

ПРИЛОЖЕНИЕ НА СПЪТНИКОВИ ДАННИ ОТ SENTINEL-2 ЗА МОНИТОРИНГ НА СНЕЖНАТА ПОКРИВКА ОТ ТЕРИТОРИЯТА НА НП „ЦЕНТРАЛЕН БАЛКАН“, СТАРА ПЛАНИНА

Андрей Стоянов

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: andreikit@space.bas.bg*

Ключови думи: спътникови данни, нормиран разликов снежен индекс (NDSI), снежна покривка

Резюме: В настоящето изследване са използвани оптични спътникови данни от Sentinel-2 MSI за период от 10 години, от месец април, от територията на Национален парк „Централен Балкан“. Генериран е нормиран разликов снежен индекс NDSI, за всеки от месеците, на база получените стойности от използвания индекс е проследена динамиката на пространственото разпределение на снежната покривка. Определени са индивидуални прагови стойности за всеки генериран индекс, от всяко оптично спътниково изображение и са получени резултати, включващи изчислените площи заети от сняг през изследвания период.

APPLICATION OF SENTINEL-2 SATELLITE DATA FOR MONITORING SNOW COVER IN TERRITORY OF “CENTRAL BALKAN”, STARA PLANINA

Andrey Stoyanov

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: andreikit@space.bas.bg*

Keywords: satellite data, normalized difference snow index (NDSI), snow cover

Abstract: In the present study, optical satellite data from Sentinel-2 MSI for a period of 10 years, since April, from the territory of the „Central Balkan“ National Park were used. A normalized difference snow index NDSI was generated for each of the months, the dynamics of the spatial distribution of snow cover was monitored based on the values obtained from the index used. Individual threshold values were determined for each generated index, from each optical satellite image, and results were obtained including the estimated areas covered by snow during the study period.

Въведение

Процесите свързани с промяната на глобалния климат включващи „глобалното затопляне“ и тенденцията на „засушаване“ на климата особено силно изразено на територията на Европа [1], оказват пряко негативно влияние върху количествата на снеговалежите, както и върху снеготопенето и снегозадържането, в частност и на територията на РБългария. През последното десетилетие се проявява тенденция на зачестяване на т.нар. „безснежни“ зими, особено в териториите разположени под 1000 m надм.в., което съответно има своите негативни ефекти върху селското стопанство, горските ресурси, водните запаси, и засилване процесите на „засушаване“. Основните фактори оказващи влияние върху образуването и задържането на снежната покривка са количеството на снеговалежите, температурата на въздуха и почвата [2].

В настоящата разработка са представени резултати получени от проект „Мониторинг на сезонната динамика и устойчивост на снежната покривка в планинския пояс на Р България за период от 10 години (2014–2024) на база Дистанционни изследвания“, обхващащ териториите разположени над 1000 m надм.в., като обект на изследване в настоящото изследване е избран НП „Централен Балкан“ в Централна Стара планина, заемащ площ от 716.69 km². Времевата рамка на изследването обхваща периода 2015–2024 г., като е

избран месец април от всяка година, чиито получени данни служат като индикатор за устойчивостта на снежната покривка (сняг, който се задържа не по-малко от един месец) за съответната година.

Методика

Методиката за мониторинг на снежната покривка включва: придобиване и обработка на оптични спътникови изображения от Sentinel-2 MSI [3] в Google Earth Engine (GEE) [4] и Arcstar => генериране на растерен псевдокомполит на всяко изображение в комбинация на каналите КВИЧ-ИЧ-Зелен, SWIR-IR-Green (11-8-3), очертаващ пространственото разпределение на териториите заети от сняг => генериране на снежния индекс NDSI (1) [5] => определяне на прагова стойност за всеки отделен генериран индекс чрез визуална интерпретация и използването на класификация в софтуера Arcstar => рекласификация на стойностите от индекса => генериране на векторна „маска“ на снежната покривка => изчисление на териториите заети от сняг за всяка избрана година => верификация с климатични данни от НИМХ => сравнение, интерпретация и анализ на получените резултати.

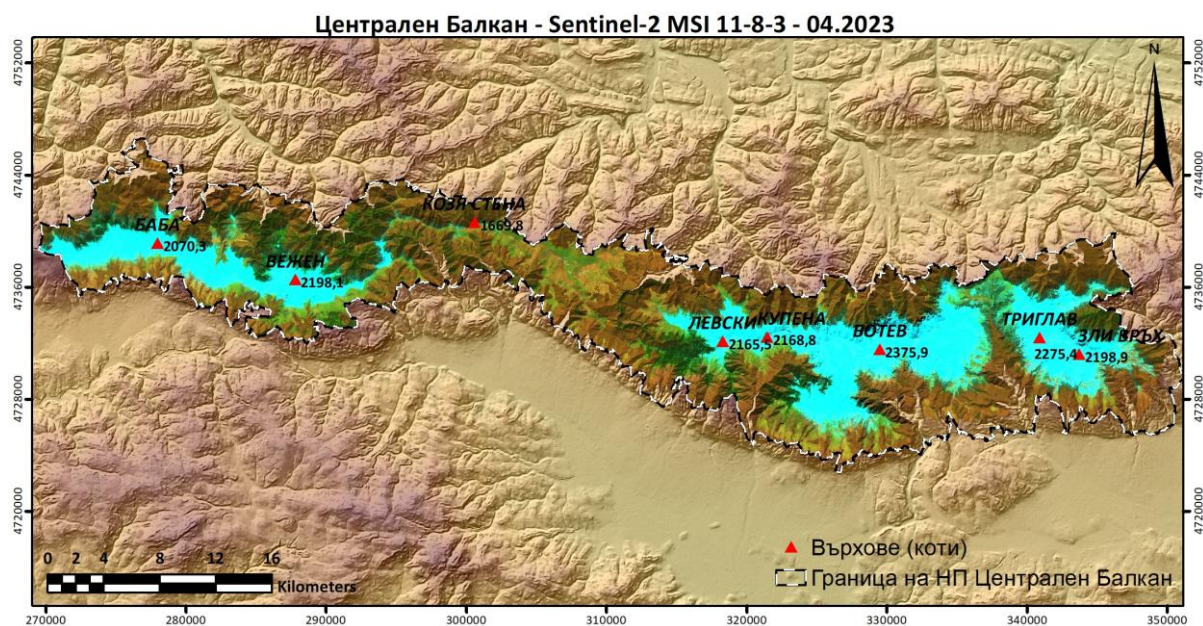
$$(1) \quad NDSI = \frac{(Green - SWIR)}{(Green + SWIR)}$$

Общоприетата прагова стойност, използвана за определяне на наличието на сняг е $NDSI > 0,4$, но някои изследователи предлагат, NDSI да бъде настроен според конкретната ситуация с методи за избор на прагова стойност, въз основа на визуална проверка/интерпретация, емпирична връзка или автоматизиран подбор [6,7].

Данните получени от генерирания код в GEE представляват мозайки от оптични изображения от Sentinel-2 (с „облачност“ варираща от 0–40%), избрани през съответния месец, като на всяка декада от месеца чрез визуална интерпретация са проследени наличието и промяната в пространственото разпределение на снежната покривка от изследваната територия.

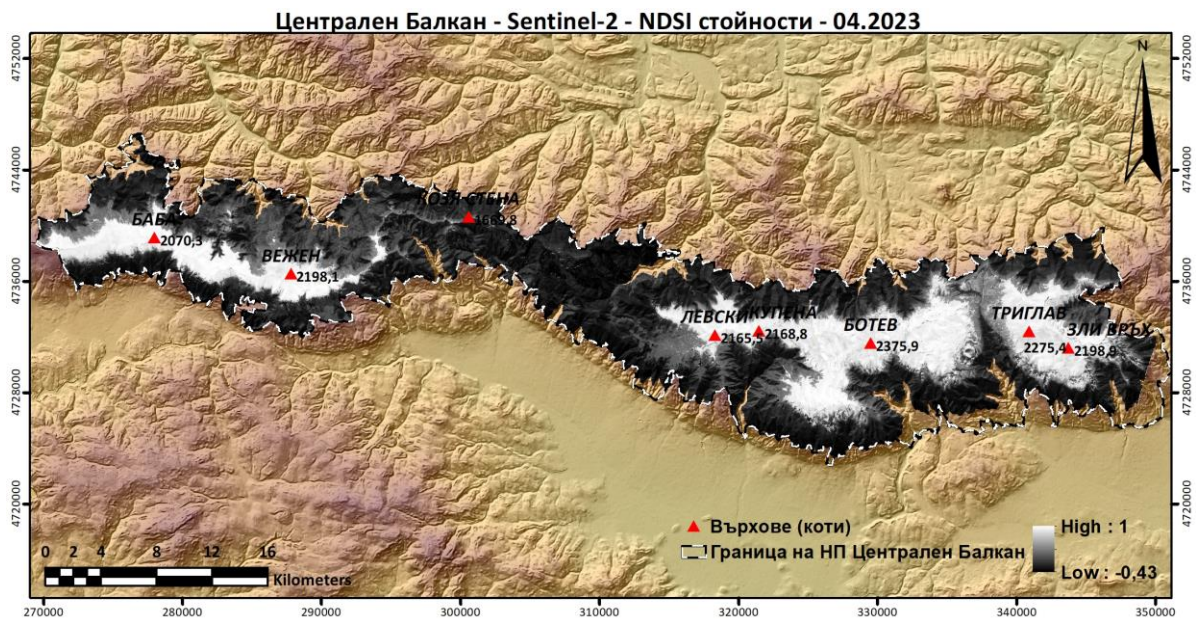
Резултати

Приложените фигури са представителна извадка за годините 2023 и 2024, от целия период на изследване 2015–2024г., показващи основните резултати поулчени от приложената методика за мониторинг на снежната покривка. На Фиг. 1 е представена карта в проекция UTM Зона 35 на изображение на Sentinel-2 MSI, генерирано от GEE, в комбинация на каналите 11-8-3 за територията на обекта на изследване, където е визуализирано пространственото разпределение на снежната покривка за м. април, 2023 г.



Фиг. 1. Карта на изображение от Sentinel-2, в комбинация на каналите 11-8-3 за месец април 2023 г.

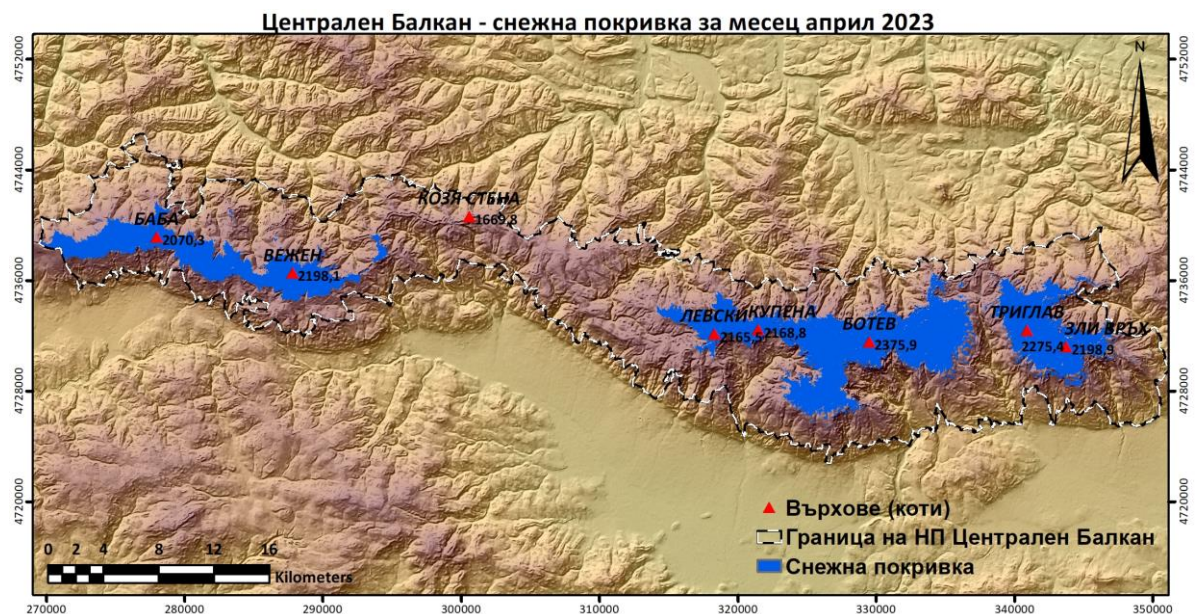
На Фиг. 2 е представена карта в проекция UTM Зона 35 на пространственото разпределение стойностите на генерирания NDSI, в черно-бяла цветова гама, избраната праговата стойност в този случай е $NDSI > 0.39$, като снежната покривка е оцветена в бяло.



Фиг. 2. Карта с пространственото разпределение на стойностите на NDSI за м. април 2023 г.

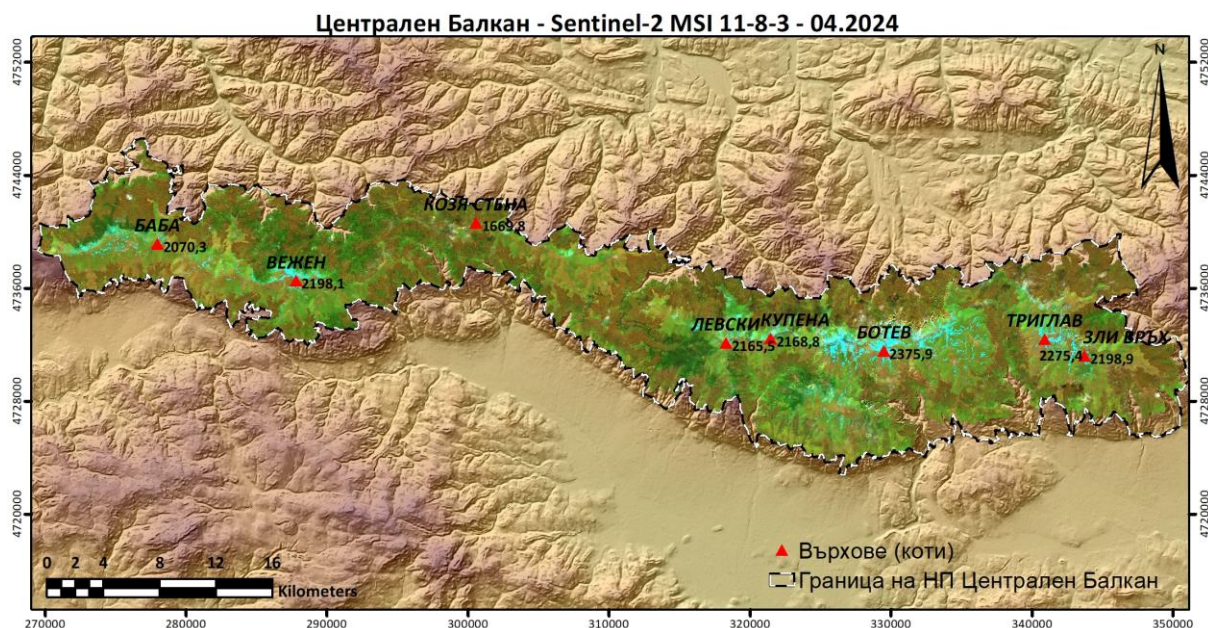
При сравнение на данните от Фиг. 1 и Фиг. 2, се вижда способността на използвания снежен индекс, да очертае ясно териториалния обхват на снежната покривка при определена зададена прагова стойност. На Фиг. 3 е представена карта на снежната покривка във векторен формат, представляващ стойностите от зададения праг на $NDSI > 0.39$, където площта на териториите заети от сняг е изчислена на **151.13 km²**.

На база получените резултати, границата във височина на устойчивата снежна покривка за м. април 2023 г., започва приблизително от 1700 m надм.в. Данните от бюлетина на НИМХ [8] за количествата снеговалежи през този месец показват слаби превалявания от сняг като дебелината на снежната покривка при вр. Ботев е била 147 cm в началото на месеца и вследствие на снеговалежи от 25.04, дебелината е достигнала до 190 cm в края на месеца. При сравнение на получените резултати (при изпълнение на гореспоменатия проект) от обработката на данни от Landsat 8 OLI-TIRS за 2015 г., височината на устойчивата снежна покривка за м. април 2015 г., е започвала приблизително от 1500 m надм.в. за територията на Централна Стара планина.



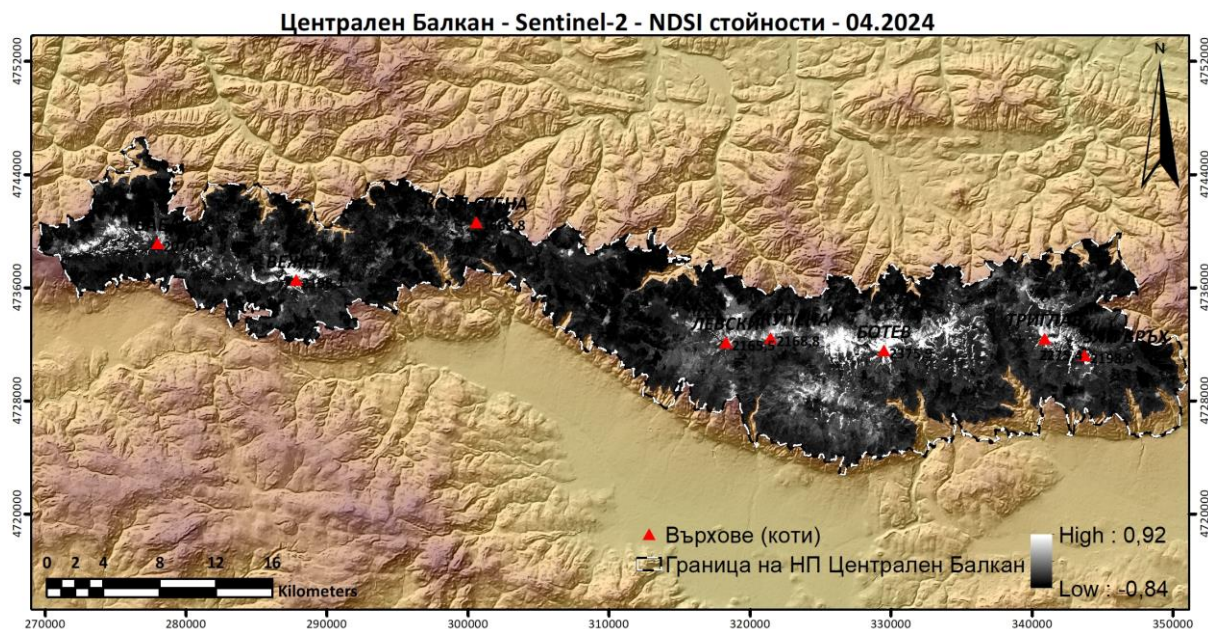
Фиг. 3. Карта с пространственото разпределение на снежната покривка за м. април 2023 г.

На Фиг. 4 е представена карта в проекция UTM Зона 35 с изображение на Sentinel-2 MSI, генерирано от GEE, в комбинация на каналите 11-8-3, от територията на обекта на изследване, на която е визуализирано пространственото разпределение на снежната покривка за м. април, 2024 г.



Фиг. 4. Карта на изображение от Sentinel-2, в комбинация на каналите 11-8-3 за м. април 2024 г.

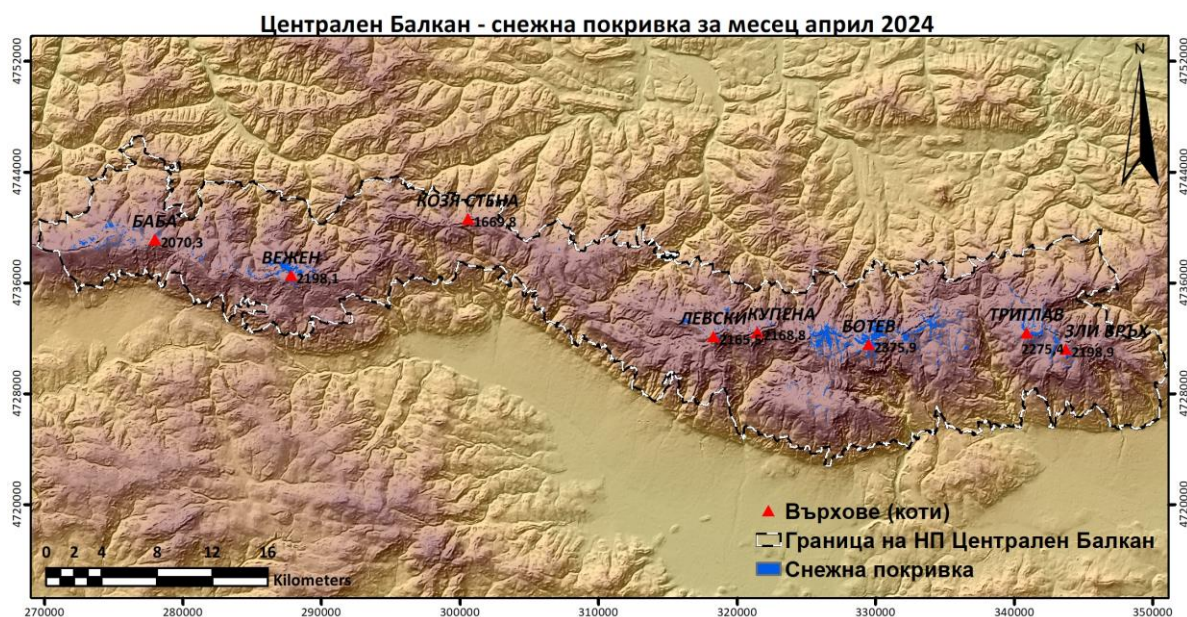
На Фиг. 5 е представена карта с пространственото разпределение на стойностите на NDSI за месец април 2024 г., избраната прагова стойност очертаваща снежната покривка е $NDSI > 0.29$.



Фиг. 5. Карта с пространственото разпределение на стойностите на NDSI за м. април 2024 г.

На Фиг. 6 е представена карта на снежната покривка във векторен формат („маска“), представляващ стойностите от зададения праг на $NDSI > 0.29$, където площта на териториите заети от сняг за м. април 2024 е изчислена на 1.95 km^2 . Според получените резултати, границата във височина на устойчивата снежна покривка за м. април 2024 г., започва приблизително от 2000 m надм.в. В данните от бюлетина на НИМХ [9], са регистрирани

снеговалежи през този месец единствено на 20.04. и 21.04, няма данни за дебелината на снежната покривка при вр. Ботев.



Фиг. 6. Карта с пространственото разпределение на снежната покривка за м. април 2024 г.

На Таблица 1 са показани изчислените площи заети със снежна покривка за целия изследван период и определените индивидуални прагови стойности на NDSI за всяка година, на Фиг. 7 е показана графика с динамиката на снежната покривка за изследвания период.

Таблица 1. Площи заети със снежна покривка и прагови стойности на NDSI

| Година (м. април) | Сателит, сензор | Прагови стойности на NDSI | Площи със снежна покривка (km ²) |
|-------------------|--------------------|---------------------------|--|
| 2015 | Landsat 8 OLI-TIRS | 0.34 | 240.39 |
| 2016 | Sentinel-2 MSI | 0.36 | 26.89 |
| 2017 | Sentinel-2 MSI | 0.58 | 75.28 |
| 2018 | Sentinel-2 MSI | 0.40 | 7.09 |
| 2019 | Sentinel-2 MSI | 0.38 | 109.85 |
| 2020 | Sentinel-2 MSI | 0.35 | 107.23 |
| 2021 | Sentinel-2 MSI | 0.37 | 199.41 |
| 2022 | Sentinel-2 MSI | 0.21 | 134.62 |
| 2023 | Sentinel-2 MSI | 0.39 | 151.13 |
| 2024 | Sentinel-2 MSI | 0.29 | 1.95 |



Фиг. 7. Графика на динамиката на снежната покривка за изследвания период 2015–2024 г.

За целия наблюдаван времеви период, най-големи площи заети от сняг са регистрирани през 2015 и 2023 г., докато най-малките такива са през 2016, 2018, и 2024 г., което показва силно негативна тенденция в състоянието и разпространението на снежната покривка в планинския пояс на Централна Стара планина.

Заклучение

На базата проведеното изследване и получените резултати от приложената методика с използване на снежния индекс NDSI, се наблюдава негативна тенденция в пространственото разпределение на площите заети от снежна покривка, от територията на НП „Централен Балкан“ и в нейната устойчивост за периода 2015–2024 г. През 2015 г., площите заети от сняг се изчисляват на 240 km², разположени над 1500 m надм.в, докато към 2024 г. те се равняват на 1.95 km², при височина над 2000 m. През изследвания времеви период, въз основа на получените резултати и извършения анализ, изместването на границата на устойчивата снежна покривка по височина се оценява на приблизително 500 m.

Благодарности

Проведеното изследване и получените резултати са финансирани от проект по договор КП-06-М64/1 с фонд „Научни изследвания“ към Министерството на образованието и науката, на тема: „Мониторинг на сезонната динамика и устойчивост на снежната покривка в планинския пояс от територията на Р. България за период от 10 години (2014–2024) на база Дистанционни изследвания“ от 15.12.2022 г.

Литература:

1. <https://unric.org/en/climate-europe-warming-faster-than-rest-of-world-ipcc/>. Велев, Ст. „Климатът на България“. София, Народна просвета, 1990. [https://dataspace.copernicus.eu/https://code.earthengine.google.com/Hall, D.K. and Riggs, G. A., "Normalized-Difference Snow Index \(NDSI\) in Encyclopedia of Earth Sciences, Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers", 779–780, 2011.](https://dataspace.copernicus.eu/https://code.earthengine.google.com/Hall, D.K. and Riggs, G. A.,)
6. Yin, D., Cao, X., Chen, X., Shao, Y., and Chen, J., "Comparison of automatic thresholding methods for snow-cover mapping using Landsat TM imagery" International Journal of Remote Sensing, 34:19, 6529–6538, 2013.
7. https://viirsland.gsfc.nasa.gov/PDF/VIIRS_snow_cover_ATBD_2015.pdf
8. https://bulletins.cfd.meteo.bg/bull/Buletin_NIMH_202304.pdf
9. https://bulletins.cfd.meteo.bg/bull/Buletin_NIMH_202404.pdf