

## დუშეთის ობსერვატორიის 2020-2021 წლების მაგნიტური ველის ვარიაციების დროით-სივრცითი გამოკვლევა

ქირია თ., ნიკოლაიშვილი მ., მეზალიშვილი ნ.

*თსუ, მ. ნოდიას სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი*

მაღალი დისკრეტიზაციის ანათვალის გეომაგნიტური ველის ორთოგონალური პარამეტრებისა საშუალებას გვაძლევს შევიქმნათ სწორი წარმოდგენა დედამიწის მაგნიტური ველის ქცევაში, ვიყოთ ობიექტურები ველის ვარიაციებისა და ტენდენციების შეფასებაში, რაც, თავის მხრივ, დაგვებმარება, შევნიშნოთ ველის მახასიათებლებში იშვიათი ანომალიები. ამასთან, მონაცემთა დამუშავების პროცესში ხშირად შეიძლება საქმე გვქონდეს გარდაუვალ ფილტრაციის ამოცანებთან, რომელთა წარმატებით გადაწყვეტა სუბიექტური დასკვნების შექმნისაგან დაგვიცავს. გეომაგნეტიზმის თეორია ითვალისწინებს მაღალი დინამიკის მქონე გეოფიზიკური მონაცემების კვლევას. მიუხედავად დედამიწის მაგნიტური ველის ვარიაციების ურთულესი ბუნებისა, თანამედროვე ტექნიკური შესაძლებლობები გარკვეულ იმედებს იძლევა კვლევების სანდოობის თვალსაზრისით. ჩვენს ნაშრომში მოყვანილია კვლევის ისეთი მეთოდები, რომლებიც ადაპტირებულია სხვადასხვა საბუნებისმეტყველო მიმართულებასთან, პროცესების მთავარი მახასიათებლების შესწავლისა და მნიშვნელოვანი კანონზომიერების იდენტიფიცირებისთვის, რაც, თავის მხრივ, მაღალი სანდოობის ინტერპრეტაციებს და დასკვნებს იძლევა. მონაცემთა დროით-სივრცითი ანალიზის ბევრი მეთოდი არსებობს, მათ შორისაა, გაფართოებული სტატისტიკური ანალიზი, სხვადასხვა პიკური დონისა და გეომაგნიტურ მდგენელთა თვისებრივი (შესაბამისად, მიხრილობათა) ცვლილებები დროში, სპექტოგრამული და სხვა ვიზუალური მანქანური შესაძლებლობებით ძლიერი, საშუალო და სუსტი ანომალიების აღმოსაჩენად.

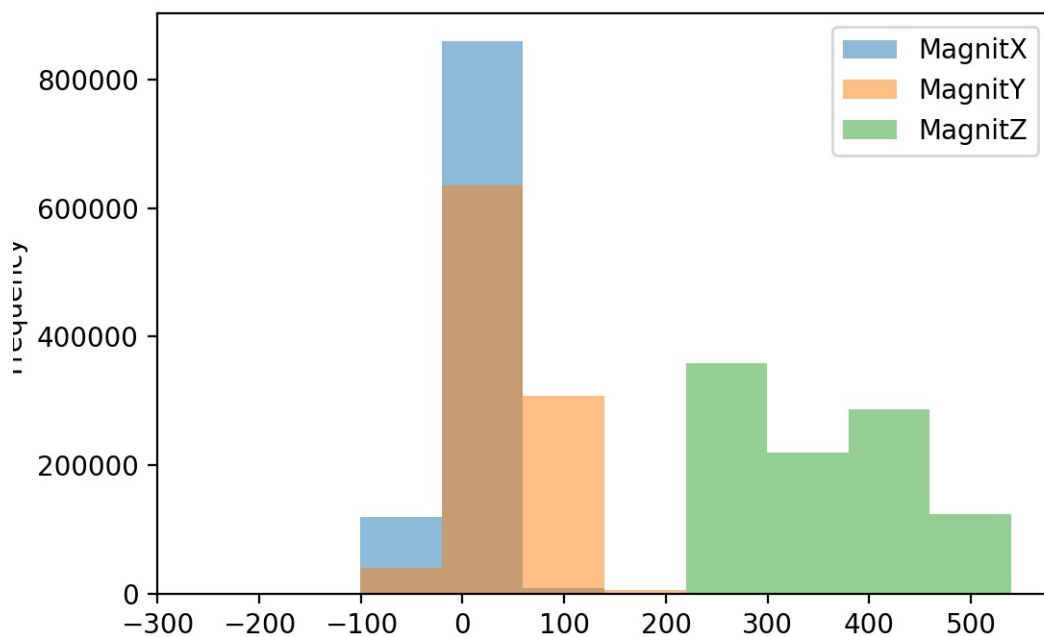
დუშეთის ობსერვატორიის 2020-2021 წლების მაგნიტური ველის მდგენლების ყოველწუთიერი ჩანაწერი მოიცავს Time – დროს, X, Y და Z – მაგნიტური ველის შესაბამის მდგენლებს. დრო აღრიცხულია წუთობრივი დისკრეტიზაციით, მონაცემთა მასივის სიგრძე კი მოიცავს 990612 ჩანაწერს.

ქვემოთ მოყვანილი ცხრილი 1. გვიჩვენებს მონაცემთა ზოგადსტატისტიკურ მნიშვნელობებს. მათ შორისაა ძირითადი სტატისტიკური მახასიათებლები.

ცხრილი 1. 2020-2021 დუშეთის ობსერვატორიის მაგნიტური ველის მდგენლების ჩანაწერთა სტატისტიკა (ე.წ. Describe)

	MagnitX	MagnitY	MagnitZ
<b>count</b>	990612.000000	990612.000000	990612.000000
<b>mean</b>	6.653477	43.593003	352.956217
<b>std</b>	25.245375	35.184209	80.340438
<b>min</b>	-260.162000	-89.558000	209.985000
<b>25%</b>	-8.238250	19.385000	272.527000
<b>50%</b>	8.108000	48.824000	352.088000
<b>75%</b>	23.799000	64.118000	420.433000
<b>max</b>	151.281000	191.524000	539.250000

მაგნიტური ველის მდგენლებისთვის ნაჩვენებია სიხშირეთა ჰისტოგრამული წარმოდგენა, რომელიც საშუალებას გვაძლავს, უფრო კონკრეტულად დავაკვირდეთ ანომალიების ინტენსივობას (წილობრივ რაოდენობას) მთელ დროით მწკრივებში. აშკარად იკვეთება მდგენელთა ვარიაციებში დომინანტურად მეტად ცვალებადი მნიშვნელობები.



ნახ. 1. 2020-2021 დუშეთის ობსერვატორიის მაგნიტური ველის მდგენლების ჩანაწერთა ჰისტოგრამული წარმოდგენა.

ნახ. 1. საშუალებას იძლევა, განვმარტოთ X, Y და Z მდგენელთა თავისებურებები. X, Y-ების ქცევის ბუნება აშკარად თანხვედრილია, რაც ურთიერთშეთანხმებულ ვარიაციებს კიდევ ერთხელ ადასტურებს. იმავეს ვერ ვიტყვით Z მდგენელზე. ის აშკარად ნაკლებად ვარიაციულია და მისი მნიშვნელობათა განაწილების წესი ახლოსაა თანაბარ განაწილებასთან.

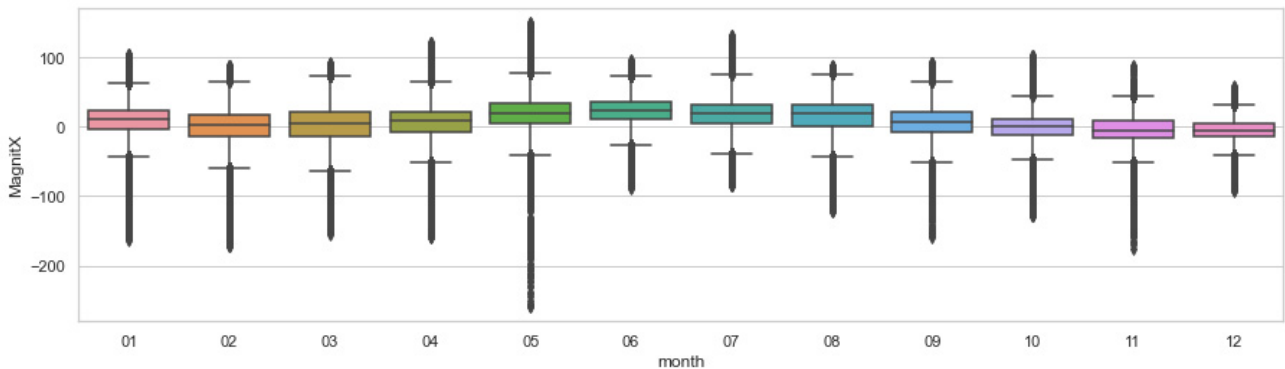
ცხრილი 2-ზე კარგად ჩანს მდგენელთა შორის კორელაციური კავშირები.

ცხრილი 2. 2020-2021 დუშეთის ობსერვატორიის მაგნიტური ველის მდგენელების ჩანაწერთა კორელაციური კავშირების ცხრილი.

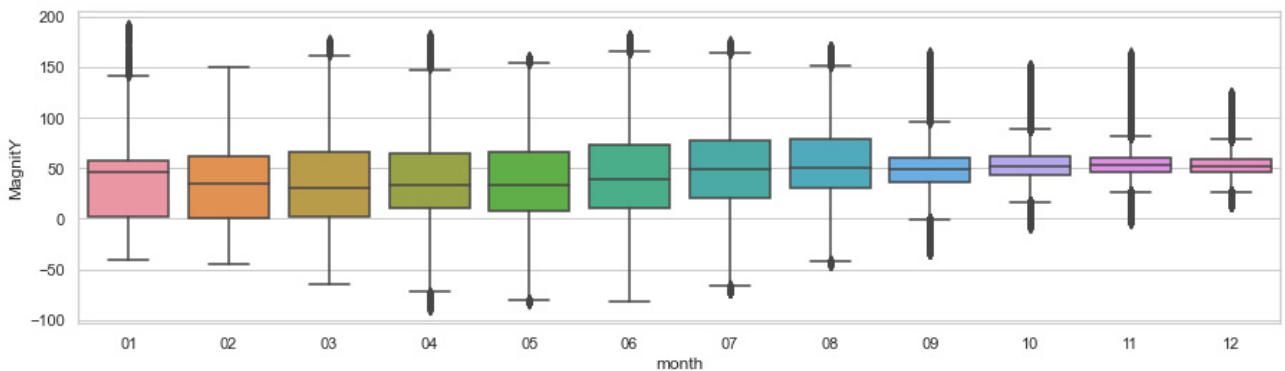
	MagnitX	MagnitY	MagnitZ
MagnitX	1.000000	-0.387206	-0.157344
MagnitY	-0.387206	1.000000	0.621403
MagnitZ	-0.157344	0.621403	1.000000

ყურადღებას იქცევს ის ფაქტი, რომ მაღალი კორელაციაა Y და Z მდგენლებს შორის (0,62).

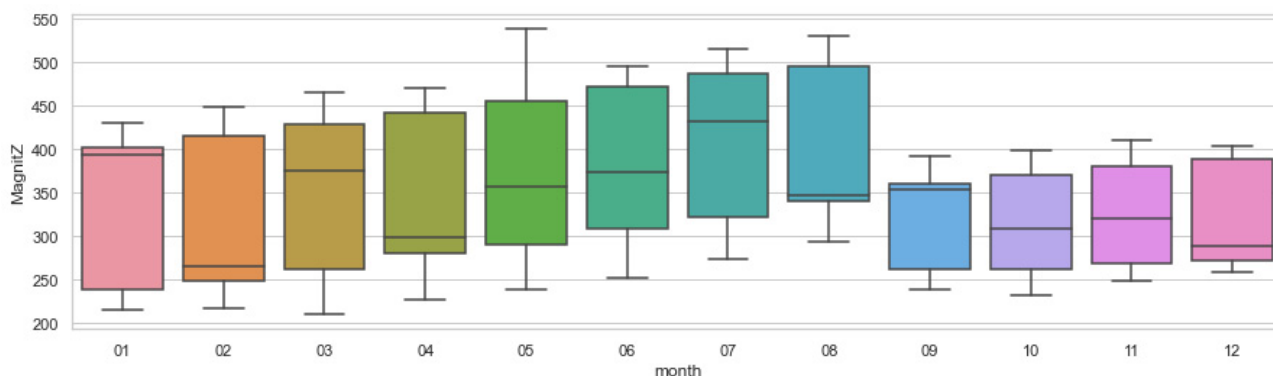
აქედან გამომდინარე, საჭიროდ ჩავთვალებთ, გამოვიკვლიოთ თითოეული მათგანის განაწილება თვისებებზე ეპიზოდურად ბოქსჩარტების გამოყენებით.



X-მდგენელი



### Y-მდგენელი



### Z-მდგენელი

ნახ. 2. 2020-2021 დუშეთის ობსერვატორიის მაგნიტური ველის მდგენლების ჩანაწერთა განაწილების ყოველთვიური ანალიზი.

როგორც უკვე ჩანს ნახ. 2-დან, მაისი ორივე წელს განსაკუთრებით განსხვავდება სხვა თვეებისგან. ვფიქრობთ, ეს თვე იმსახურებს ცალკე შესწავლას სხვა გეოფიზიკურ პროცესებთან მიმართებაში. X და Z მდგენლები მაის-ივნისში აჩვენებს ვარიაციის კოეფიციენტის ძლიერ ცვლილებას, საგრძნობლად იხრება საშუალო მნიშვნელობა მაქსიმუმისკენ. ზოგადად, თვიდან თვემდე აშკარაა სამივე მდგენელზე, განსაკუთრებით Z მდგენელზე, საშუალო შეწონილი მნიშვნელობების ძლიერი ვარიაცია. ამ მდგენლისთვის ფაქტიობრივად, განაწილების მთელ პოლიგონზე ვერ იპოვით მსგავს თვეებს. იმავეს ვერ ვიტყვით X მდგენელზე. პროცესი სტაციონარულია და მისი ძირითადი სტატისტიკური მახასიათებლები სტაბილურია. ამ თვალსაზრისით ვღებულობთ, რომ X არის სტაციონარული, Y-ს გააჩნია საშუალოს გასწვრივ მაღალ მნიშვნელობათა კუმულაციის ნაზრდი თვისება, რაც შეიძლება მიუთითებდეს გარკვეული დროით პროცესის სტანდარტულ ნორმალურ განაწილებად ჩამოყალიბებაზე.

### ლიტერატურა - REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Balasis G., Daglis I. A., Anastasiadis A., Papadimitriou C., Manda M., Eftaxias K. Universality in Solar Flare, Magnetic Storm and Earthquake Dynamics Using Tsallis Statistical Mechanics. *Physica A* 390, 2011, pp. 341–346. doi:10.1016/j.physa.2010.09.029
2. Bottou L., Bousquet O. “The Tradeoffs of Large Scale Learning,” in *Optimization for Machine Learning*. Editors S. Sra, S. Nowozin, and S. Wright (Cambridge: MIT Press), 2012, pp. 351–368.
3. Brownlee J. *Imbalanced Classification with Python: Better Metrics, Balance Skewed Classes, Cost-Sensitive Learning*. Kindle Edition. Amazon. 2021, Available at: <https://amzn.to/3s4Ihfb>
4. Глатзмайер Г.А., Робертс П. Х. Трёхмерное самосогласованное компьютерное моделирование разворота геомагнитного поля. *Природа*, 377(6546), 1995, с. 203–209.
5. Loshchilov I., Hutter F. Fixing Weight Decay Regularization in Adam. 2017. arXiv:1711.05101v2.

6. Kingma D.P., Ba J. A Method for Stochastic Optimization. 22 Dec 2014 (v1), last revised 30 Jan 2017 (this version, v. 9).
7. Kratsios A. Deep Arbitrage-Free Learning in a Generalized HJM Framework via Arbitrage Regularization Data. 2020.

## **დუშეთის ობსერვატორიის 2020-2021 წლების მაგნიტური ველის ვარიაციების დროით-სივრცითი გამოკვლევა**

ქირია თ., ნიკოლაიშვილი მ., მეზაღიშვილი ნ.

### **რეზიუმე**

ნაშრომში შესწავლილია დუშეთის გეომაგნიტური ობსერვატორიის 2020-2021 წლების მაგნიტური ველის მდგენლების ყოველწუთიერი ჩანაწერების დროით-სივრცითი ანალიზი. გამოყოფილია ძლიერი ანომალური ეპიზოდები 2021-2022 წლის მაის-ივნისის პერიოდში. პერიოდულად დაიკვირვება ცვლილებები მაგნიტური ველის მდგენლებისთვის განაწილების წესებში, მაგრამ არ ფიქსირდება სტატისტიკური მახასიათებლების ძლიერი ცვლილებები. გამოიკვეთა X მდგენლის სტაციონარობა დროში ორივე წელს და Z მდგენლისთვის, პირიქით, არასტაციონარული ბუნება, ვინაიდან არასტაბილურია ძირითადი სტატისტიკური პარამეტრის მნიშვნელობები. სამივე მდგენლისთვის ჩატარებულმა ტესტმა ნორმალური განაწილების შესახებ უარყოფითი პასუხი მოგვცა. ისინი, როგორც მაგნიტური ველის მთავარი კომპონენტები, ეპიზოდურად ავლენენ სუსტ და ძლიერ ანომალიებს. გარკვეულწილად, ეს პროცესები მონაცვლეობითი კანონზომიერებით ხასიათდება. უნდა აღინიშნოს, რომ ადრე ჩატარებული კვლევებთან შედარებით 2020-2021 წლებში მაგნიტური ველის მდგენლებში განსხვავებული ბუნების ანომალიები არ შეინიშნება და თვისობრივად ძლიერ განსხვავებული პროცესები არ გვაქვს. პროცესთა ურთერთ-მსგავსებაზე ჩატარებული ტესტები ამას მკაფიოდ ადასტურებენ.

საკვანძო სიტყვები: მაგნიტური ველის მდგენლები, სტატისტიკური მახასიათებლები.

## **TEMPORAL-SPATIAL STUDY OF 2020-2021 MAGNETIC FIELD VARIATIONS AT DUSHETI GEOMAGNETIC OBSERVATORY**

**Kiria T., Nikolaishvili M., Mebaghishvili N.**

### **Abstract**

The work considers the temporal-spatial analysis of the minutely records of the magnetic field components in 2020-2021 at Dusheti Geomagnetic Observatory. Strong anomalous episodes in the period of May-June 2021-2022 are distinguished. Periodically, variations in the rules for magnetic field components distribution are observed, but any strong changes in the statistical characteristics have not been recorded. It was revealed that X component was stationary in time during both years, while Z component had non-stationary nature,

since the values of the main statistical parameter were unstable. The test for normal distribution for all three components gave us a negative answer. As the main components of the magnetic field, they periodically show weak and strong anomalies. To some extent, these processes are characterized by alternating regularity. It is noteworthy that, compared to previous studies, in 2020-2021, any anomalies of a different nature in the magnetic field components have not recorded and qualitatively very different processes have not been observed either. It is clearly confirmed by the tests conducted on the similarity of the processes.

**Key words:** Magnetic field components, statistical parameter.

## **ВРЕМЕННО-ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДУШЕТСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ В 2020-2021 ГГ.**

**Кирия Т., Николаишвили М., Мебагишвили Н.**

### **Реферат**

В статье исследуется временно-пространственный анализ поминутных записей составляющих магнитного поля Душетской геомагнитной обсерватории за 2020-2021 годы. Выделены сильные аномальные эпизоды в период май-июнь 2021-2022 гг. Периодически наблюдаются изменения правил распределения составляющих магнитного поля, но сильных изменений статистических характеристик не зафиксировано. Выявлена стационарность составляющего  $X$  в течение обоих лет, тогда как  $Z$ - составляющего носила нестационарный характер, так как значения основного статистического параметра были нестабильны. Тест на нормальное распределение для всех трех коэффициентов дал нам отрицательный ответ. Как основные компоненты магнитного поля они периодически проявляют слабые и сильные аномалии. В какой-то мере эти процессы характеризуются чередующейся закономерностью. Следует отметить, что по сравнению с предыдущими исследованиями, в 2020-2021 гг. в составляющих магнитного поля отсутствуют аномалии иного характера и качественно совсем других процессов тоже не наблюдается. Проведенные тесты на подобных процессах наглядно это подтверждают.

**Ключевые слова:** составляющие магнитного поля, статистический параметр.