, Yu. G., & Dyakonov, K. N. (2006). Sovremennoe sostoyanie landshaftnoj ekologii. *Yzvestiya RAN. Seryia Geografiya*, 5, 12–21 [In Russian].
4. Gerasimov, I. P., & Glazovskaya, M. A. (1960). *Osnovy pochvovedeniya i geografii pochv: uchebnik*. Moskva [In Russian].
5. Kozlovskij, F. I. (2003). *Teoriya i metody izucheniya pochvennogo pokrova: kniga*. Moskva: GEOS [In Russian].
6. Puzachenko, Yu. G., Fedyeva, M. V., Kozlov, D. N., & Puzachenko, M. Yu. (2006). Metodologicheskie osnovaniya otobrazheniya elementarnyh geosistemnyh processov. In *Sovremennye estestvennye i antropogennye processy v pochvah i geosistemah*. Moskva: Izdatelstvo RASHN [In Russian].
7. Ekologichnij pasport Poltavskoyi oblasti (2018 rik) (2019). *Departament ekologiyi ta prirodnih resursiv Poltavskoyu ODA*. Poltava [In Ukrainian].
8. Gerding, J., Kirshy, M., Moran, J. W., Bialek, R., Lamers, V., & Sarisky, J. (2016). A Performance Management Initiative for Local Health Department Vector Control Programs. *Environmental Health Insights*, 10, 113–118. doi: 10.4137/ehi.s39805
9. Kozlov, D. N., Puzachenko, M. Yu., Fedyeva, M. B., & Puzachenko, Yu. G. (2008). Otobrazhenie prostranstvennogo varirovaniya svoystv landshaftnogo pokrova na osnove distancionnoj informacii i cifrovoj modeli reliefa. *Izvestiya Rossijskoj Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 4, 112–124 [In Russian].
10. Demidov, A. A., Kobec, A. S., Grican, Yu. I., & Zhukov, A. V. (2013). *Prostranstvennaya agroekologiya i rekultivaciya zemel: monografiya*. Dnepropetrovsk: Svidler A. L. [In Ukrainian].
11. Forrester, J. W. (2010). *System Dynamics: the Foundation Under Systems Thinking*. Cambridge, MA: Sloan School of Management Massachusetts Institute of Technology Cambridge.
12. Wierzbicki, A. P., Makowski, M., & Wessels, J. (Eds.). (2000). *Model-Based Decision Support Methodology with Environmental Applications*. doi: 10.1007/978-94-015-9552-0
13. Prokopenko, O. M. (Red.). (2019). *Statistichnij zbirnik «Dovkilliya Ukrayini» za 2018 rik*. Kiyiv [In Ukrainian].
14. Amos, R. T., Blowes, D. W., Bailey, B. L., Sego, D. C., Smith, L., & Ritchie, A. I. M. (2015). Waste-rock hydrogeology and geochemistry. *Applied Geochemistry*, 57, 140–156. doi: 10.1016/j.apgeochem.2014.06.020
15. Onyshchenko, V. O., Holik, Y. S., & Illiash, O. E. (2012). *Rehionalna prohrama okhorony dovkillia, ratsionalnogo vykorystannia pryrodnykh resursiv ta zabezpechennia ekolohichnoi bezpeky z urakhuvanniam rehionalnykh priorytetiv Poltavskoi oblasti*. Poltava: PolNTU [In Ukrainian].
16. Kozlov, D. N. (2006). Inventarizaciya landshaftnogo pokrova metodami prostranstvennogo analiza dlya celej landshaftnogo planirovaniya. *Landshaftnoe planirovanie. Obshie osnovaniya. Metodologiya. Tehnologiya: trudy mezhdunarodnoi konferentsyy g. Moskva, 2006 g.* Moskva [In Russian].

17. Belward, A. S., Belward, A. S., Estes, J. E., & Kline, K. D. (1999). The IGBP-DIS Global 1-km Land-Cover Data Set DISCover: A Project Overview. *Photogrammetric, Engineering and Remote Sensing*, 65, 1013–1020.

18. Hansen, M. C., Defries, R. S., Townshend, J. R. G., & Sohlberg, R. (2000). Global land cover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. *International Journal of Remote Sensing*, 21 (6-7), 1331–1364. doi: 10.1080/014311600210209

19. Myneni, R. B., Ramakrishna, R., Nemani, R., & Running, S. W. (1997). Estimation of global leaf area index and absorbed PAR using radiative transfer models. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 35 (6), 1380–1393. doi: 10.1109/36.649788

20. Bonan, G. B., Oleson, K. W., Vertenstein, M., Levis, S., Zeng, X., Dai, Y., Dickinson, R. E., & Yang, Z. (2002). The Land Surface Climatology of the Community Land Model Coupled to the NCAR Community Climate Model. *Journal of Climate*, 15, 3123–3149. doi: 10.1175/1520-0442(2002)015<3123:TLSCOT>2.0.CO;2

Стаття надійшла до редакції 29.09.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Диченко О. Ю., Ласло О. О. Моделювання просторового варіювання різноманіття рослинного покриття за допомогою даних дистанційного зондування землі. *Вісник ПДАА*. 2020. № 4. С. 13–20.

© Диченко Оксана Юріївна, Ласло Оксана Олександрівна, 2020