

ІНТЕГРАЦІЯ КЛІМАТИЧНИХ ДАНИХ У ГЕОПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІН РОСЛИННОГО ПОКРИВУ

У роботі проаналізовано ключові аспекти інтеграції кліматичних показників у геопросторовий аналіз задля прогнозування динаміки змін рослинного покриву. Розглянуто кейси успішного використання кліматичних параметрів у геопросторовому аналізі динаміки рослинного покриву окремих регіонів світу.

Ключові слова: кліматичні чинники, дистанційне зондування, моделювання, геоінформаційні системи, рослинність.

The paper analyzes the key aspects of integrating climatic indicators into geospatial analysis for forecasting the dynamics of vegetation cover changes. Cases of successful use of climatic parameters in geospatial analysis of vegetation dynamics in specific regions of the world are reviewed.

Key words: climatic factors, remote sensing, modeling, geographic information systems, vegetation.

Постановка проблеми. Зміна клімату призводить до істотних змін у рослинному покриву, що вимагає нових підходів до прогнозування цих зрушень. Інтегрування кліматичних даних у геопросторовий аналіз дозволить ефективніше, у порівнянні з традиційними методами моделювати динаміку таких змін. Такий підхід дозволить не лише підвищити рівень точності прогнозування впливу кліматичних змін на рослинний покрив, але й дасть змогу розробити науково-обґрунтовані заходи щодо управління та збереження екосистем в умовах глобальних кліматичних змін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багато сучасних наукових робіт акцентують увагу на застосуванні дистанційного зондування у процесі моніторингу природних екосистем, зокрема з використанням даних від ESA (Sentinel) та NASA (Landsat, MODIS) [3, с. 35]. Дослідження індексу NDVI є головною темою сучасних наукових досліджень, оскільки він дозволяє оцінювати розвиток рослинного покриву під впливом кліматичних змін [1, с. 210]. Існуючі дослідження, також акцентують увагу на важливості кліматичних моделей у такому прогнозуванні, зокрема на CMIP6, оскільки вони дають змогу оцінити можливу трансформацію температурних та опадових режимів у різних країнах та регіонах світу. Важливим аспектом наукових досліджень з означеної тематики є вплив екстремальних погодних явищ, таких як посухи та повені на деградацію природних ландшафтів, які виникають внаслідок кліматичних змін [6, р. 75]. У цьому контексті, сучасні інструменти просторово-часового моделювання є досить ефективними для розробки заходів з сталого управління природними ресурсами, зокрема рослинним покривом.

Постановка завдання. Метою дослідження є вивчення інтеграції кліматичних даних у геопросторовий аналіз задля прогнозування динаміки змін рослинного покриву. Відповідно до мети, перед нами було поставлено та вирішено наступні завдання: виявити кліматичні чинники, що впливають на зміну рослинного покриву; розглянути успішні кейси застосування кліматичних даних у моделюванні та прогнозуванні змін рослинності у світі; проаналізувати етапи моделювання при дослідженні рослинного покриву з урахуванням кліматичного чинника.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для збереження та розвитку рослинного покриву досить важливими є кліматичні фактори. На процеси водного балансу, фотосинтезу та фази розвитку тих чи інших рослин головним чином впливають такі кліматичні чинники, як: рівень вологості, розподіл та кількість опадів, тривалість світлового дня та температурний режим. Зазначимо, що збільшення середньорічної температури повітря, яке наявне у більшості регіонів світу, сприяє поширенню ареалів теплолюбних видів рослин, і на противагу цьому – є причиною скорочення ареалів, які не пристосовані до високих температурних показників. Окрім цього, внаслідок кліматичних змін, по земній кулі спостерігаються екстремальні погодні явища, які також позначаються на змінах рослинного покриву.

Для прогнозування якісних та кількісних змін, у рослинному покриві тієї чи іншої території дуже важливим є аналіз того, як ті чи інші кліматичні фактори впливають один на одного у просторі та часі. Відстежувати означені процеси на великих площах дозволяє геопросторовий аналіз, де основою є використання супутникових знімків та інших джерел інформації [2].

Під геопросторовим аналізом, мається на увазі цілий набір технологій та широкий спектр методів, які дають змогу розглядати взаємовплив різних складових ландшафту. Основою геопросторового аналізу є кількісні та якісні дані, які отримані з дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), картографічних онлайн-ресурсів, географічних інформаційних систем (ГІС) та супутникових знімків. Всі зазначені інструменти, дають можливість прогнозувати та моделювати динаміку та зміну рослинного покриву, які ґрунтуються на наявних кліматичних сценаріях та даних.

Головною особливістю геопросторового аналізу є використання для моніторингу динаміки та поточного стану рослинного покриву супутникових знімків. Такі супутники як, Sentinel, Landsat та MODIS надають доволі високоточні знімки земної поверхні в різноманітних спектральних діапазонах. Така «високоточність» дозволяє науковцям здійснювати аналіз з високою точністю та малою вірогідністю похибок. Зокрема, за допомогою означених супутникових знімків, можна проаналізувати індикатор густоти рослинності – Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Тому, взаємна інтеграція кліматичних показників із супутниковими знімками дає можливість визначати поточний стан та динаміку зміни рослинного покриву у тій чи іншій точці Землі.

Інтеграція просторових характеристик місцевості та кліматичних даних дозволяє здійснювати моделювання тенденцій та змін рослинного покриву за допомогою статистичних моделей. Найбільш точними та популярними серед таких моделей є моделі машинного навчання, моделі регресійного типу та просторово-часові моделі. Зазначені моделі, зазвичай ґрунтуються на історичних даних і використовуються для розробки прогностичних сценаріїв майбутніх кліматичних змін та змін рослинного покриву.

До основних етапів моделювання динаміки змін рослинного покриву відносяться: збір даних, аналіз та обробка даних, моделювання та оцінка отриманих результатів.

Збір даних передбачає збирання інформації щодо кліматичних показників щодо температури та кількості опадів за певний період, а також отримання інформації щодо існуючих кліматичних моделей для отримання опадових та температурних прогнозів. Дані щодо стану та особливостей рослинного покриву на досліджуваній території зазвичай отримують або з наземних спостережень, або ж із супутникових знімків.

Наступним етапом дослідження є статистична обробка та аналіз зібраних даних. На цьому етапі, здійснюється інтерполяція зібраних кліматичних даних на геопросторові карти, що дозволяє розглядати динаміку змін рослинного покриву в залежності до кліматичних змін за певний проміжок часу.

Третій, і не менш важливий етап – процес моделювання. Він передбачає розробку просторово-часових моделей, які як враховують, так і передбачають зміни рослинного покриву у взаємозв'язку із кліматичними даними та моделями. Цей етап, має на меті спрогнозувати, як може змінитися рослинний покрив за різних сценаріїв розвитку кліматичних змін.

Останній етап – оцінка результатів. Цей етап дозволяє оцінити кінцеві результати процесу моделювання та розглянути особливості, потенційні загрози та можливості кліматичних змін для рослинного покриву тієї чи іншої території.

Протягом останнього десятиліття, інтеграція кліматичних показників у геопросторовий аналіз набула чималого розповсюдження у різних куточках планети. Зазначимо, що у деяких регіонах планети, уже було реалізовано подібні успішні проєкти, які були спрямовані на моделювання змін рослинного покриву внаслідок кліматичних зрушень. Зокрема, у Африці, а саме в Сахельському районі, де значної шкоди рослинному покриву завдають тривалі і повторювані посухи, було використано дані супутникових зображень задля оцінки та дослідження динаміки деградації ландшафтів на найбільш вразливих територіях [4, р. 7]. Розроблені геопросторові моделі дозволили виявити, що в Сахельському регіоні Африки відбуваються постійні підвищення температурних показників та критичне зменшення середньорічної кількості опадів, які негативно впливають на ареали багатьох видів рослин, а саме – відбувається

скорочення видів, внаслідок чого відбувається збідніння видового складу біорізноманіття.

Ще одним яскравим прикладом використання геопросторового аналізу для дослідження динаміки рослинного є його використання у проєктах дослідження лісових екосистем Південної Америки. У даному проєкті було застосовано геопросторовий аналіз для прогнозування наслідків кліматичних змін для амазонських лісів[5]. Розроблені кліматичні моделі та супутникові зміни показали, що зміна режиму опадів та тривале зростання температурного чинника призведе до поступового заміщення вологих амазонських лісів саванами, яке матиме значні як економічні, так і екологічні наслідки для Південної Америки.

Висновки. Результати дослідження свідчать, що інтеграція кліматичних показників та моделей у геопросторовий аналіз є потужним інструментом для оцінки поточного стану та прогнозування динаміки рослинного покриву на тій чи іншій території. Сучасні ГІС-технології та супутникові технології є основою для відстеження динаміки змін різноманітних екосистем у відповідь на кліматичні зрушення. Слід зазначити, що прогнозування за допомогою таких даних та інструментів дозволяє точно та «науково» визначити, як змінюється рослинний покрив під впливом кліматичного чинника, а також забезпечує розробку засобів та інструментів для розробки адаптивних заходів щодо пристосування до цих змін.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Байцима А. І., Талах М. В., Стратій В. І. Використання нормалізованого вегетаційного індексу для моніторингу стану рослинного покриву НПП Вишницький на основі даних супутникової зйомки. *Молодий вчений*. 2016. № 5. С. 208-213.
2. Бодня О. В., Овчаренко А. В., Черваньов І. Г. Геоекологічний аналіз короткочасних трендів зміни структури території НПП Слобожанський за даними космічної зйомки PlanetScore. *Вісник Харківського національного університету імені ВН Каразіна. Серія: Геологія. Географія. Екологія*. 2017. № 47. С. 176-181.
3. Мельник А. А., Ячнюк М. О. Застосування геоінформаційних технологій для спостереження за лісовим покривом. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Географічні науки*. 2022. № 16. С. 32-39. Doi: <https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2022-16-3>
4. Akpu B., Tanko A. I., Jeb D. N., Dogo B. Geospatial analysis of urban expansion and its impact on vegetation cover in Kaduna Metropolis, Nigeria. *Asian Journal of Environment and Ecology*. 2017. № 3(2). pp. 1-11. Doi: 10.9734/AJEE/2016/31149
5. MaS., Li Y., Zhang Y., Wang L. J., Jiang J., Zhang J. Distinguishing the relative contributions of climate and land use/cover changes to ecosystem services from a geospatial perspective. *Ecological Indicators*. 2022. № 136. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108645>
6. Mahajan D. M., Kale V. S. Spatial characteristics of vegetation cover based on remote sensing and geographical information system (GIS). *Tropical Ecology*. 2006. № 47(1). pp. 71-80.

Науковий керівник кандидат географічних наук, доцент Молікевич Р.С.