



UDK: 550.814:[629.783:525]

Nilufar KHAMIDOVA,
PhD, dotsent, Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O'zbekiston
Otabek ZOKIROV,
DSc, Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O'zbekiston
E-mail:zokirov-otabek@mail.ru

Geologiya fanlari universiteti dotsenti A.Asadov taqrizi asosida

PROSPECTS OF USING WORLDVIEW-3 SATELLITE DATA IN VARIOUS FIELDS

Annotation

This article scientifically analyzes the technical characteristics, spectral ranges, and main application areas of the WorldView-3 satellite. It also examines the significance of panchromatic, multispectral, short-wave infrared (SWIR), and CAVIS channels in scientific research, as well as their applications in geology, forestry, environmental monitoring, urban planning, and agricultural monitoring.

Keywords: WorldView-3, remote sensing, Sun-synchronous orbit, panchromatic imaging, multispectral imaging, SWIR, CAVIS, spectral analysis, ultra-high resolution, space platform, cartography, topography.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДАННЫХ СПУТНИКА WORLDVIEW-3 В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ

Аннотация

В данной статье с научной точки зрения анализируются технические характеристики, спектральные диапазоны и основные области применения спутника WorldView-3. Также рассмотрены значение панхроматических, мультиспектральных, коротковолновых инфракрасных (SWIR) и CAVIS-каналов в научных исследованиях, а также их применение в геологии, лесном хозяйстве, экологическом мониторинге, градостроительстве и мониторинге сельского хозяйства.

Ключевые слова: WorldView-3, дистанционное зондирование, солнечно-синхронная орбита, панхроматическая съёмка, мультиспектральная съёмка, SWIR, CAVIS, спектральный анализ, сверхвысокое разрешение, космическая платформа, картография, топография.

WORLDVIEW-3 SUN'IY YO'LDOSH MA'LUMOTLARINI SOHALARDA QO'LLASH ISTIQBOLLARI

Annotatsiya

Ushbu maqolada WorldView-3 sun'iy yo'ldoshining texnik xususiyatlari, spektral diapazonlari va asosiy qo'llanilish sohalari ilmiy nuqtai nazardan tahlil qilinadi. Shuningdek, panxromatik, multispektral, qisqa to'lqinli infraqizil (SWIR) va CAVIS kanallarining tadqiqotlardagi ahamiyati hamda ularning geologiya, o'rmonchilik, atrof-muhit, shahar rejalashtirish va qishloq xo'jaligi monitoringi sohaslarida tatbiq etilishi ko'rib chiqilgan.

Kalit so'zlari: WorldView-3, masofadan zondlash, Quyosh-sinxron orbita, panxromatik tasvirlash, multispektral tasvirlash, SWIR, CAVIS, spektral tahlil, o'ta yuqori aniqlik, kosmik platforma, kartografiya, topografiya.

Kirish. Masofadan zondlash texnologiyalari rivojlanib, zamonaviy tijorat sun'iy yo'ldoshlari Yer yuzasini o'rganishda tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu sohadagi eng ilg'or yutuqlardan biri bo'lgan WorldView-3 kosmik platformasi 2014-yil 13-avgustda orbitaga chiqarilgan bo'lib, u masofadan zondlash sohasida inqilobiy o'zgarish yasadi. Digital Globe (hozirgi Maxar Technologies) kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan ushbu sun'iy yo'ldosh yirik maqsadlar uchun mo'ljallangan birinchi o'ta yuqori aniqlikdagi multispektral tijorat platformasi sifatida tarixda o'z o'rmini egalladi. WorldView-3 sun'iy yo'ldoshi o'zidan avvalgi WorldView-1 va WorldView-2 platformalari tajribasiga asoslanib, ularga nisbatan sezilarli darajada kengaytirilgan imkoniyatlarga ega. Bu sun'iy yo'ldosh nafaqat yuqori fazoviy aniqlik, balki keng spektral qamrov bilan ham ajralib turadi. 29 ta spektral kanal yordamida Yer yuzasini bir vaqtning o'zida turli to'lqin uzunliklarida kuzatish imkoniyati ilmiy tadqiqotlar hamda amaliy muammolarni hal etishda yangi istiqbollarni ochib beradi.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Sh.E.Ergashev, B.S.Zeylik, A.A.Abdurahmonov, A.Asadov, M.A.Kuester, N.Longbotham, F.Pacifici, T.Glenn, F.A.Kruse, S.L. Perry va boshqa olimlar va mutaxassislar tomonidan katta hajmda tadqiqot ishlari olib borilgan, jumladan ular tomonidan turli sohalarga oid o'rmonchilik, iqlim, geologiya, o'simlik va boshqa elementlarga doir spektral diapazonlar metodikasi tahlillash uslublari ishlab chiqilgan.

Tadqiqot metodologiyasi. WorldView-3 sun'iy yo'ldoshidan olinadigan tasvirlarni qayta ishlash ko'p bosqichli metodologiyani o'z ichiga oladi. Birinchi bosqich - radiometrik korreksiya bo'lib, unda apparat sensorlarining o'ziga xos xatolarini tuzatish korreksiyalari amalga oshiriladi. Ikkinchi bosqich - atmosfera korreksiyasi bo'lib, unda CAVIS kanallar ma'lumotlari yordamida atmosfera ta'sirini yo'q qilish va yerning haqiqiy spektral aks ettirishini qayd etish amalga oshiriladi. Geometrik korreksiya bosqichida GPS va IMU ma'lumotlari, shuningdek yerda joylashtirilgan nazorat nuqtalari yordamida tasvirlarning geografik koordinatalar tizimiga muvofiqligi ta'minlanadi. Ortorektifikatsiya - yerning relyefidan kelib chiqadigan geometrik buzilishlarni tuzatish jarayoni - raqamli relyef modellari yordamida amalga oshiriladi. Tasvirlarni qayta ishlashning yakuniy bosqichida pankromatik va multispektral ma'lumotlarni birlashtirish (Pansharpening) amalga oshiriladi. Natijada 31 sm aniqlikdagi to'la rangli ko'p spektral [1-15] tasvir hosil qilinadi. Bu tasvir keyinchalik turli tahliliy maqsadlar uchun ishlatiladi, masalan landshaft klassifikatsiyasi, o'zgarishlarni aniqlash, obyektlarni identifikatsiyalash, spektral tahlil va hokazo.

Pankromatik va multispektral kanallar WorldView-3 sun'iy yo'ldoshining tasvirlash tizimi uch asosiy komponentdan tashkil topgan: pankromatik kamera, multispektral kamera va SWIR (qisqa to'liqlik infragizil) kamera. Har bir komponent o'z spektral diapazonida noyob ma'lumotlar yig'ish imkoniyatiga ega. Pankromatik kanal 460–800 nm to'liqlik uzunligi diapazonida ishlaydi va yer yuzida 31 sm o'lcham aniqligida obyektlarni ajrata oladi. Bu ko'rsatkich tijorat kosmik tasvirlash sohasida erishilgan eng yuqori aniqlik hisoblanadi. Pankromatik tasvirlar odatda tez-tez multispektral, giperspektral tasvirlar bilan birlashtiriladi (Pansharpening usuli), natijada yuqori aniqlikdagi rangli tasvirlar hosil qilinadi. 8-kanal multispektral tizim 1,24 m fazoviy aniqlikda ishlaydi va quyidagi spektral diapazonlarni qamrab oladi: to'q ko'k (Coastal, 405–450 nm), ko'k (Blue, 450–520 nm), yashil (Green, 520–585 nm), sariq (Yellow, 585–625 nm), qizil (Red, 630–700 nm), qizil chekka (Red Edge, 705–750 nm), yaqin infragizil-1 (Near-IR1, 760–900 nm) va yaqin infragizil-2 (Near-IR2, 850–1050 nm). Har bir spektral kanal muayyan ilmiy va amaliy maqsadlarga xizmat qiladi. Masalan, Red Edge kanali o'simliklar sog'ligini baholashda eng sezgir diapazon hisoblanadi, chunki o'simlik xlorofilli ushbu diapazonning chekka qismida kuchli o'zgarishlar ko'rsatadi. Coastal kanali esa chuqur suv havzalarini, atmosfera aerozollarini va qirg'oq zonalarini o'rganishda o'ziga xos ahamiyatga ega.

Qisqa to'liqlik infragizil (SWIR) kanallar WorldView-3 sun'iy yo'ldoshining eng noyob xususiyatlaridan biri 8 ta SWIR kanalining mavjudligidir. Bu kanallar 1190–2360 nm to'liqlik uzunligi diapazonida ishlaydi va 3,7 m fazoviy aniqlikni ta'minlaydi. SWIR kanallar quyidagi diapazonlarni o'z ichiga oladi: I. SWIR-1 (1190–1220 nm): suv va nam tuproq tarkibini aniqlashda qo'llaniladi; II. SWIR-2 (1555–1595 nm): o'simlikning nimjonligini o'rganishda muhim; III. SWIR-3 (1645–1685 nm): yong'indan zarar ko'rgan hududlarni aniqlashda samarali; IV. SWIR-4 (1715–1755 nm): selluloza va kraxmal tarkibini aniqlaydi; V. SWIR-5 (2150–2180 nm): minerallarni, xususan gil minerallarini farqlashda ishlatiladi; VI. SWIR-6 (2180–2220 nm): karbonat minerallarini aniqlashda qo'llaniladi; VII. SWIR-7 (2230–2280 nm): mineralogik tahlillar va geologik xaritalashda foydali; VIII. SWIR-8 (2290–2360 nm): neft va uglevodorod kontaminatsiyasini aniqlaydi.

SWIR kanallarining ahamiyati shundaki, ular ko'rinadigan yorug'lik va yaqin infragizil diapazonlar bilan kombinatsiya qilinib, minerallar, suvning namligi va o'simliklarning kimyoviy tarkibini o'rganishda noyob imkoniyatlar beradi. Bu xususiyat WorldView-3 ni geologik va geokimyoviy tadqiqotlar uchun beqiyos qurilmaga aylantiradi.

CAVIS kanal tizimi WorldView-3 sun'iy yo'ldoshining yana bir o'ziga xos xususiyati - 12 ta CAVIS (Clouds, Aerosols, Vapors, Ice, Snow - bulutlar, aerozollar, bug'lar, muz, qor) kanallarining mavjudligidir. Ushbu kanallar 400–2250 nm to'liqlik uzunligi diapazonini qamrab oladi va 30 m fazoviy aniqlikda ishlaydi. CAVIS tizimining asosiy vazifasi atmosfera korreksiyasini avtomatlashtirish va Yer yuzasini kuzatishga to'sqinlik qiluvchi atmosfera hodisalarini monitoring qilishdir. CAVIS kanallariga quyidagilar kiradi: Desert Clouds (400–425 nm), Aerosol-1 (460–510 nm), Green (520–585 nm), Aerosol-2 (625–675 nm), Water-1 (850–880 nm), Water-2 (900–930 nm), Water-3 (935–970 nm), NDVI-SWIR (1225–1250 nm), Cirrus (1355–1415 nm), Snow (1625–1685 nm), Aerosol-3 (2100–2250 nm). Ushbu kanallar orqali atmosfera shaffofligini, [1-15] aerozollar konsentratsiyasini va bulutlar tarkibini ilmiy aniqlikda o'lchash mumkin.

Tahlil va natijalar. Kartografiya va topografiya WorldView-3 sun'iy yo'ldoshi 1:5000 masshtabgacha topografik, tematik va maxsus xaritalar hamda rejalar yaratish va yangilash uchun mo'ljallangan. 31 sm pankromatik aniqlikda yirik masshtabli xaritalar tuzish uchun zarur bo'lgan minimal fazoviy aniqlikdan sezilarli darajada yuqori bo'lib, bu kartografiya sohasida sifatini keskin o'zgarishiga olib keladi. Stereoskopik tasvirlash texnologiyasi yordamida yuqori aniqlikdagi raqamli relyef modellari (DEM) yaratish imkonini mavjud. Ushbu DEM modellar ko'plab muhandislik va me'moriy loyihalarda, suvning oqish tizimlarini modellashtirish hamda eroziya xavfini baholashda qo'llaniladi. An'anaviy aerofotosuratga olish usullari bilan taqqoslanganda, kosmik stereosuratga olish kattaroq hududlarni ancha tez va arzon narxda qamrab oladi.

Qishloq xo'jaligi sohasida WorldView-3 sun'iy yo'ldoshi NDVI (Normalized Difference Vegetation Index - normallashtirilgan farqli o'simlik indeksi) va boshqa o'simlik indekslarini yuqori aniqlikda hisoblash imkonini beradi. 8 ta ko'rinadigan va yaqin infragizil kanal kombinatsiyasi o'simliklarning rivojlanish fazalarini, stressga (qurishi, nimjonligi) uchragan joylarni, kasallik va zararkundalar ta'sirini aniqlashda keng qo'llaniladi. SWIR kanallarining qo'shilishi o'simliklarning suv va azot tarkibini, tuproq namligini, kasallikdan zarar ko'rgan hududlarni infragizil diapazonda aniqlash imkonini beradi. Ushbu ma'lumotlar qishloq xo'jaligi ekspertlari uchun aniq dehqonchilik texnologiyalarini joriy etishda muhim axborot manbai hisoblanadi. Ekinlar holatini [1-15] mavsum davomida muntazam kuzatib borish hosildorlikni bashorat qilish uchun qimmatli modellar yaratishga imkon beradi.

Geologiya va mineral xom ashyo qidirishda WorldView-3 sun'iy yo'ldoshining SWIR kanallari, xususan 2100–2360 nm diapazonda ishlovchi kanallar, minerallarning tahliliy spektroskopiyasi uchun qimmatli ma'lumotlar beradi. Turli minerallar (gillar, karbonatlar, sulfatlar) ushbu diapazonlarda o'ziga xos spektral xarakterga ega bo'lib, minerallar tarkibiga oid ma'lumotlar bazasini xaritalash imkonini beradi. Neft va gaz konlarini qidirishda WorldView-3 yer sirti va ostida ro'y beruvchi litologik o'zgarishlarni aniqlashga yordam beradi. Kon sanoatida - oltin, mis va boshqa qimmatbaho metallar konlari atrofidagi alteratsiya (o'zgarish) zonalarini aniqlashda ushbu sun'iy yo'ldosh samarali qo'llanilmoqda.

Tabiiy va texnogen ofatlar (zilzila, sel, ko'chki, suv toshqini, o'rmon yong'inlari, sanoat avariylari) yuz berganda, WorldView-3 sun'iy yo'ldoshi tezkor va batafsil monitoring o'tkazish imkonini beradi. Shoshilinch suratga olish rejimida sun'iy yo'ldosh 1–2 kun ichida zarar ko'rgan hududni suratga olishi mumkin. Bu imkoniyat favqulodda vaziyat xizmatlari, qidiruv-qutqaruv operatsiyalari va zarar ko'rganlar uchun yordam rejalarini tuzishda muhim ahamiyat kasb etadi. Suv toshqinini monitoring qilishda WorldView-3 suv yuzasini, ko'milgan hududlarni va infratuzilma zararini bir vaqtning o'zida aniqlaydi. O'rmon yong'inlarida SWIR kanallar yonib turgan va o'chgan hududlardagi tutun qalinligini ham aniqlay oladi. Tektonik halokatlardan so'ng sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari bino va infratuzilmaning shikastlanish darajasini baholashda va qutqaruv resurslarini samarali yo'naltirish uchun ishlatiladi.

O'rmon xo'jaligi sohasida WorldView-3 sun'iy yo'ldoshi o'rmonlarning yuqori aniqlikdagi inventarizatsiyasini, daraxtlarning sog'ligini baholashni va o'rmon maydonlarining o'zgarishini kuzatishni ta'minlaydi. Alohida daraxtlarni ajratib ko'rsatish imkoniyati o'rmon tarkibini turlarga ajratish va biomassa hisoblashda yangi imkoniyatlar ochadi. Atrof-muhit monitoringida WorldView-3 qo'riqxonalar, milliy bog'lar va ekologik jihatdan muhim hududlardagi o'zgarishlarni kuzatishda qo'llaniladi. Dengiz va ko'l ekotizimlari ham ushbu sun'iy yo'ldosh yordamida monitoring qilinmoqda. Qirg'oq eroziyasi, cho'llanish jarayonlari va landshaft o'zgarishlari WorldView-3 ning ko'p yillik seriyali tasvirlari orqali ilmiy aniqlikda o'rganiladi.

WorldView-3 sun'iy yo'ldoshini zamonaviy masofadan zondlash platformalari bilan taqqoslanganda, uning bir qator ustunliklar va cheklolarga ega ekani ma'lum bo'ladi. Landsat-8/9 (15–30 m), Sentinel-2 (10 m) va SPOT-7 (1,5 m) kabi platformalar bilan solishtirish WorldView-3 31 sm aniqligining naqadar noyob ekanligini ko'rsatadi. Biroq WorldView-3 katta sayyoviy kuzatuv dasturlari uchun mo'ljallanmagan - u aniqlikni hududiy ko'lamdan ustun qo'yadi. Maxfiylik cheklolari jihatidan ham WorldView-3 o'ziga xos holat namoyon qiladi. AQSH hukumati dastlab 25 sm dan yuqori aniqlikdagi tijorat tasvirlash uchun cheklov belgilagan edi. 2014-yildan boshlab ushbu cheklov 31 sm gacha yumshatildi va WorldView-3 shu imkoniyatni to'liq qo'llaydi, bu esa uni o'sha vaqtda dunyodagi eng aniq tijorat sun'iy yo'ldoshi darajasiga ko'tardi. SWIR kanallarining mavjudligi WorldView-3 ni giperspektral sun'iy yo'ldoshlar (masalan, Hyperion yoki DESIS) va an'anaviy multispektral platformalar o'rtasida o'ziga xos pozitsiyani egallashiga imkon beradi. 29 ta kanal giperspektral strategik tanlangan diapazonlar ko'plab amaliy vazifalarni hal etish uchun yetarli bo'ladi.

Xulosa va takliflar. Ushbu tadqiqot WorldView-3 sun'iy yo'ldoshining [1-15] tijoratga doir masofadan zondlash sohasidagi o'rni va ahamiyatini ko'p qirrali jihatdan ko'rib chiqqan holda, quyidagi xulosalarga olib keladi:

1. WorldView-3 sun'iy yo'ldoshi 31 sm pankromatik aniqlik bilan tijorat kosmik tasvirlash sohasida erishilgan eng yuqori fazoviy aniqlik ko'rsatkichini ta'minlaydi, bu esa uni yirik miqyosda xaritalash va obyektlarni identifikatsiyalash uchun beqiyos vositaga aylantiradi.

2. 29 ta spektral kanal (8 multispektral + 8 SWIR + 12 CAVIS + 1 pankromatik) kombinatsiyasi sun'iy yo'ldoshning qo'llanilish doirasini qishloq xo'jaligi, geologiya, ekologiya, kartografiya va boshqa ko'plab sohalarga kengaytiradi.

3. SWIR kanallarining mavjudligi WorldView-3 ni minerallarni identifikatsiyalash, neft va gaz qidirish, o'simliklar kimyoviy tarkibini o'rganish va yong'in monitoringi sohasida raqobatchilardan ajratib turadigan noyob imkoniyat hisoblanadi.

4. CAVIS kanallar tizimi atmosfera korreksiyasini avtomatlashtirish va atmosfera parametrlarini o'lchash imkonini beradi, bu esa hududlar o'rtasida va vaqt o'tishi bilan olingan tasvirlar taqqoslanishini yaxshilaydi.

5. Kuniga 680 000 km² gacha suratga olish quvvati va shoshilinch suratga olish rejimi WorldView-3 ni favqulodda vaziyatlarni boshqarish, tabiiy falokatlar baholash va real vaqtda kuzatuv vazifalarida samarali vosita sifatida ajratib turadi.

6. Sun'iy yo'ldoshning kelajakdagi rivojlanishi uchun WorldView-3 tajribasi Maxar Technologies kompaniyasining WorldView Legion kabi keyingi avlod platformalari uchun asosiy platforma bo'lib xizmat qilmoqda.

Alohida ta'kidlash lozimki, WorldView-3 sun'iy yo'ldoshi o'ta yuqori aniqlikdagi tijorat kosmik tasvirlashtirish sohasida muhim "sifat sakrashi"ni amalga oshirgan bo'lib, u nafaqat ilmiy tadqiqotlar, balki iqtisodiy ahamiyatga ega amaliy vazifalar uchun ham keng qo'llanilmoqda. O'zbekiston kabi taraqqiy etayotgan mamlakatlarda qishloq xo'jaligi, foydali qazilmalarni qidirish, shaharsozlikni rejalashtirish va atrof-muhit monitoringi sohasida WorldView-3 ma'lumotlaridan keng foydalanish milliy iqtisodiyotni rivojlantirishga sezilarli hissa qo'shishi mumkin.

ADABIYOTLAR

1. DigitalGlobe (2014). WorldView-3 Datasheet. Westminster, Colorado: DigitalGlobe Inc. — 8 b.
2. USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. (2023). Commercial Remote Sensing Policy. Reston, VA: USGS. — 22 b.
3. Zokirov O.T. Yerni masofadan zondlash. Toshkent. Darslik 1-qism. — 212 b.
4. Karimov S., Xasanov O. (2021). Kosmik tasvirlar yordamida qishloq xo'jaligi ekinlarini monitoring qilish. O'zbekiston Agrar Fanlari Axborotnomasi, 4. — 12–21 b.
5. Mirzayev A., Yusupov B. (2022). O'zbekistonda masofadan zondlash texnologiyalarini qo'llash istiqbollari. Geoinformatika jurnali, 3(2). — 45–58 b.
6. Kuester M.A. (2016). WorldView-3 SWIR Band Combination Analysis. Proc. SPIE 9977, Image and Signal Processing for Remote Sensing XXII. — doi:10.1117/12.2241172.
7. Longbotham N., Pacifici F., Glenn T. (2014). Multi-modal Change Detection, Application to the Detection of Flooded Areas. IEEE TGRS, 52(11). — P. 7194–7203.
8. Maxar Technologies. (2020). WorldView-3 Product Description. Englewood, CO: Maxar Technologies. — 14 b.
9. Pacifici F., Longbotham N., Emery W.J. (2014). The Importance of Physical Quantities for the Analysis of Multitemporal and Multiangular Optical Very High Spatial Resolution Images. IEEE TGRS, 52(10). — P. 6241–6256.
10. Kruse F.A., Perry S.L. (2013). Mineral Mapping Using Simulated Worldview-3 Short-Wave-Infrared Imagery. Remote Sensing, 5(6). — P. 2688–2703.
11. Tong X., et al. (2020). Land-Cover Classification with High-Resolution Remote Sensing Images Using Transfer Learning. Remote Sensing, 12(11). — P. 1783.
12. <https://innoter.com/sputniki/Worldview-3>
13. <https://ru.wikipedia.org/wiki/WorldView-3>
14. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6996059>
15. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9411675>