

SENTINEL 2 SUN'IY YO'LDOSHI GEOFAZOVIIY MA'LUMOTLARINI OLISH VA ULAR ASOSIDA NDVI (NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX) VEGETATSIYA INDEKSINI HISOBLASH

O`B.Muxtorov "TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti, PhD, dotsent
N.A.Eshmatova, M.R.Hayitova - "TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti magistrantlari, *Sh.S.Abduraxmonova* – "TAQU" magistranti

Annotatsiya. Maqolada Sentinel-2 sun'iy yo'ldoshi kosmik suratlari asosida vegetatsiya indekslarini hisoblash va raqamli kartalar yaratish masalalari ko'rib chiqilgan. NDVI indeksiga asoslanib har xil turdagi ekotizimlar mahsuldorligi o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik o'rganiladi va NDVI hisoblash algoritmi tahlil qilinadi. NDVI indeksiga mos holda obyekt turini aniqlashning samarali usullari taklif qilinadi.

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы расчета вегетационных индексов и создания цифровых карт на основе космических снимков Sentinel-2. Изучена взаимосвязь между продуктивностью различных типов экосистем на основе индекса NDVI, а также проанализирован алгоритм расчета NDVI. Предложены эффективные методы определения типа объекта по индексу NDVI.

Annotation. The article deals with the calculation of vegetation indices and the creation of digital maps based on Sentinel-2 satellite images. The relationship between the productivity of different types of ecosystems based on the NDVI index was studied, and the algorithm for calculating NDVI was analyzed. Efficient methods for determining the type of an object by the NDVI index are proposed.

Kalit so'zlar: NDVI indeksi, NIR, RED, DZZ, spektral, kosmik surat, modifikatsiya, vegetatsiya ko'rsatkichlari, MODIS ma'lumotlari.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - normallashtirilgan nisbiy o'simlik indeksi - fotosintetik faol biomassa miqdorining oddiy miqdoriy ko'rsatkichidir (odatda vegetatsiya indeksi deb ataladi). O'simlik qoplarning miqdoriy ko'rsatkichlaridan foydalangan holda turli muammolarni hal qilish va bartaraf etish uchun eng keng tarqalgan va ishlatiladigan indekslardan biri. Uni aniqlash va piksel qiymatlarini aniqlash rastr qiymatlarini kalkulyatsiyash orqali topiladi.

Quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

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

Bu yerda:

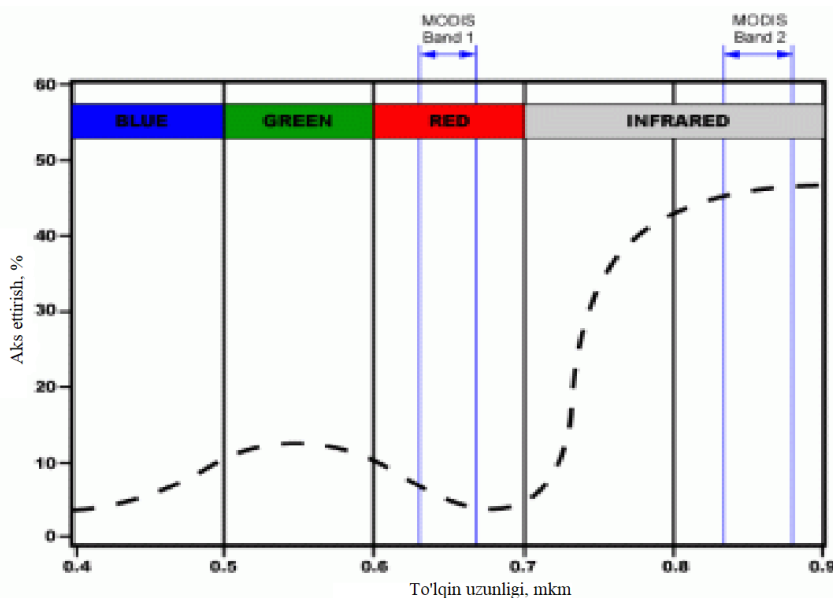
NIR – spektrning yaqin infraqizil mintaqasida aks etishi

RED – spektrning qizil mintaqasida aks etishi

Ushbu formulaga ko`ra, tasvirning ma`lum bir nuqtasida o`simliklarning zichligi (NDVI) qizil va infraqizil diapazonda aks ettirilgan yorug`lik intensivligi farqiga teng bo`lib, ularning intensivligi yig`indisiga bo`linadi.

NDVI hisoblash o`simliklarining nur o`tkazuvchanlik darajasi spektral aks ettirish egri chizig`ining eng barqaror (boshqa omillarga bog`liq bo`lmagan) ikkita qismiga asoslanadi.

Spektrning qizil mintaqasida (0,6-0,7 mkm) yuqori o`simliklarning nur o`tkazuvchanlik darajasi xlorofill tomonidan quyosh nurlanishining maksimal yutilishi yotadi va infraqizil mintaqada (0,7-1,0 mkm) bargning hujayra tuzilmalarining maksimal aks ettirish maydoni mavjud bo`ladi, ya`ni, yuqori fotosintetik faollik (odatda zich o`simliklar bilan bog`liq) spektrning qizil mintaqasida kamroq aks ettirishga va infraqizilda ko`proq aks ettirishga olib keladi. Ushbu ko`rsatkichlarning bir-biriga nisbati o`simliklarni boshqa tabiiy narsalardan aniq ajratish va tahlil qilishga imkon beradi. Oddiy nisbatdan emas, balki minimal va maksimal aks ettirish o`rtasidagi normallashtirilgan farqdan foydalanish o`lchov aniqligini oshiradi, tasvirning yoritilishidagi farqlar, bulutlilik, tuman, atmosferaning nurlanishni yutishi va boshqa hodisalarning ta`sirini kamaytirishga imkon beradi.



1-rasm. MODIS ma`lumotlari yordamida NDVI ni hisoblash uchun ishlatiladigan o`simliklarning xarakterli aks ettirish egri chiziqlari (o`rtacha)

NDVI qizil (0,55-0,75 mkm) va infraqizil (0,75-1,0 mkm) spektral kanallarga ega bo`lgan har qanday yuqori, o`rta yoki past aniqlikdagi tasvirlardan hisoblanishi mumkin. NDVI hisoblash algoritmi masofadan zondlash ma'lumotlarini qayta ishlash bilan bog`liq deyarli barcha amallar hozirgi kunda keng tarqalgan dasturiy ta'minot paketlariga kiritilgan (Arc View Image Analysis, ERDAS Imagine, ENVI, Ermapper, Scanex MODIS Processor, ScanView va boshqalar).

NDVI hisoblash uchun ishlatiladigan sun'iy yo`ldosh kamerasi kanallarining kombinatsiyasi quyidagichadir:

MSS Landsat(4,5)	5 (0.6-0.7 мкм), 6 (0.7-0.8 мкм) или 7 (0.8-1.1 мкм)
TM Landsat(4,5)	3 (0.63-0.69 мкм), 4 (0.76-0.90 мкм)
ETM+ Landsat7	3 (0.63-0.69 мкм), 4 (0.75-0.90 мкм)
AVHRR NOAA	1 (0.58-0.68 мкм), 2 (0.72-1.0 мкм)
MODIS Terra(Aqua)	1 (0.62-0.67 мкм), 2 (0.841-0.876 мкм)
ASTER Terra	2 (0.63-0.69 мкм), 3 (0.76-0.86 мкм)
LISS IRS(1C/1D)	2 (0.62-0.68 мкм), 3 (0.77-0.86 мкм)

NDVI hisoblash uchun algoritm ishlab chiqilgandan beri (Rouse BJ, 1973), u turli xil shovqin hosil qiluvchi omillarning ta'sirini kamaytirish uchun mo`ljallangan bir nechta modifikatsiyaga ega. Masalan, atmosfera aerezollarining so`rilishi (atmospheric - resistant vegetation index - ARVI), tuproq qatlamida aks etishi (soil adjusted vegetation index - SAVI) va boshqalar. Turli xil tabiiy obyektlarning indekslarni hisoblash uchun qizil va infraqizildan tashqari boshqa diapazonlardagi o`simliklar o`rtasidagi munosabatlarni hisobga oladigan formulalar ham qo`llaniladi, bu esa ularni qo`llashda yana bir necha qiyinchiliklarga olib keladi. NDVI ga asoslangan indekslar ham mavjud, masalan EVI (Enhanced vegetation index) indeksi bunga yaqqol misol bo`la oladi, u bir vaqtning o`zida bir nechta shovqin hosil qiluvchi omillarni kuzatish vazifasini ham o`taydi.



2-rasm. NDVI diksret (uzlukli) shkalasi

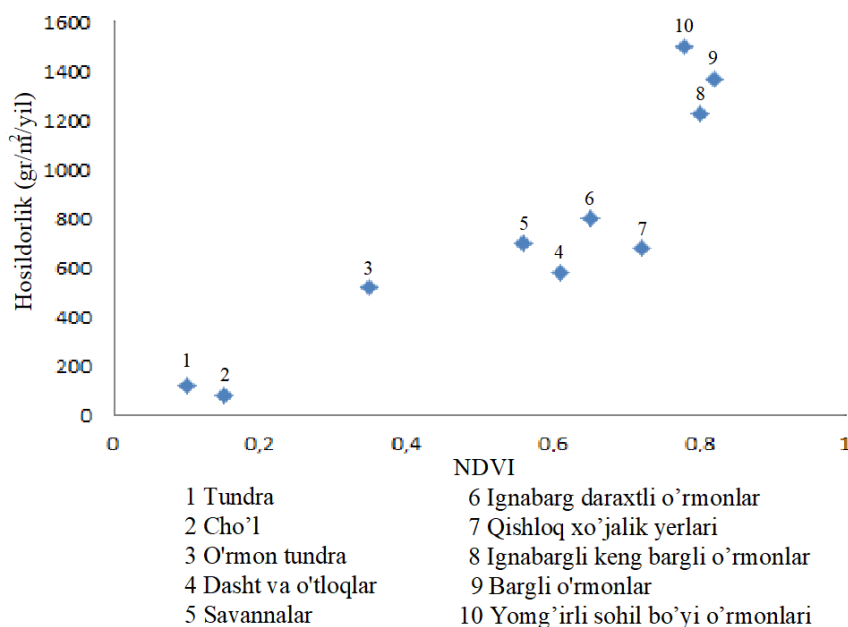
NDVI indeksini ko`rsatish uchun diskret shkala yoki standartlashtirilgan uzluksiz gradiyent ishlatiladi, bu qiymatlarni -1 dan 1 gacha yoki 0 dan 255 diapazongacha (ba'zi DZZ ishlov berish paketlarida ko`rsatish uchun ishlatiladi, kulrang gradiyentlar soniga mos keladi) yoki 0...200 gacha (-100...100) bo`lgan diapazonda (bu qulayroq, chunki har bir indikatorning o`zgarishi 1 % qiymatga mos keladi) bo`lgan masshtabli shkala deb ataladigan shkalada ko`rsatiladi. Spekrning NIR-RED mintaqalarida aks ettirish xususiyati tufayli o`simlik bilan bog`liq bo`lmagan tabiiy obyektlar ham belgilangan ma'lum bir NDVI qiymatiga ega bo`ladi (ularni aniqlash uchun quyidagi parametrlardan foydalanish mumkin):

Obyekt turi	Spekrning qizil mintaqasida aks ettirish	Spekrning infraqizil mintaqasida aks ettirish	Ndvi indeksi
Zich o`simliklar	0.1	0.5	0.7
Siyrak o`simliklar	0.1	0.3	0.5
Ochiq tuproq	0.25	0.3	0.025
Bulutlar	0.25	0.25	0
Qor va muz	0.375	0.35	-0.05
Suv	0.02	0.01	-0.25
Sun'iy materiallar (beton, asfalt)	0.3	0.1	-0.5

Ammo, qoida tariqasida, o`simliklarni kartalashtirish bilan bog`liq vazifalar uchun 0 dan boshlanadigan masshtabsiz shkala qo`llaniladi (NDVI indeksi 0 dan kam bo`lgan qiymatdagi o`simliklarni qabul qila olmaydi). -1..1 dan 0..200 shkalaga aylantirish (masshtablash) uchun quyidagi formuladan foydalaniladi.

$$\text{masshtabli NDVI} = 100(\text{NDVI} + 1)$$

NDVI indeksi va har xil turdagi ekotizimlar mahsuldorligi o`rtasida barqaror bog`liqlik mavjud:



3-rasm. NDVI indeksi va har xil turdagi ekotizimlar mahsuldorligi o`rtasidagi o`zaro bog`liqlik.

Ushbu xususiyat mintaqaviy kartalashtirish va har xil turdagi landshaftlarni tahlil qilish, mamlakatlar va qit'alar miqyosida biotizimlar resurslari va maydonlarini baholash uchun juda keng qo'llaniladi. Biroq, ko'pincha NDVI indeksi ma'lum bir vaqt oralig'idagi bir qator turli kosmik suratlar asosida ishlab chiqiladi, bu turli xil o'simlik turlarining chegaralari va xususiyatlarining o'zgarish jarayonlarining dinamik holatini kuzatishga imkon beradi (oylik o'zgarishlar, mavsumiy o'zgarishlar, yillik o'zgarishlar).

NDVI o'simliklarning ekologik va iqlimiy xususiyatlarini o'lchash uchun mo'ljallangan, ammo ayni paytda u butunlay boshqa hududning ba'zi parametrlari bilan sezilarli bog'liqlikni ham ko'rsatishi mumkin:

- Hosildorlik (vaqtinchalik o'zgarishlar);
- Biomassa;
- Tuproqning namligi va mineral (organik) to'yinganligi;
- Bug'lanish;
- Yog'ingarchilik miqdori;
- Qor qoplaminig qalinligi va xususiyatlari.

Ushbu parametrlar va NDVI o'rtasidagi o'zaro bog'liqlik to'g'ridan-to'g'ri emas, biroq, o'rganilayotgan hududning iqlim va ekologik xususiyatlari bilan o'zaro bog'liq, bunda eng ko'p ahamiyat ko'rsatiladiga joyi, ko'pincha bu parametrlar va NDVI reaksiyasining vaqt oralig'ini hisobga olish kerakligidir.

Ushbu parametrlarning barchasi tufayli NDVI kartalari ko'pincha murakkab tahlil turlarini o'tkazish uchun oraliq qo'shimcha qatlamlardan biri sifatida ishlatiladi.

Ularning natijalari asosida esa o`rmonlar va qishloq xo`jaligi yerlarining mahsuldorlik kartalari, landshaftlar, o`simliklar va tabiiy zonalar, tuproq, qurg`oqchil, fito-gidrologik, ekologik, iqlim va boshqa kartalari yaratilishi mumkin. Bundan tashqari, ular asnosida hosil va mahsuldorlikni, biologik xilma-xillikni, turli xil tabiiy va antropogen ofatlar, baxtsiz hodisalar va boshqalarning buzilishi va zarar darajasini baholash va prognozlashda foydalanish uchun raqamli ma`lumotlarni olishda ham muhim ahamiyat kasb etadi.

Umuman olganda, NDVI indeksining asosiy afzalligi uni olish qulayligidadir. Indeksni hisoblash uchun to`g`ridan-to`g`ri sun`iy yo`ldosh tasvirining o`zi va uning parametrlarini bilishdan tashqari qo`shimcha ma`lumotlar va texnikalar talab qilinmaydi.

Shunday qilib, MODIS/Terra ma`lumotlarining minimal vaqtinchalik rezolyutsiyasi tufayli NDVI ni ularga asoslangan holda hisoblash, ekologik va iqlim sharoiti to`g`risida tezkor ma`lumot va turli parametrlarning dinamikasini 1 haftagacha chastota bilan kuzatish imkoniyatini berishi mumkin. Shuningdek, katta qamrovli hududlar va butun mamlakatlar maydonlariga mos keladigan hududlarni kuzatishga imkon beradi. Landsat, IRS, Aster kabi yuqori aniqlikdagi kameralar ma`lumotlari obyektlarning holatini alohida maydon yoki o`rmon maydoniga qadar kuzatishga imkon beradi.

Biroq, NDVI indeksidan foydalanishning asosiy kamchiliklarini ham hisobga olish kerak:

- Radiometrik tuzatish (kalibrlash) bosqichidan o`tmagan ma`lumotlardan foydalanishning mumkin emasligi;

- Ob - havo sharoiti, kuchli bulutlilik va tuman tufayli yuzaga keladigan xatolar - ularning ta`sirini bir necha kun, hafta yoki oy davomida NDVI seriyali yaxshilangan koeffitsientlar va kompozit tasvirlar yordamida qisman tuzatilishi mumkin (**MVC - Maximum Value Composite**). O`rtacha qiymatlar tasodifiy va ba`zi tizimli xatolar ta`siridan qochish imkonini beradi. Bu NDVI kartalarini yaratish uchun ma`lumotlarni tayyorlashda juda keng tarqalgan yondashuv bo`lib, quyida ko`rsatilgan misollar, afsuski, MVC yordamida yagona so`rov asosida tuzilgan bo`lsada, biroq xatolar tuzatilmagan. MVC hisoblash juda oddiy va uni ArcInfo GRID da quyidagi amallar yordamida amalga oshirish mumkin (masalan, turli sanalardan olingan 5 ta NDVI qatlami):
$$\text{up} = \text{upos}(\text{ndvi1}, \text{ndvi2}, \text{ndvi3}, \text{ndvi4}, \text{ndvi5}) \text{ result} = \text{con}(\text{up} == 1, \text{ch1}, \text{up} == 2, \text{ch1}, \text{up} == 3, \text{ch1}, \text{up} == 4, \text{ch1}, \text{up} == 5, \text{ch1})$$

- Sinov maydonlarida ilgari olingan, to`plangan ma`lumotlarini yig`ish, hozirgi holati bilan taqqoslash, sinov maydonchalarining ham mavsumiy ekologik va iqlimiy ko`rsatkichlarini hisobga olish kerak. Bu materiallar mahsuldorlik, biomassa zahiralari va boshqa miqdoriy ko`rsatkichlarni hisoblashda ayniqsa ahamiyatli bo`ladi;

- O`rganilayotgan mintaqa uchun faqat vegetatsiya mavsumini suratga olish imkoniyatidan foydalanish. Fotosintetik biomassa miqdoriga bog`liqligi sababli, NDVI bu davrda zaiflashgan yoki vegetativ bo`lmagan mavsumda olingan o`simliklarning suratlarida samarali bo`lmaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Савин И.Ю., Вернюк Ю.И., Фараслис И. Возможности использования беспилотных летательных аппаратов для оперативного мониторинга продуктивности почв // Бюллетень почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. 2015. № 80. С. 95-105.
2. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. 2009. № 3. С.28-32.
3. Baret F., Guyot G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment // Remote Sensing of Environment. 1991. Vol. 35. pp. 161-173
4. Clevers J. G. P. W., Gitelson A. A. Remote estimation of crop and grass chlorophyll and nitrogen content using red-edge bands on Sentinel-2 and-3 // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2013. No. 23. pp. 344-351.
5. Gao B.-C. NDWI – a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space // Remote Sensing of Environment. 1996. Vol. 58. pp. 257-266.
6. Gitelson A. A., Kaufman, Y. J., Merzlyak M. N. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS // Remote Sensing of Environment. 1996. Vol. 58. pp. 289-298.
7. Yoder B. J., Waring R. H. The normalized vegetation index of small douglas-fir canopies with varying chlorophyll concentration. *Remote Sensing of Environment*, 1994, vol. 49, pp. 81-91.
8. Miura T., Yoshioka, H., Fujiwara K., Yamamoto H. Inter-comparison of ASTER and MODIS surface reflectance and vegetation index products for synergistic applications to natural resource monitoring. *Sensors*, 2008, no. 8, pp. 2480-2499.
9. Jiang Z. Y., Huete A. R., Didan K., Miura T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *Remote Sensing of Environment*, 2008, vol. 112, pp. 3833-3845.