УДК 528.88:502

Томченко О. В., Хижняк А. В.

ВЕГЕТАЦІЙНІ ІНДЕКСИ, ЯК ІНСТРУМЕНТ ОЦІНКИ І МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ

Характерною ознакою стану рослинності є її спектральна відбивна здатність, що характеризується великими відмінностями у відображенні випромінювання різних довжин хвиль. Знання про зв'язок структури і стану рослинності з її спектральною відбивноюздатністю дозволяють використовувати матеріали дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для картографування та ідентифікації типів рослинності та її біологічної продуктивності.

Для роботи зі спектральною інформацією часто вдаються до створення так званих «індексних» зображень. "Спектральнііндекси",як показники особливостей відбиття сонячної радіації від різноманітних об’єктів земної поверхні в різних спектральних діапазонах, визначаються на підставі математичних операцій зі спектральними яскравостями знімальної системи, отриманими в різних каналах ДЗЗ.

Спектральні індекси,які використовуються для вивчення та оцінки стану рослинності, отримали загальноприйняту назву вегетаційних індексів (ВІ).В даний час існує близько 160 варіантів вегетаційних індексів. Індекси згруповані в категорії за властивостямирослинності, які вони характеризують. Нижче наведені найбільш відомі індекси оцінки стану поверхні Землі.

1. **BroadbandGreenness** – *індекси "зеленості", що розраховуються за даними у широких спектральних зонах:*

- Normalized Difference Vegetation Index

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$$

- Simple Ratio Index

$$SR = \frac{\rho_{NIR}}{\rho_{RED}}$$

- Enhanced Vegetation Index

$$EVI = 2{,}5\left(\frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + 6\rho_{RED} - 7{,}5\rho_{BLUE} + 1}\right)$$

- Atmospherically Resistant Vegetation Index

$$ARVI = \frac{\rho_{NIR} - (2\rho_{RED} - \rho_{BLUE})}{\rho_{NIR} + (2\rho_{RED} - \rho_{BLUE})}$$

- SumGreen Index

$$SGI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED} - \rho_{BLUE}}$$

2. **NarrowbandGreenness** – *індекси "зеленості", що розраховуються за даними у вузьких спектральних зонах:*

- Red Edge Normalized Difference Vegetation Index

$$NDVI_{705} = \frac{\rho_{750} - \rho_{705}}{\rho_{750} + \rho_{705}}$$

- Modified Red Edge Simple Ratio Index

$$mSR_{705} = \frac{\rho_{750} - \rho_{445}}{\rho_{705} + \rho_{445}}$$

- Modified Red Edge Normalized Difference Vegetation

$$mNDVI_{705} = \frac{\rho_{750} - \rho_{750}}{\rho_{750} + \rho_{705} - 2\rho_{445}}$$

- Vogelmann Red Edge Index 1

$$VOG1 = \frac{\rho_{740}}{\rho_{720}}$$

- Vogelmann Red Edge Index 2

$$VOG2 = \frac{\rho_{734} - \rho_{747}}{\rho_{715} + \rho_{720}}$$

- Vogelmann Red Edge Index 3

$$VOG3 = \frac{\rho_{734} - \rho_{747}}{\rho_{715} + \rho_{720}}$$

- Red Edge Position Index

$$REPI = NDVI_{205} + mSR_{205} + VOG1_{1} + VOG2 + VOG3$$

3. **Light Use Efficiency**– *індекси ефективності використання світла:*

- Photochemical Reflectance Index

$$PRI = \frac{\rho_{531} - \rho_{570}}{\rho_{531} + \rho_{570}}$$

- Structure Insensitive Pigment Index

$$SIPI = \frac{\rho_{900} - \rho_{445}}{\rho_{800} + \rho_{680}}$$

- Red Green Ratio Index

$$RGI = \frac{\rho_{green}}{\rho_{red}}$$

4. **CanopyNitrogen–** *індекс вмісту азоту в рослинному покриві:*

- Normalized Difference Nitrogen Index

$$NDNI = \frac{\log\left(\frac{1}{\rho_{1510}}\right) - \log\left(\frac{1}{\rho_{1680}}\right)}{\log\left(\frac{1}{\rho_{1510}}\right) + \log\left(\frac{1}{\rho_{1680}}\right)}$$

5. **Dry or Senescent Carbon** – *індекси вмісту вуглецю у вигляді лігніну і целюлози:*

- Normalized Difference Lignin Index

$$NDLI = \frac{\log\left(\frac{1}{\rho_{1754}}\right) - \log\left(\frac{1}{\rho_{1680}}\right)}{\log\left(\frac{1}{\rho_{1754}}\right) + \log\left(\frac{1}{\rho_{1680}}\right)}$$

- Cellulose Absorption Index

$$CAI = 0{,}5\left(\rho 2000 + \rho 2200\right) - \rho 2100$$

- Plant Senescence Reflectance Index

$$PSRI = \frac{\rho_{680} - \rho_{500}}{\rho_{750}}$$

6. **Leaf Pigments** –*індекси вмісту пігментів(каротиноїдівтаантоціанів):*

- Carotenoid Reflectance Index 1

$$CRI1 = \left(\frac{1}{\rho_{510}}\right) - \left(\frac{1}{\rho_{550}}\right)$$

- Carotenoid Reflectance Index 2

$$CRI2 = \left(\frac{1}{\rho_{510}}\right) - \left(\frac{1}{\rho_{700}}\right)$$

- Anthocyanin Reflectance Index 1

$$ARI1 = \left(\frac{1}{\rho_{550}}\right) - \left(\frac{1}{\rho_{700}}\right)$$

- Anthocyanin Reflectance Index 2

$$ARI2 = \rho_{800}\left[\left(\frac{1}{\rho_{550}}\right) - \left(\frac{1}{\rho_{700}}\right)\right]$$

7. **CanopyWaterContent–***індекси для оцінки вмісту вологи в рослинному покриві:*

- Water Band Index

$$WBI = \frac{\rho_{900}}{\rho_{970}}$$

- Normalized Difference Water Index

$$NDWI = \frac{\rho_{857} - \rho_{1241}}{\rho_{857} + \rho_{1241}}$$

- Moisture Stress Index

$$MSI = \frac{\rho_{1599}}{\rho_{819}}$$

- Normalized Difference Infrared Index

$$NDII = \frac{\rho_{819} - \rho_{1649}}{\rho_{819} + \rho_{1649}}$$

Кожна з перерахованих груп індексів призначена для оцінки ряду властивостей рослинного покриву і містить підібрані для цих завдань індекси. Порівнюючи результати розрахунків індексів з польовими даними, можна вибрати індекс, що максимально точно відображає, властивості що досліджуються. Таким чином істотно підвищується точність результатів при подальшій обробці.

Висновки: Головною перевагою вегетаційних індексів є надійність і легкість їх отримання, а також широкий діапазон завдань, що розв'язуються за їх допомогою. Але хочемо відмітити, що ВІвиступаютьлише якодин з інструментів при проведенні більш складних типів аналізу, результатом яких можуть бути карти продуктивності лісів і сільськогосподарських земель, карти ландшафтів і природних зон, ґрунтові, аридні, фіто-гідрологічні, фенологічні та інші еколого-кліматичні карти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Черепанов А. С. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы / А. С. Черепанов, Е. Г. Дружинина // Геоматика. – 2009. –№ 3.– С. 28–32.– Режим доступу: http://geomatica.ru/pdf/2009_03/2009_03_005.pdf

2. Черепанов А. С. Вегетационные индексы / А. С. Черепанов// Геоматика.– 2011.– № 2. – С. 98–102. –Режим доступу: http://geomatica.ru/pdf/2011_02/2011_02_017.pdf

3. Гребень А. С. Анализ основных методик прогнозирования урожайности с помощью данных космического мониторинга, применительно к зерновым культурам степной зоны Украины / А. С. Гребень, И. Г. Красовская // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2012. – № 2. – С. 170–180. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/recs_2012_2_27.pdf