

ДИСТАНЦИОНЕН МОНИТОРИНГ НА ВОДНОТО ОГЛЕДАЛО НА ЯЗОВИР „КАМЧИЯ“

Георги Желев

РЕЗЮМЕ

В настоящето изследване се разглежда промяната на водното огледало на яз. „Камчия“ чрез използване на дистанционни данни и методи в среда на геоинформационни системи (ГИС). Проследена е динамиката на водното огледало за период от близо две години – от началото на 2019 г. до октомври 2020 г. За целта са използвани изображения от спътниците Sentinel 2A и 2B, които са с висока времева разделителна способност (заснемат територията на всеки 5 дни). Обработени са около 80 броя безоблачни изображения от общо над 240 заснети на изследвания район, като е избрано по едно от всеки месец. Резултатите са организирани в пространствена база данни (Kamchia.gdb) в среда на ArcGIS. За определяне на границата вода-суша е използван воден индекс – MNDWI (Modified Normalized Difference Water). Изчислени са площите на водното огледало за всеки месец и е направен анализ на резултатите. Ясно се очертава тенденция за намаляване на водната площ с около 10% през 2020 г. в сравнение с 2019 г.

**КЛЮЧОВИ ДУМИ: ДИСТАНЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ, ГИС, ЯЗ. „КАМЧИЯ“,
ВОДЕН ИНДЕКС MNDWI**

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Ключов елемент в процеса на мониторинг на околната среда е събирането на надеждни и навременни данни за състоянието на изследваните природни обекти, които ще позволят приемане на подходящи стратегии и вземане на управленчески решения. Това лесно се решава с помощта на дистанционния мониторинг. Организирането на данните и тяхната обработка е немислимо без използването на съвременните софтуерни продукти за работа в ГИС. Директивата на Европейския съюз INSPIRE за създаване на инфраструктура за пространствена информация в Европейската общност [3] задължава всички страни членки да изградят геопортал с определен набор от задължителни геопропространствени данни.

Водното огледало на язовирите и неговото изменение във времето е характеристика, която лесно се проследява по спътникови изображения. Това е част от дистанционния мониторинг на водните системи.

Язовир „Камчия“ е изграден през 1973 г. по поречието на р. Луда Камчия в източната част на Стара планина [2, 17]. Завирената площ е 9,601 km². Водният обем на язовира е 233,55 млн. m³. Водосборна площ е 1612 km². Тя се формира от реките: р. Луда Камчия, р. Котленска, р. Глогова, р. Нейковска, р. Ичеренска, р. Медвенска и р. Садовска. Язовир „Камчия“ е язовир категорията А2 [1]. Той е вододейна зона и се използва за питейно-битово

водоснабдяване на градовете Бургас и Варна. Поради тази причина понижаване на нивото, а от там и на площта на водното огледало е важен сигнал за проблем. Ляво центриране, главни букви, удебелено, 12 пункта. Разстояние между параграфите - 12 пункта (преди и след). (Име на стил – “Раздел”)

2. ОБЕКТ НА ИЗСЛЕДВАНЕ

Обект на изследването е водното огледало на яз. „Камчия“, разположен по поречието на р. Луда Камчия. Конкретната цел на изследването е да се проследи и анализира динамиката на водната повърхност на язовира за периода януари 2019 г. до октомври 2020 г. по спътникови изображения от Sentinel 2A и Sentinel 2B.

3. ДАННИ И МЕТОДИ

Използвани са данни от онлайн геопространствени информационни системи, хранилища на спътникови данни и облачни услуги. Използвана е безплатната облачна услуга на хранилището от спътникови данни на компанията EOS [23]. Тя предоставя бързи решения за автоматизирана обработка и анализ на спътникови изображения.

LandViewer на компанията EOS [18] е прост и интуитивен, лесен за употреба уеб интерфейс, представен на обществеността от EOS за автоматизирана обработка на данните в реално време. Предоставя възможност за използване на данни на трети страни (изображения от европейските спътници Sentinel 2A и Sentinel 2B [19], изстреляни по програмата Copernicus) и голямо разнообразие от самостоятелно разработени методи и индекси за анализ на спътниковите изображения в реално време.

Използваните данни от двойката спътници Sentinel 2 са с висока времева разделителна способност – през 3 дни. Многоспектралният инструмент (Multispectral instrument /MSI/) регистрира заснетата повърхност в 13 спектрални канала във видимия, близък инфрачервен (VNIR) и късовълновия инфрачервен диапазон на спектъра (SWIR). Апаратурата на спътниците е тясно профилирана към регистриране на природната среда и конкретно за определяне на границата суша-вода [8, 9, 12, 19, 20].

За определяне на площта на водното огледало на водни обекти се прилагат различни автоматични методи, но един от най-простите и ефективни методи е използването на водни индекси [5, 7, 16]. В настоящето изследване е използван разработеният от Xu [14] модифициран воден индекс: MNDWI, който се използва широко за определяне на контура на водни обекти [6, 10, 13, 15]. За получаване на допълнителна информация и доуточняване на границата вода-суша са използвани класическите воден NDWI [11] и вегетационен NDVI индекси, които се изчисляват по следните формули:

$$\text{MNDWI} = (\text{B03} - \text{B11}) / (\text{B03} + \text{B11}) \quad (1)$$

$$\text{NDWI} = (\text{B03} - \text{B08}) / (\text{B03} + \text{B08}) \quad (2)$$

$$\text{NDVI} = (\text{B8A} - \text{B04}) / (\text{B8A} + \text{B04}) \quad (3)$$

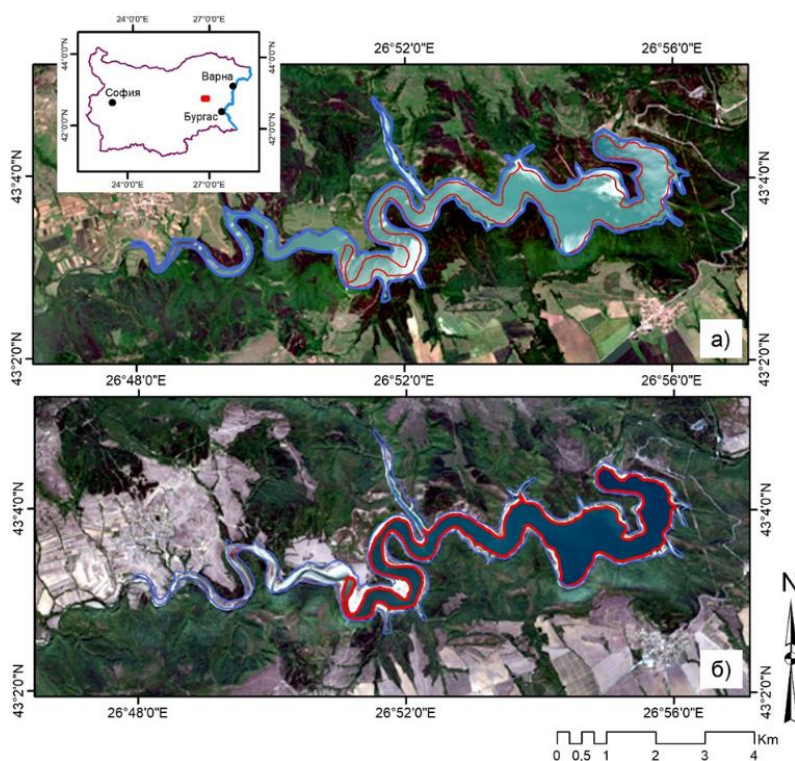
където:

B03 – зелен спектрален канал (559.8 nm), B04 – червен спектрален канал (664.6 nm), B08 – близък инфрачервен спектрален канал (832.8 nm), B08A – тесен близък инфрачервен спектрален канал (864.7 nm), B11 – късовълнов инфрачервен спектрален канал (1613.7 nm) [19].

4. ГИС БАЗА ДАННИ

Геоинформационните системи (ГИС) са един незаменим инструмент при работа с данни от дистанционни изследвания на земни обекти и тяхната визуализация [4]. За целите на настоящето изследване данните са организирани в растерна и векторна ГИС база данни. Координатната система е UTM зона 35N, датума е D WGS 1984, елипсоида е WGS 1984, а проекцията е Transverse Mercator.

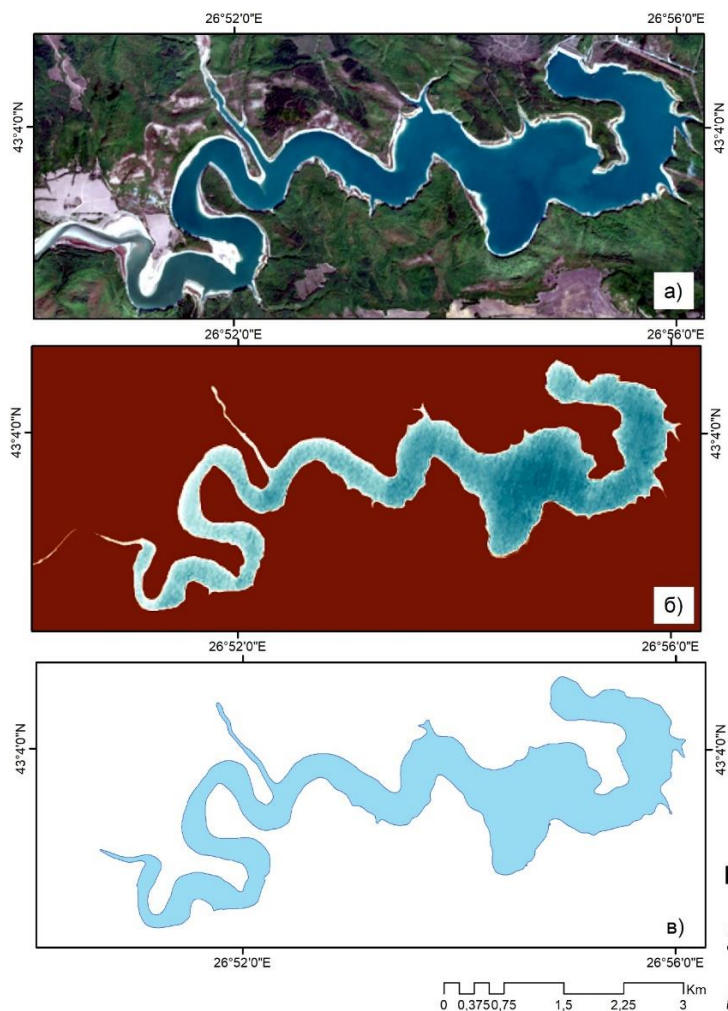
Растерната база данни (Kamchia_img.gdb) се състои от 45 изтеглени изображения и продукти, обработени в облачната услуга на EOS LandViewer. Векторната база данни съдържа екстрактираните векторни слоеве на водното огледало на язовира (Kamchia.gdb). За определяне на максималната площ на водното огледало (9601 m²) е приета тази от топографска карта, картен лист: К-35-042-2 Риш [22]. Най-близката до максималната площ е изчислена по спътниково изображение от Sentinel-2 от 05.06.2017 г., а минималната за периода – по изображение, заснето на 22.09.2020 г. (Фиг. 1).



Фиг. 1. Водното огледало на яз. „Камчия“ (максимално в синьо и минимално в червено) по спътниково изображение от Sentinel-2, в цветове близки до реалните (R,G,B – B04, B03, B02) от а) 05.06.2017 г.; б) 22.09.2020 г., Източник [18]

5. ОБРАБОТКА НА СПЪТНИКОВИТЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ПРОДУКТИ

В онлайн платформата EOS Land Viewer hub са прегледани всички налични за изследвания район спътникови изображения от Sentinel 2. Прегледани са 246, като 80 са с облачна покривка под 10%. Заради маскиращия ефект на облаците са избрани 23 чисти, безоблачни изображения. Модифицираният воден индекс MNDWI (формула 1, Фиг. 2) е приложен в облачната услуга на платформата. Получените индексни изображения са изтеглени и организирани в база данни Kamchia_img.gdb. В ГИС среда всяко от тях е рекласифицирано и получените растери са конвертирани във вектори – полигони (Фиг. 2). Те са организирани в векторна база данни - Kamchia.gdb. Като последна стъпка при обработката е изчислена площта и е експортирана в таблица в MS Excel.



Фиг. 2 а) Спътниково изображение от 27.09.2020 г., б) обработено индексно изображение с модифициран воден индекс - MNDWI Източник [18] и в) екстрактиран векторен полигон

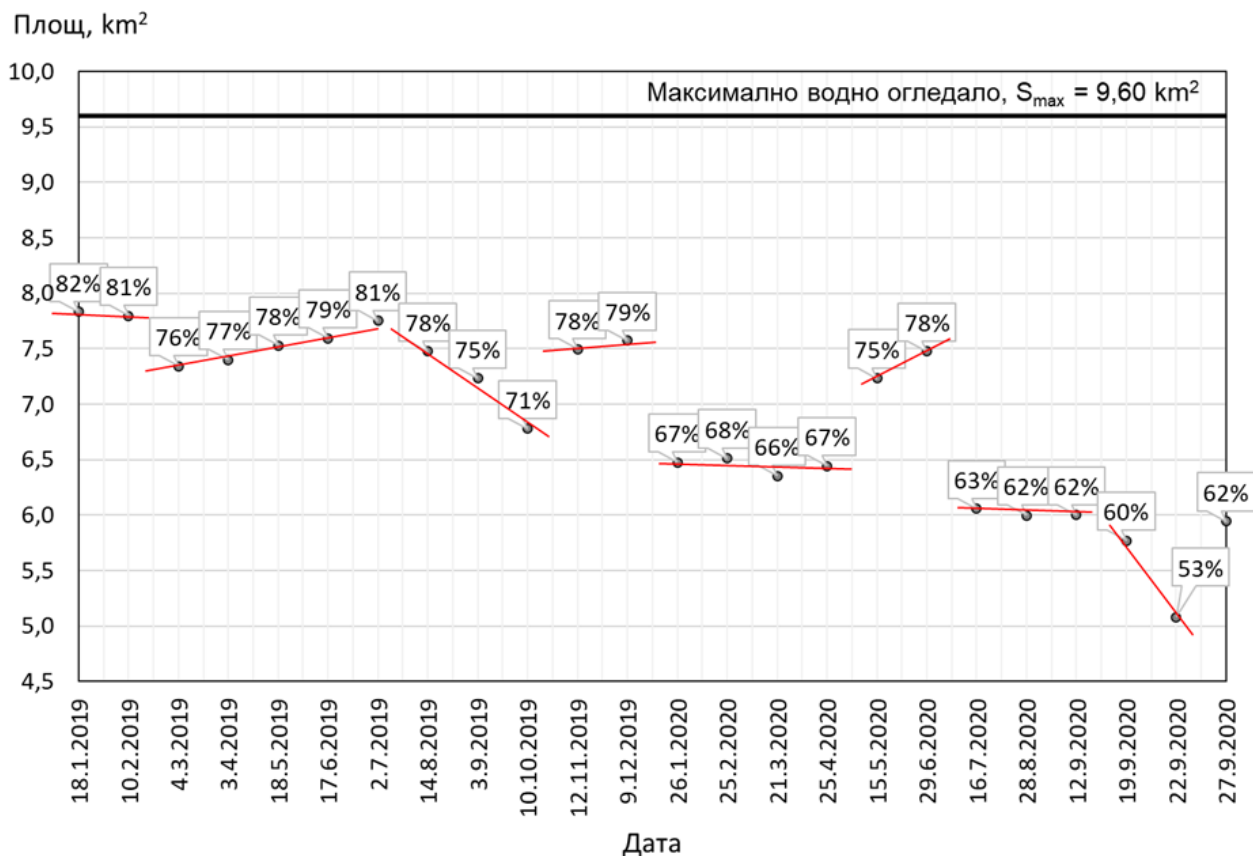
6. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

Поради маскиращия ефект на облачната покривка на спътниковите изображения във видимата част от спектъра са използвани много малко от наличните изображения в EOS Land

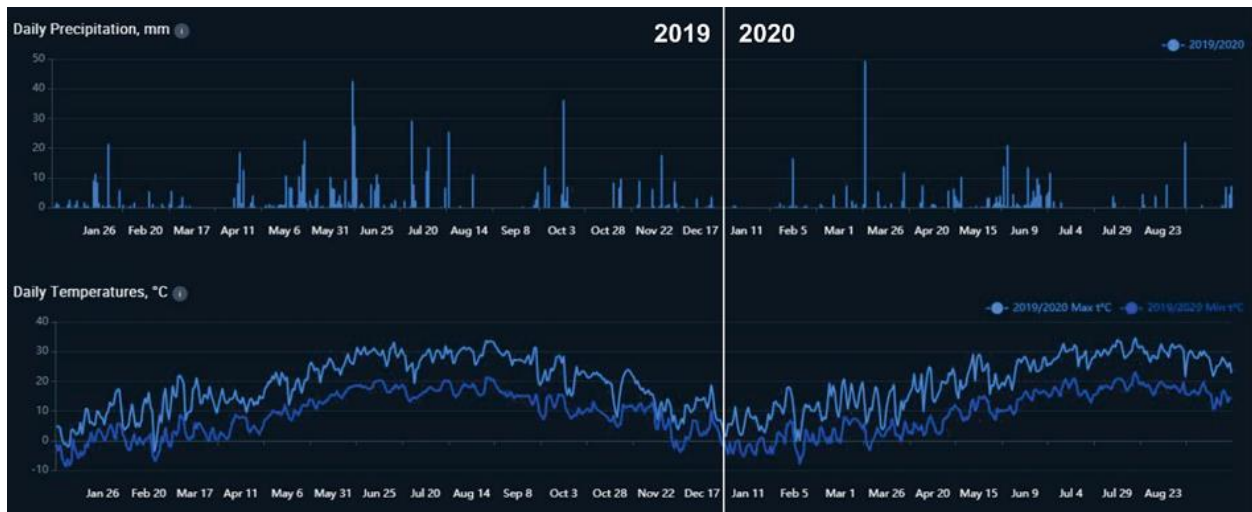
Viewer хъба и заснети от Sentinel 2. Търсено е поне едно изображение на месец без облаци или сенки върху площта на язовира.

На Фиг. 1, за 22.09.2020, може да се види съотношението на максималната и минимална водна площ, която е почти два пъти по-малка – 53%.

Данните от площта на водното огледало са обработени в Excel и са представени в графичен вид (Фиг. 3). Колебанията на площите е свързано основно с валежите и това ясно се вижда и от фиг. 4, като след по-продължителни валежи са забелязва по-голямо по площ водно огледало на язовира. При съпоставка на валежите през двете години, 2019 г. и 2020 г., се забелязва, че през 2020 г. валежите са много по-краткотрайни и с по-ниски стойности, докато колебанията на температурата е сходни. Най-вероятно това е една от причините за по-малката площ (с около 10%) на водното огледало през 2020 г. От използваните изображения от последния месец ясно се вижда много рязък спад на площта на водната повърхност, която е и най-малката измерена площ (5.08 km^2) на 22 септември 2020 г. Обнадеждаващ е фактът, че дъждовете през последните дни промениха тенденцията към леко нарастване на площта на водното огледало (Фиг. 3).



Фиг. 3. Тенденция на промяната на площта на водното огледало на яз. „Камчия“ за периода януари 2019 – октомври 2020 г.



Фиг. 4. Дневни валежи и температури за изследвания период 01.2019 – 10.2020 г. Източник [21]

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение на извършения анализ на данните от спътниковите изображения се потвърждава по-ниска, с около 10%, площ на водната повърхност през 2020 година спрямо тази през 2019 година. Пролетните и есенните дъждове играят важна роля при захранването на язовира с вода. Провеждането на един бърз и ефективен мониторинг на язовира дава възможност да взимане на бързи решения и избягване на последващи проблеми.

ЛИТЕРАТУРА

1. Годишен доклад за качеството на повърхностните води, предназначени за питейно–битово водоснабдяване в обхвата на Басейнова дирекция за Черноморски район, Министерство на околната среда и водите и Министерство на здравеопазването, 25
2. Зяпков, Л. Актуални проблеми на използване и опазване на водите. В: География на България, Физическа география, Социално-икономическа география, под редакцията на Е. Копралев, София, Изд. ФорКом, ГИ-БАН, 2002, стр. 256-276. ISBN 954-464-123-8
3. Официален вестник на Европейския съюз, 14 март 2007 година, Директива 2007/2/ЕО НА Европейския Парламент и на Съвета за създаване на инфраструктура за пространствена информация в Европейската общност (INSPIRE), <https://wabd.bg/docs/Zakoni/EUZakoni/Directive-2007-2.pdf>
4. Попов, А. Географски информационни системи. София, Изд. Анубис, 2012, 471, ISBN 9789544269234
5. Bhangale, U., More, S., Shaikh, T., Patil, S., & More, N. (2020). Analysis of Surface Water Resources Using Sentinel-2 Imagery. *Procedia Computer Science*, 171, 2645–2654. doi: 10.1016/j.procs.2020.04.287
6. Bie, W., Fei, T., Liu, X., Liu, H., & Wu, G. (2020). Small water bodies mapped from Sentinel-2 MSI (MultiSpectral Imager) imagery with higher accuracy. *International Journal of Remote Sensing*, 41(20), 7912–7930. doi: 10.1080/01431161.2020.1766150
7. Huang, C., Chen, Y., Zhang, S., & Wu, J. (2018). Detecting, Extracting, and Monitoring Surface Water From Space Using Optical Sensors: A Review. *Reviews of Geophysics*, 56(2), 333–360. doi: 10.1029/2018rg000598
8. Jelev G., 2020. Water Surface Dynamic's of The Studena Dam, Pernik Using Sentinel 2a and 2b Satellite Data, *Aerospace Research in Bulgaria*, Space Research Institute, №32, pp 34-40

XXX МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
“СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ”

София, 04 – 06 ноември 2020 г.

XXX INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS
Sofia, 04 – 06 November 2020

9. Jelev G., E. Rumena, 2001. Monitoring the Studen kladenets reservoir using air and space images, *Aerospace Research in Bulgaria*, Space Research Institute, №16, pp 97-106. http://journal.space.bas.bg/arhiv/n%2016/Volume_16.pdf
10. Katsarska-Filipova, S., D. Filipov, P. Raeva. (2020). Sustainable Management of Water Bodies Based on Multitemporal Satellite Images, *Proceedings Vol. 1, 8th International Conference on Cartography and GIS, 2020, Nessebar, Bulgaria*, pp 693-701, ISSN: 1314-0604.
11. McFeeters, S.K. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *Int. J. Remote Sens.* 1996, 17, 1425–1432.
12. Mishra, K., & Prasad, P. R. C. (2015). Automatic Extraction of Water Bodies from Landsat Imagery Using Perceptron Model. *Journal of Computational Environmental Sciences*, 2015, 1–9. doi: 10.1155/2015/903465.
13. Sekertekin, A., S. Cicekli and N. Arslan, "Index-Based Identification of Surface Water Resources Using Sentinel-2 Satellite Imagery," 2018 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT), Ankara, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/ISMSIT.2018.8567062.
14. Xu, H.Q. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *Int. J. Remote Sens.* 2006, 27, 3025–3033.
15. Yang, X., Zhao, S., Qin, X., Zhao, N., & Liang, L. (2017). Mapping of Urban Surface Water Bodies from Sentinel-2 MSI Imagery at 10 m Resolution via NDWI-Based Image Sharpening. *Remote Sensing*, 9(6), 596. doi: 10.3390/rs9060596
16. Zhang, Z., Zhang, X., Jiang, X., Xin, Q., Ao, Z., Zuo, Q., & Chen, L. (2019). Automated Surface Water Extraction Combining Sentinel-2 Imagery and OpenStreetMap Using Presence and Background Learning (PBL) Algorithm. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 1–15. doi: 10.1109/jstars.2019.2936406

Интернет източници

17. [https://bg.wikipedia.org/wiki/Камчия_\(язовир\)](https://bg.wikipedia.org/wiki/Камчия_(язовир)) – Уикипедия, свободната енциклопедия, Камчия (язовир), 07.2020
18. <https://eos.com/landviewer/?lat=42.86628&lng=26.90174&z=13> – EOS Land Viewer hub, 05.2020, © Copyright 2020 Earth Observing System. All rights reserved
19. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/resolutions/spatial> – ESA Sentinel Online, Home page, © ESA 2000 – 2020
20. https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2/Water_bodies – The European Space Agency, Home page, Water bodies, 09.2020
21. <https://eos.com/crop-monitoring/weather-history/field/6934505> – EOS crop-monitoring, weather-history, 09.2020
22. <http://web.uni-plovdiv.bg/vedrin/details/K-35-042-2.html> – BG Топо Maps, архив с топографски карти на отделни картни листове, Издание BGtopoVJ-v3.00, 2011 г., 05.2020 г.
23. <https://eos.com/lv/> – EOS Land Viewer, Home page, 05.2020, © Copyright 2020 Earth Observing System. All rights reserved.

ДАНИ ЗА АВТОРИТЕ

проф. д-р инж. Георги Желев

Институт за космически изследвания и технологии – БАН

София 1113, ул. "Акад. Георги Бончев" бл. 1

телефон: 029792415

e-mail: gjelev@space.bas.bg