

^{1,2}М.А.Алпысбай*, ¹А.З.Гаппаров

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

²Satbayev University, Алматы, Қазақстан

*e-mail: marua.alpysbay@gmail.com

SENTINEL-2 ҒАРЫШТЫҚ СУРЕТТЕРІН ПАЙДАЛАНЫП, АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ АЛҚАПТАРЫН БАҚЫЛАУ

Андатпа. Мақалада ауыл шаруашылығы алқаптарын ғарыштық сурет арқылы бақылап, анализ жасау мәселелері берілген. Негізгі зерттеу материалы ретінде Еуропалық ғарыштық агенттігінің Sentinel-2 спутнигінен алынған суреттер пайдаланылды. Бұл спутник көптеген салаларда қолданылатын оптикалық деректерді ұсынады, мысалы, су тасқыны, көшкін, өрт, дақылдар және т. б. Зерттеу нысаны ретінде Қазақстанның солтүстік экономикалық зонасының ауданы, Есіл өзенінің сағасы пайдаланылды. Мониторингі орындау үшін NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) вегетациялық индексі пайдаланылды, оны қолданудың негізгі принциптері түсіндірілді. Алынған нәтижеге талдау жасалды және диаграммаларда зерттелетін аумақтың вегетациялық фонндағы өзгерістер көрсетілген. Зерттеу әдістерін ары қарай жетілдіру үшін арнайы ұсыныстар келтірілді және оның тиімділігі негізделді.

Негізгі сөздер: ауыл шаруашылығы, Sentinel-2, жерді ара қашықтықтан зерделеу, мониторинг, вегетациялық индекстер, NDVI.

Кіріспе. Жерді арақашықтықтан зерделеу мәліметтері ауыл шаруашылығы саласында ХХ ғасырдың 30-шы жылдарынан бастап қолданылуда. Ең алғашқы рет Ферғана алқабының топырағын зерттеуде аэросуреттер пайдаланылып, бұл үлкен саланың іргетасы қаланды [1]. Ара қашықтықтан зерделеу мәліметтері уақыт пен экономикалық шығынды үнемдеп, жұмыс өнімділігін арттыруға, алынатын ақпараттың сан түрлілігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар далалық жұмыстарға қарағанда үлкен аумақтарды тез арада зерттеуге көмектеседі.

Landsat [2], SPOT [3] және IRS [4] сияқты ғарыштық спутниктер төмен рұқсатты мәліметтер бергенімен, олардан алынған нәтижелер қазіргі кезге дейін көптеген жұмыстарда пайдаланылуда. Кеңістіктік және спектралдық рұқсаттылық техника мен технология дамыған сайын жоғарылап, спутниктік мәліметтер арқылы жасалатын жұмыстардың аясы кеңейді. ХХІ ғасырдың басында RapidEye [5] неміс спутнигінің ұшырылуы, жерді арақашықтықтан зерделеу саласындағы негізгі даму серпілісі болды. Себебі бұл спутниктен алынған мәліметтер күн сайын беріліп тұрды. Қазіргі таңда ауыл шаруашылығы мен жерді арақашықтықтан зерделеу бір-бірімен өзара тығыз сабақтасып жатқан сала. Ұшқышсыз ұшу аппаратары да соңғы жылдары қолданысқа енгізіліп, олардың рөлі артуда.

Ауыл шаруашылығы алқаптарын бақылауда Sentinel-2 [6] ғарыштық суреттерін пайдалану себебі, олардың кеңістіктік рұқсаты жоғары және тегін түрде беріледі. Ал бақылау жүргізу егін егілген уақыттан бастап, егістік орылған кезге дейін жалғасады. Бұл сол ауданда болып жатқан барлық процесстерді көруге, зиянкестерді анықтауға және тыңайтқыштарды қажет ететін аймақтарды белгілеуге, ең бастысы нейрондық жүйені пайдалана отырып, алынатын өнім көлемін болжауға мүмкіндік береді.

Зерттеу әдістері мен нысандары. Ауыл шаруашылығы арақашықтықтан зерделеу мәліметтерін пайдаланатын негізгі сала. Бұл технология егістік алқаптарын жан-жақтан кешенді зерттеп, толыққанды ақпарат алуға мүмкіндік береді. Ғарыштық суреттер алқаптарға инвентаризация жасауға, бос жатқан жерлерді анықтауға, мониторинг жүргізуге, статистикалық мәліметтерді алуға, ауданда болып жатқан түрлі процесстерді тануға, соның

ішінде деградациялық процесстерді анықтауға мүмкіндік береді. Басқа тәсілдерден негізгі артықшылығы:

- ғарыштық суреттердің қолжетімділік мерзімі, кейбіреуі күнде жарияланады;
- алынған суреттердің кеңістіктік рұқсаттылығы (өте жоғары дәлдікті 1 м-ден төмен болады);
- ғарыштық түсіріс мәліметтері әртүрлі коррекциядан өтіп жарияланады, ешқандай қосымша коррекциялық жұмыстарды жүргізу қажет болмайды;
- үлкен аумақтарды зерттеу мүмкіндігі;
- әртүрлі ғарыштық түсіріс нәтижелерін салыстыру арқылы зерттеу жүргізу;
- бір ғарыштық сурет арқылы өте көп мәселелерге жауап алуға болады [7-9].

Жалпы ауыл шаруашылығындағы жұмыстарды ғарыштық түсіріс мәліметтерімен орындағанда вегетациялық индекстер қолданылады. Дүние жүзінде 300-ден астам индекстер бар. Олардың барлығы ғарыштық сурет арқылы белгілі бір параметрді зерттеуге мүмкіндік береді. Мысалы, NDWI (Normalized Difference Water Index) – су нысандарын картографиялауға арналса [10], NDMI (Normalized Difference Moisture Index) өсімдік жамылғысындағы су мөлшерін анықтауға, құрғақшылықты бақылауға мүмкіндік береді [11]. Ең кең таралған вегетациялық индекс – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) және осы жұмыста зерттеу әдісі ретінде пайдаланылады. Индекс көрсеткіші фотосинтетикалық белсенді биомассаны көрсетеді. Электромагниттік спектрдің жақын инфрақызыл және қызыл толқындарын пайдалану арқылы есептеледі:

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

мұнда, NIR – жақын инфрақызыл толқын

RED – қызыл толқын.

NDVI есептеу нәтижесінің мәні -1 мен 1 аралығында болады (1-сурет). Осы аралықтағы мәндер белгілі бір объектіні білдіреді, мысалы, 0,7 – қалың өсімдік жамылғысын, 0,5 – сирек өсімдік жамылғысын, 0,025 – өсімдік жамылғысы жоқ аймақты, 0 – бұлтты, -0,05 – қар мен мұз жамылғысын; -0,25 – су нысандарын білдіреді. Алынған нәтиже биомассаны, топырақ ылғалдылығы, минералды қанығуы, булану, түсетін жауын-шашын мөлшері, қар жамылғысы сияқты факторлармен байланысты және солар арқылы түсіндіріледі. Алайда аталған параметрлерден бөлек жыл мезгілін де зерттеу барысында ескерген жөн. Негізгі кемшілігі – егерде өсімдік белсенді түрде өсіп жатса, онда индекс арқылы оны «қарапайым» жасыл өсімдіктен анықтау мүмкін болмайды. Және көптеген ғарыштық суреттерден ақпарат алуға ауа-райы жағдайы кедергі келтіруі мүмкін [12-15].



1-сурет. NDVI индексінің дискретті шкаласы

NDVI индексті есептеу үшін бұл жұмыста Sentinel-2 ғарыштық суреттері қолданылды. Sentinel-2 – Еуропалық ғарыштық агенттігінің жерді қашықтықтан зерделеуге арналған

спутниктерінің бірі. Спутник жерді пайдалануды, өсімдіктерді, орман және су қорын бақылауға, табиғи апаттардың нәтижесін зерделеп, жоюға арналған. Ең бірінші спутнигі 2015 жылы ұшырылған. Кеңістіктік рұқсаты: 10, 20, 60 м [16].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Қазақстанның солтүстік бөлігінде ауыл шаруашылығы экономиканың негізгі секторларының бірі және бүкіл елдегі егістік алқаптарының басым бөлігі осы аймақта таралған. Ақмола, Қостанай, Павлодар, Солтүстік Қазақстан облыстарының аумағы Солтүстік Қазақстан экономикалық ауданның құрамына кіреді. Зерттеу ауданы ретінде Ақмола, Қостанай және Солтүстік Қазақстан облыстарының шекарасы, Есіл өзенінің алқабы алынды (2-сурет).

Ауданның біраз бөлігін Батыс Сібір жазығы алып жатыр, негізінде рельеф типі - жазық дала. Өзен-көлдердің желісі жақсы дамыған, басты өзендері – Есіл, Ертіс, Тобыл.

Климаты шұғыл континентті, өте ұзақ қыс пен қоңыржай жаз тән. Ең суық ай болып саналатын қаңтар айында орташа айлық температурасы - 22°C, ал ең ыстық ай шілде айында бұл көрсеткіш +21°C-қа тең. Орташа жауын-шашын мөлшері 300 мм мен 700 мм арасында құбылады. Вегетациялық кезең 135-170 күн аралығында болады. Ауа температурасының өте ұзақ уақыт төмен болуына қарамастан, аймақта күн радиациясының қоры жоғары. Бірнеше жылда бір рет құрғақшылық қайталанып тұрады. Жаздың басында және күздің соңында ауа райы күрт суып, үсік жүреді.



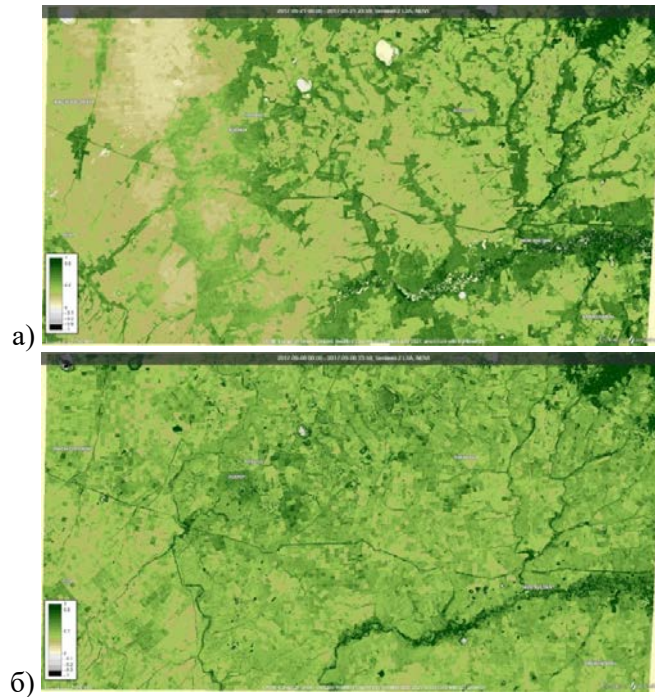
2-сурет. Зерттеу ауданының Қазақстанның картасында орналасуының сызбанұсқасы

Қайыңды, көктеректі ормандар кең тараған. Аймақта негізінен бидайдың қатты және жұмсақ сұрыптары, жүгері, күнбағыс егіледі. Топырақ жамылғысы негізінен қара топырақпен сипатталады. Қара топырақтың өнімділігі жоғары, жақсы ылғалданған далалық жазықта кеңінен таралған. Гумус мөлшері 4-6% құрайды [17-18].

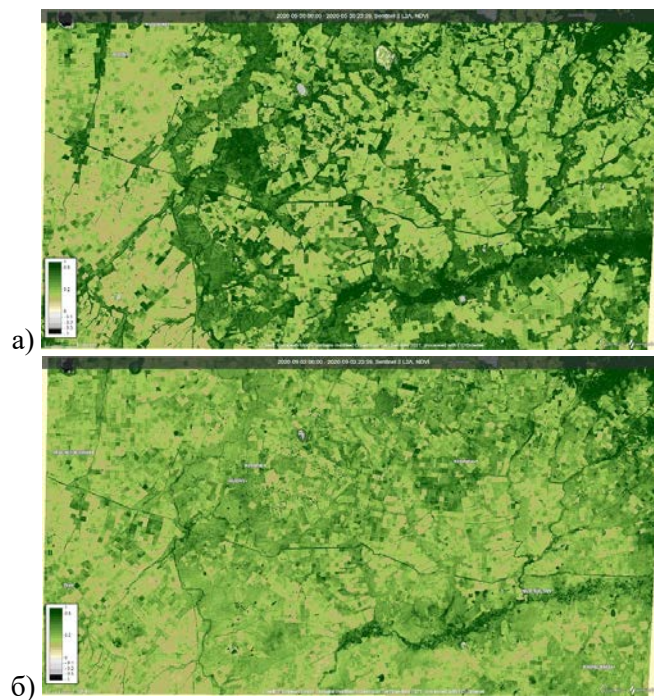
Аймақта егін шаруашылықтары кең тараған. Мұны Sentinel-2 ғарыштық суреті көмегімен NDVI есептеу нәтижесі берді. 3 (а) –суретте 2017 жылы 21 мамырда түсірілген ғарыштық суретті өңдеу нәтижесі, ал (б) суретте сол жылы 08 қыркүйектегі сурет арқылы индексті есептеу картасы берілген. Байқап отырғанымыздай мамырда солтүстік Қазақстанда өсімдік жамылғысы өзен арналарына жақын жерде өте қатты дамыған, ал күзгі суретте бұл көрініс байқалмайды. Жасыл өсімдіктердің аудан бойынша бірқалыпты таралғанын көріп отырмыз. Тек қана Есіл өзенінің саласында қалың өсімдік жамылғысы сақталған, алайда ауданы азайған. Сонымен зерттеу ауданының шығыс бөлігінде мамыр айында ашық топырақ біраз аймақты алып жатыр.

Ал 4-суретте 2020 жылы 30 мамыр мен 02 қыркүйекте түсірілген ғарыштық суреттер арқылы есептелген NDVI нәтижесі берілген. Көріп отырғанымыздай, бұл жылы 2017 жылмен салыстырғанда өсімдік жамылғысы қалың және күзде де өз жағдайын сақтап тұрған. 2017 жылғы суретте шығыс бөлігі ашық, өсімдіксіз аймақ болса, 2020 жылы бұл жер өсімдік жамылғысы өскен, бірақ басқа жермен салыстырғанда қалың емес. Есіл өзенінің алабы 2020 жылға арналған нәтижеде қалың өсімдік жамылғысымен қоршалғанын көруге болады. 2020 жылы 2017 жылмен салыстырғанда жауын-шашын көбірек жауған, және өсімдік

жамылғысының қалың болуы соған байланысты болу керек. Және 2020 жылы егістік аудандары статистикаға сәйкес 15274,3-тен 15789,2-ге ұлғайған. Сонымен қатар солтүстік Қазақстанда өнім көлемі 3002,7 мың тоннадан 4143,7 мың тоннаға, яғни 1141 мың тоннаға ұлғайған.

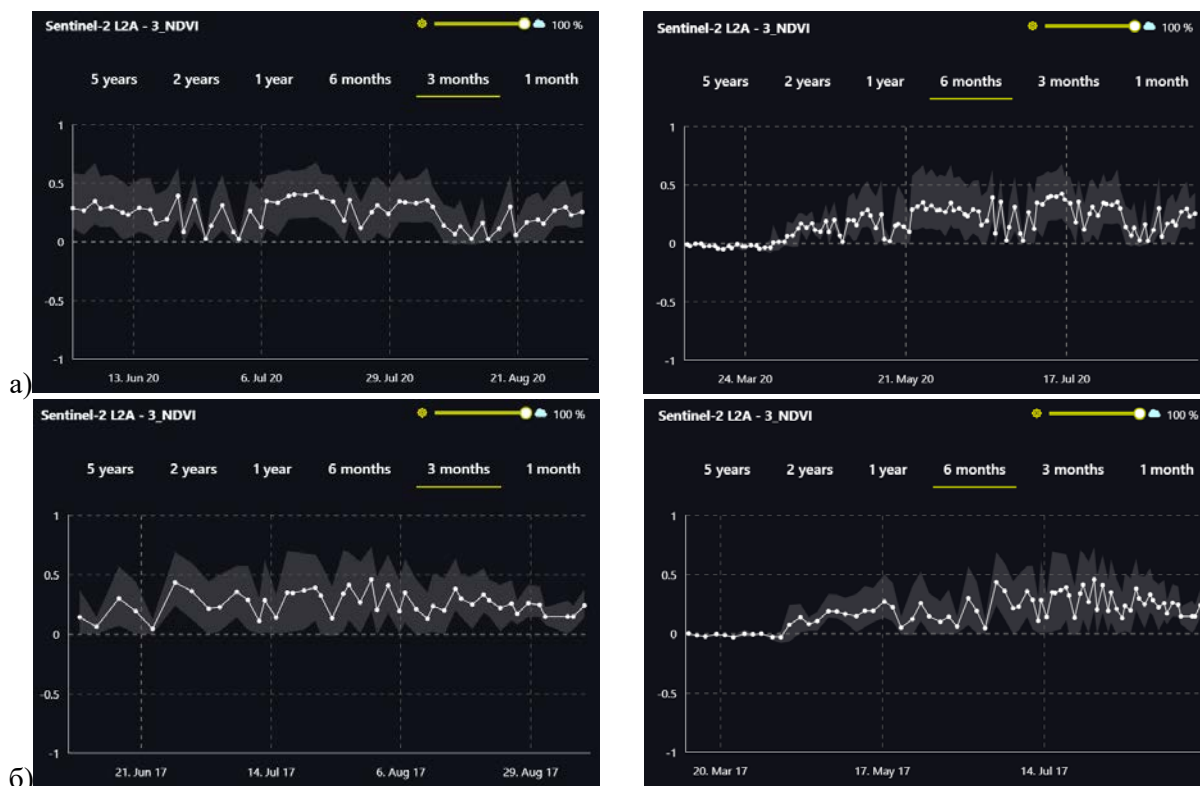


3-сурет. NDVI есептеу нәтижесі: а) 21.05.2017 жылғы ғарыштық сурет негізінде;
б) 08.09.2017 жылғы ғарыштық сурет негізінде



4-сурет. NDVI есептеу нәтижесі: а) 30.05.2020 жылғы ғарыштық сурет негізінде;
б) 02.09.2020 жылғы ғарыштық сурет негізінде

5 (а)-суретте 13 маусым - 2 қыркүйек 2020 жыл; 08 наурыз - 2 қыркүйек 2020 жыл аралығында NDVI көрсеткішінің өзгеруін көруге болады. Ал 5 (б) суретте 21 маусым-8 қыркүйек; 20 наурыз-8 қыркүйек 2017 аралығындағы NDVI көрсеткішінің құбылуы берілген. Графиктерден 2020 жылы NDVI мәнінің жоғары болғаны, күз кезінде де 0,25 мәнінде сақталғаны көрсетілген. Ал алты айға берілген графикте де жаз бойы NDVI мәні жоғары деңгейде сақталған, маусым айында көрсеткіші 2017 жылғы маусым айынан екі еседей жоғары болған.



5-сурет. 2017-2020 жылдарға NDVI көрсеткішінің өзгеруі

Қорытынды. Sentinel-2 ғарыштық суреттерін жүктеу кезінде әрбір үшінші-төртінші сурет қана бұлтсыз болып келеді, және оны вегетациялық кезеңде ауыл шаруашылығы алқаптарын болжауға пайдалануға болатыны белгілі болды. Бұл қолданылатын зерттеу материалдарының санының шектеулі болатынын білдіреді. Ең қажетті мамыр айында суреттердің біраз бөлігі бұлтты болды, ал кейбір суреттер 90-100 % бұлтпен қамтылған. NDVI индексі аймақтың егістік алқаптарын, жалпы өсімдік жамылғысы туралы ақпарат алуға мүмкіндік берді. Алайда толық ақпарат алу үшін басқа да индекстермен қатар пайдаланған дұрыс. Бұл алынатын нәтижені дұрыс интерпретациялауға мүмкіндік береді. Және ғарыштық суреттердің де басқа түрін, мысалы Landsat-8, MODIS, бірге қолданған жөн, нәтижесінде бірнеше дереккөзден ақпарат алып, салыстыруға мүмкіндік болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Якушев В. П. Дистанционные методы и средства в информационном обеспечении точного земледелия: состояние и перспективы //Применение средств дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве. – 2018. – С. 3-11.
- [2] Zhu Z. et al. Benefits of the free and open Landsat data policy //Remote Sensing of Environment. – 2019. – Т. 224. – С. 382-385.
- [3] Toté C. et al. Evaluation of the SPOT/VEGETATION Collection 3 reprocessed dataset: Surface reflectances and NDVI //Remote Sensing of Environment. – 2017. – Т. 201. – С. 219-233.

- [4] Mani J. K., Varghese A. O. Remote sensing and GIS in agriculture and forest resource monitoring //Geospatial technologies in land resources mapping, monitoring and management. – Springer, Cham, 2018. – С. 377-400.
- [5] Dong T. et al. Using RapidEye imagery to identify within-field variability of crop growth and yield in Ontario, Canada //Precision Agriculture. – 2019. – Т. 20. – №. 6. – С. 1231-1250.
- [6] Segarra J. et al. Remote sensing for precision agriculture: Sentinel-2 improved features and applications //Agronomy. – 2020. – Т. 10. – №. 5. – С. 641.
- [7] Kasampalis D. A. et al. Contribution of remote sensing on crop models: a review //Journal of Imaging. – 2018. – Т. 4. – №. 4. – С. 52.
- [8] Wójtowicz M. et al. Application of remote sensing methods in agriculture //Communications in Biometry and Crop Science. – 2016. – Т. 11. – №. 1. – С. 31-50.
- [9] Xue J., Su B. Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications //Journal of sensors. – 2017. – Т. 2017.
- [10] Amalo L. F., Ma'rufah U., Permatasari P. A. Monitoring 2015 drought in West Java using Normalized Difference Water Index (NDWI) //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2018. – Т. 149. – №. 1. – С. 012007.
- [11] Mustafa M. T. et al. Using water indices (NDWI, MNDWI, NDMI, WRI and AWEI) to detect physical and chemical parameters by apply remote sensing and GIS techniques //International journal of research-granthaalayah. – 2017. – Т. 5. – №. 10. – С. 117-128.
- [12] Rugel E. J. et al. Beyond the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): developing a natural space index for population-level health research //Environmental research. – 2017. – Т. 159. – С. 474-483.
- [13] Bagherzadeh A., Hoseini A. V., Totmaj L. H. The effects of climate change on normalized difference vegetation index (NDVI) in the Northeast of Iran //Modeling Earth Systems and Environment. – 2020. – С. 1-13.
- [14] Berger A. et al. Predicting the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) by training a crop growth model with historical data //Computers and Electronics in Agriculture. – 2019. – Т. 161. – С. 305-311.
- [15] Van Hoek M. et al. Early drought detection by spectral analysis of satellite time series of precipitation and normalized difference vegetation index (NDVI) //Remote Sensing. – 2016. – Т. 8. – №. 5. – С. 422.
- [16] Wang Q., Atkinson P. M. Spatio-temporal fusion for daily Sentinel-2 images //Remote Sensing of Environment. – 2018. – Т. 204. – С. 31-42.
- [17] Mazhitova G. Z. et al. Comprehensive Analysis of Natural Agricultural Potential of North Kazakhstan Region //Science, Ecology and Engineering Research in the Globalizing World. – 2018. – С. 504.
- [18] Пашков С. В., Байбусинова С. Б. Природно-агрогенная обусловленность плодородия почв Северного Казахстана //Вестник Забайкальского государственного университета. – 2017. – Т. 23. – №. 2.

REFERENCES

- [1] Yakushev V. P. Distancionnye metody i sredstva v informacionnom obespechenii tochnogo zemledeliya: sostoyanie i perspektivy //Primenenie sredstv distancionnogo zondirovaniya zemli v sel'skom hozyajstve. – 2018. – С. 3-11.
- [2] Zhu Z. et al. Benefits of the free and open Landsat data policy //Remote Sensing of Environment. – 2019. – Т. 224. – С. 382-385.
- [3] Toté C. et al. Evaluation of the Spot/vegetation Collection 3 reprocessed dataset: Surface reflectances and NDVI //Remote Sensing of Environment. – 2017. – Т. 201. – С. 219-233.
- [4] Mani J. K., Varghese A. O. Remote sensing and GIS in agriculture and forest resource monitoring //Geospatial technologies in land resources mapping, monitoring and management. – Springer, Cham, 2018. – С. 377-400.
- [5] Dong T. et al. Using RapidEye imagery to identify within-field variability of crop growth and yield in Ontario, Canada //Precision Agriculture. – 2019. – Т. 20. – №. 6. – С. 1231-1250.
- [6] Segarra J. et al. Remote sensing for precision agriculture: Sentinel-2 improved features and applications //Agronomy. – 2020. – Т. 10. – №. 5. – С. 641.
- [7] Kasampalis D. A. et al. Contribution of remote sensing on crop models: a review //Journal of Imaging. – 2018. – Т. 4. – №. 4. – С. 52.

- [8] Wójtowicz M. et al. Application of remote sensing methods in agriculture //Communications in Biometry and Crop Science. – 2016. – Т. 11. – №. 1. – С. 31-50.
- [9] Xue J., Su B. Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications //Journal of sensors. – 2017. – Т. 2017.
- [10] Amalo L. F., Ma'rufah U., Permatasari P. A. Monitoring 2015 drought in West Java using Normalized Difference Water Index (NDWI) //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2018. – Т. 149. – №. 1. – С. 012007.
- [11] Mustafa M. T. et al. Using water indices (NDWI, MNDWI, NDMI, WRI and AWEI) to detect physical and chemical parameters by apply remote sensing and GIS techniques //International journal of research-granthaalayah. – 2017. – Т. 5. – №. 10. – С. 117-128.
- [12] Rugel E. J. et al. Beyond the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): developing a natural space index for population-level health research //Environmental research. – 2017. – Т. 159. – С. 474-483.
- [13] Bagherzadeh A., Hoseini A. V., Totmaj L. H. The effects of climate change on normalized difference vegetation index (NDVI) in the Northeast of Iran //Modeling Earth Systems and Environment. – 2020. – С. 1-13.
- [14] Berger A. et al. Predicting the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) by training a crop growth model with historical data //Computers and Electronics in Agriculture. – 2019. – Т. 161. – С. 305-311.
- [15] Van Hoek M. et al. Early drought detection by spectral analysis of satellite time series of precipitation and normalized difference vegetation index (NDVI) //Remote Sensing. – 2016. – Т. 8. – №. 5. – С. 422.
- [16] Wang Q., Atkinson P. M. Spatio-temporal fusion for daily Sentinel-2 images //Remote Sensing of Environment. – 2018. – Т. 204. – С. 31-42.
- [17] Mazhitova G. Z. et al. Comprehensive Analysis of Natural Agricultural Potential of North Kazakhstan Region //Science, Ecology and Engineering Research in the Globalizing World. – 2018. – С. 504.
- [18] Pashkov S. V., Bajbusinova S. B. Prirodno-agrogennaya obuslovlennost' plodorodiya pochv Severnogo Kazakhstana //Vestnik Zabajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta. – 2017. – Т. 23. – №. 2.

^{1,2}М.А.Алпысбай*, ¹А.З.Гаппаров

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Satbayev University, Алматы, Казахстан
e-mail: marua.alpysbay@gmail.com

МОНИТОРИНГ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ SENTINEL-2

Аннотация. В статье представлены вопросы мониторинга и анализа сельскохозяйственных угодий с помощью данных из космической съемки. В качестве основного материала исследования использовались снимки со спутника Европейского космического агентства Sentinel-2. Этот спутник предоставляет оптические данные, которые используются для многих сфер, такие как мониторинг за наводнениями, оползнями, пожарами, сельскохозяйственными культурами и т.д. В качестве объекта исследования использовался район Северной экономической зоны Казахстана, устье реки Есиль. Для выполнения мониторинга был использован вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), разъяснены основные принципы его применения. Изложен анализ полученного результата и в диаграммах показаны изменения вегетационного фона исследуемой территории. Были приведены специальные рекомендации для дальнейшего совершенствования методов исследования и обоснована его эффективность.

Ключевые слова: сельское хозяйство, Sentinel-2, дистанционное зондирование, мониторинг, вегетационные индексы, NDVI.

^{1,2}M.A. Alpysbay*, ¹A.Z.Gapparov

¹al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan

²Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: marua.alpysbay@gmail.com

AGRICULTURAL LAND MONITORING USING SENTINEL-2 SATELLITE DATA

Abstract. The article presents the issues of monitoring and analysis of agricultural land using satellite imagery data. Images from the European Space Agency's Sentinel-2 satellite were used as the main research material. This satellite provides optical data that is used for many areas, such as monitoring for floods, landslides, fires, agricultural crops, etc. The area of the Northern Economic Zone of Kazakhstan, the mouth of the Yessil River, was used as the object of the study. The vegetation index NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) was used for monitoring, and the basic principles of its application were explained. The analysis of the obtained result is presented and the diagrams show changes in the vegetation background of the studied territory. Special recommendations were given for further improvement of research methods and its effectiveness was justified.

Key words: agriculture, Sentinel-2, remote sensing, monitoring, vegetation indices, NDVI.