
ბიტკოინის ფასებსა და და NASDAQ ინდექსს შორის შესაძლო დამოკიდებულების სტატისტიკური კვლევა

ავთანდილ გაგნიძე

პროფესორი, ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი

ადმოსავლეთ ევროპის უნივერსიტეტი

მაქსიმ იავიჩი

პროფესორი, მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი

კავკასიის უნივერსიტეტი

ანოტაცია

საინფორმაციო ტექნოლოგიების და მათი გამოყენების სწრაფი ზრდის ტემპის პარალელურად ბევრი ახალი „კომპიუტერიზებული“ ახალი ვალუტა ჩნდება. სულ უფრო მეტი ადამიანი ინტერესდება „ახალი ფულით“ - ბიტკოინით. ნაშრომში გამოკვლეულია პოპულარული კრიპტოვალუტის, ბიტკოინის ფასების ცვლილებების და გლობალური NASDAQ ინდექსის ცვლილებებს შორის შესაძლო კავშირები მათემატიკური და სტატისტიკური მეთოდებით.

ჩვენი მთავარი საკვლევი კითხვაა: არსებობს თუ არა რაიმე სახის ურთიერთკავშირი ბიტკოინის ფასების დინამიკასა და გლობალური NASDAQ ინდექსის დინამიკას შორის? ამ კითხვაზე პასუხის გასაცემად ჩვენ ვიყენებთ როგორც რაოდენობრივი, ისე თვისობრივი ანალიზის მეთოდებს. კერძოდ: რეგრესიულ მოდელს და არაპარამეტრული ტესტირების მეთოდს. რაოდენობრივი მეთოდების შედეგებიდან ჩვენ ვხედავთ, რომ არსებობს საკმაოდ მაღალი დადებითი კორელაცია ბიტკოინის ფასებსა და NASDAQ ინდექსის მნიშვნელობებს შორის და რეგრესიული მოდელის საშუალებით ბიტკოინის ფასების ცვლილების დაახლოებით 60%-ის ახსნა შესაძლებელია NASDAQ ინდექსის ცვლილებებით. ამასთან, თვისობრივი ანალიზის შედეგად ჩვენ ვხედავთ, რომ რაიმე სახის ურთიერთკავშირი ბიტკოინის ფასების ცვლილებების და გლობალური NASDAQ ინდექსის ცვლილებებს შორის არ არსებობს და ეს ცვლადები დამოუკიდებელია. ასეთ შემთხვევაში უფრო სარწმუნოა თვისობრივი ანალიზის შედეგად მიღებული დასკვნა და მაღალი კორელაცია ალბათ შესაძლებელია იყოს შემთხვევითი.

საკვანძო სიტყვები: სტატისტიკური დამოკიდებულება, კორელაცია, კრიპტოვალუტა

ბიტკოინის ფასებსა და და NASDAQ ინდექსს შორის შესაძლო დამოკიდებულების სტატისტიკური კვლევა

ავთანდილ გაგნიძე

პროფესორი, ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი

ადმოსავლეთ ევროპის უნივერსიტეტი

მაქსიმ იავიჩი

პროფესორი, მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი

კავკასიის უნივერსიტეტი

შესავალი

ძალიან საინტერესოა ბიტკოინის ისტორია და ძირითადი კითხვა, რომელიც წარმოადგენს სადისკუსიო საკითხს, შეიძლება დაისვას ასე: არის თუ არა ბიტკოინი მართლაც ფულის ახალი სახე? ჩვენი წარმოდგენით, თუ ბიტკოინი მართლაც არის ახალი სახეობის ფული, მაშინ ის და მისი ცვლილებები რაიმე ფორმით უნდა იყოს რეალურ ეკონომიკასთან და მისი განვითარების რეალურ მაჩვენებლებთან. ციფრული ფული არის ვირტუალური და ამდენად არ არის ფიზიკური ფული. როგორც წესი მისი მოცულობა არ არის შეზღუდული, არ ხდება მისი მართვის ცენტრალიზაცია, და მისი გამოყენება არ არის შეზღუდული ფორმალური ჩარჩოებით. ამასთან ასევე საინტერესოა:

- რა არის კრიპტოვალუტის სახის ფულის გავლენა ქვეყნის ეკონომიკაზე და ტრადიციულ სა-ფინანსო ინსტრუმენტებზე?
- შესაძლებელია თუ არა რაიმე სარგებლის მიღება ქვეყნის რეალური ეკონომიკის განვითარებისათვის ციფრული ფულის გამოყენებით?

კრიპტოვალუტა

პირველი კრიპტოვალუტა შეიქმნა 2008 წელს უცნობი პიროვნების ან ჯგუფის მიერ, რომელიც ცნობილია სატომი ნაკამოტოს სახელით (Marr, 2016). ამასთან, უფრო ადრეც იყო მცდელობა ვირტუალური ფულის შესაქმნელად, რომელიც იქნებოდა დაცული კრიპტოგრაფიულად. ამის მაგალითებია „Bit-Gold“ და „B-Money“, რომლებიც უფრო ადრე შეიქმნა, მაგრამ არ იყო დასრულებული სახის იმისათვის, რომ მათი გამოყენება შესაძლებელი ყოფილიყო მასობრივად. 2009 წელს შეიქმნა სისტემა, რომელიც იძლეოდა ბიტკოინის შექმნის შესაძლებლობას. შეიქმნა „მინინგის“ შესაძლებლობა, როგორც კრიპტოვალუტის გენერირების ერთ-ერთი გზა. ამჟამად ნებისმიერ მომხმარებელს შეუძლია ახალი ბიტკოინების შექმნა და შესაბამისი ტრანზაქციების განხორციელება, რომლებიც ჩაწერილი და ვერიფიცირებული იქნება ბლოქჩეინის საშუალებით. ბლოქჩეინ ტექნოლოგიების ძირითადი მიზანია უზრუნველყოს უსაფრთხოება და შექმნას ციფრული იდენტიფიკაციის უსაფრთხო საშუალება ღია და დახურული კრიპტოგრაფიული გასაღებების კომბინაციების გამოყენებით.

ღია და დახურული გასაღებების კომბინაცია წარმოადგენს ციფრულ ხელმოწერას, რომელიც ასევე უზრუნველყოფს საკუთრების მკაცრ კონტროლს. აქედან გამომდინარე ჩანს, რომ ბიტკოინი უსაფრთხოა და დაცული, რაც აჩვენებს მის უპირატესობას.

ჩვენს ადრინდელ ნაშრომში (Gagnidze, 2021) შესწავლილია ბიტკოინის ფასების პროგნოზირების შესაძლებლობები დროითი მწკრივების ანალიზის მეთოდების გამოყენებით.

დადგენილია, რომ არ არსებობს რამდენადმე სანდო მოდელი ასეთი პროგნოზირებისათვის.

ამ დრომდე არ არის ბიტკოინის საშუალებით რაიმე რეალურ ეკონომიკასთან დაკავშირებული ტრანზაქციების დადასტურებული ფაქტები. ამდენად გაძნელებულია ბიტკოინის ფასების რამდენადმე მდგრადი მოდელის შემუშავება. ამასთან, ამის საჭიროება სულ უფრო აშკარა ხდება და საჭიროა ასევე ბიტკოინების შეფასების შესწავლა. ცნობილი ფაქტია, როდესაც ერთმა მომხმარებელმა 10000 ბიტკოინი გადაიხადა 2 პიცაში. თუ გათვალისწინებული იქნება ბიტკოინის ახლანდელი ფასები, ამ ადამიანმა 2 პიცაში გადაიხადა დაახლოებით 100 მილიონი დოლარი. მას შემდეგ, რაც ბიტკოინის ცნობადობა გაიზარდა და გახდა პოპულარული, შეიქმნა სხვა კრიპტოვალუტები, რომელიც შინაარსით ჰგავს ბიტკოინს, მაგრამ აქვს განსხვავებებიც, მათ დაცვის მექანიზმები, სისწრაფე და სხვ. ამჟამად მსოფლიოში არის 1000-ზე მეტი სახის კრიპტოვალუტა. მთავარი საკითხი, შეიძლება თუ არა ბიტკოინმა, ან ზოგადად კრიპტოვალუტამ ჩაანაცვლოს რეალური ვალუტა, ჯერ კიდევ არ არის სათანადოდ შესწავლილი (Chaim, 2019).

Nasdaq ინდექსი

ეს ინდექსი ხმარებაში შემოვიდა 1971 წელს და მისი საწყისი მნიშვნელობა იყო 100. წლების განმავლობაში ინდექსის მაჩვენებელი მნიშვნელოვნად გაიზარდა და მიუხედავადიმისა, რომ არსებობდა ამ ინდექსის კლებადობის პერიოდები,, საზოგადოდ მას ახასიათებს საკმაოდ მაღალი ზრდის ტემპი (Google, n.d.). 1995 წლის 17 ივლისს ინდექსმა პირველად გადააჭარბა 1000-ს. ამის შემდეგ ინდექსი საკმაოდ სტაბილურად იზრდებოდა 1998 წელს კი მიაღწია 2000-ს. ამის შემდეგ ინდექსის ზრდის ტემპი მნიშვნელოვნად გაიზარდა და 1999 წლის ბოლოს უკვე 4069.31-ს მიაღწია. 2000 წლის 10 მარტს ინდექსმა გადააჭარბა 5000-ს და გახდა 5132.52, თუმცა დღის ბოლოს 5048.62 გახდა. დაწყებული 2000 წლის 10 მარტიდან გარკვეული დროის განმავლობაში ინდექსი მცირდებოდა. 2000 წლის 17 აპრილს ინდექსი გაუტოლდა 3227-ს და შემდეგი 30 თვის განმავლობაში თავისი პიკის დაახლოებით 78%-ით შემცირდა. ეს კლება გარკვეულად ნიშანი იყო იმისა, რასაც შემდგომში ეწოდა dot-com ბუშტი. არსებობდა dot-com ბუშტისა და ბუმის რამდენიმე მიზანი. ზოგიერთი ოპტიმისტის აზრით ინტერნეტი და მსოფლიო ობობას ქსელი WWW იქნებოდა უფრო მნიშვნელოვანი ბიზნესის განვითარებისათვის, ვიდრე ადრე არსებული ინდუსტრიული რევოლუციები. ინდექსი განახევრდა ერთი წლის განმავლობაში და 2002 წლის 10 ოქტომბერს შემცირდა 1108.49-მდე. მიუხედავად იმისა, რომ ინდექსმა ამის შემდეგ დაიწყო სტაბილურად ზრდა, თავისი პიკის ნახევარს მხოლოდ 2007 წლის მაისში მიაღწია. ამის მიზეზი იყო ის პესიმიზმი, რაც გამოწვეული იყო ინვესტორებში 2000-იანი წლების რეცესიით, 11 სექტემბრის მოვლენებით, ერაყისა და ავღანეთის ომებით.

კვლევითი კითხვა

წარმოდგენილი კვლევის ძირითადი მიზანია სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით გაეცეს პასუხი შემდეგ კითხვას: არის თუ არა ბიტკოინის ფასები და Nasdaq Composite ინდექსის მაჩვენებლები რაიმე ურთიერთკავშირში?

რაოდენობრივი ანალიზი

მონაცემთა რაოდენობრივი ანალიზის დროს ხშირად გამოიყენება კორელაციათა ანალიზი და რეგრესიული ანალიზი. სტატისტიკაში კორელაცია, ანუ დამოკიდებულება გულისხმობს ნებისმიერ სტატისტიკურ ურთიერთკავშირს, მიზეზ-შედეგობრივს ან უბრალოდ სტატისტიკურს, ორი შემთხვევითი ცვლადის მნიშვნელობებს შორის. ფართო გაგებით კორელაცია არის ნებისმიერი სტატისტიკური ასოციაცია, თუმცა უფრო ხშირად კორელაცია აღნიშნავს ცვლადებს შორის წრფივი დამოკიდებულების ხარისხს.

ორ ცვლადს შორის კორელაცია არსებობს, თუ ერთი ცვლადის მნიშვნელობების ზრდა თანხვედრაშია უფრო ხშირ შემთხვევაში მეორე ცვლადის მნიშვნელობების ზრდასთან, ან თუ ერთი ცვლადის მნიშვნელობების ზრდა თანხვედრაშია უფრო ხშირ შემთხვევაში მეორე ცვლადის მნიშვნელობების კლებასთან (Bennet, 2014). შესაძლოა კორელაცია ძალიან სასარგებლო იყოს, რადგან იგი საშუალებას იძლევა გაკეთდეს პრაქტიკული ვითარების შესაბამისი პროგნოზები და შეფასებები. ამასთან, საზოგადოდ კორელაციის არსებობა შესაძლოა არ ნიშნავდეს ცვლადებს შორის მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს (Bennet, 2014). ცვლადებს შორის დამოკიდებულების ყველაზე

გავრცელებული რაოდენობრივი საზომია პირსონის კორელაციის კოეფიციენტი. მათემატიკურად კორელაცია განისაზღვრება როგორც უმცირესი კვადრატების საშუალებით რეალური მონაცემების წრფივი მიახლოების დონე. მისი გამოთვლისას უნდა -საჭიროა დათვლილი იყოს მონაცემების მიხედვით ორ ცვლადს შორის კოვარიაცია და შემდეგ კოვარიაცია უნდა -იყოს შეფარდებული ცვლადების სტანდარტული გადახრების ნამრავლთან. კორელაციის კოეფიციენტი მოუთითებს, თუ რამდენად კარგად შეიძლება ცვლადებს შორის სტატისტიკური კავშირი წარმოვადგინოთ -წრფივი მოდელის სახით. კორელაცია შესაძლოა იყოს დადებითი, ან უარყოფითი.

კორელაციების შესახებ აუცილებლად უნდა -უნდა იქნას გათვალისწინებული, რომ კორელაცია ყოველთვის არ ნიშნავს ცვლადებს შორის მიზეზ-შედეგობრივ კავშირს. გარდა ცვლადებს შორის არსებული მიზეზ-შედეგობრივი კავშირისა, კორელაციის მიზეზი შესაძლოა იყოს ქვემოთ მითითებული სამი მიზეზიდან ერთ-ერთი:

1. კორელაციის მიზეზი შესაძლოა იყოს შემთხვევითი დამთხვევა;
2. განხილული ორივე ცვლადი შესაძლოა იყოს სხვა რომელიღაც ცვლადის გავლენის ქვეშ;
3. შესაძლოა ერთი ცვლადი იყოს მეორე ცვლადის ცვლილებების ერთ-ერთი, მაგრამ არა ერთადერთი მიზეზი (Bennet, 2014).

რეგრესიულ მოდელში ცვლადი, რომლის მნიშვნელობის პროგნოზირება არის საჭირო, არის დამოკიდებული ცვლადი. ცვლადი, რომლის მნიშვნელობების მიხედვით ხდება პროგნოზის გაკეთება, არის დამოუკიდებელი ცვლადი. ცვლადებს შორის შესაძლო დამოკიდებულების ვიზუალურად წარმოდგენისათვის ძალიან სასარგებლოა შესაბამისი გრაფიკის აგება, რომელსაც წერტილოვან დიაგრამა ეწოდება.

მარტივი რეგრესიული მოდელი პოპულაციისათვის არის შემდეგი სახის განტოლება:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i,$$

სადაც Y_i არის დამოკიდებული ცვლადის მნიშვნელობები, β_0 არის პოპულაციის კვეთა, β_1 არის პოპულაციის დახრილობის კოეფიციენტი, X_i არის დამოუკიდებელი ცვლადის მნიშვნელობები, და ε_i არის შემთხვევითი შეცდომის მნიშვნელობები.

იმის გამო, რომ მოდელის გამოიყენება მხოლოდ შერჩევის მონაცემები მხოლოდ შერჩევის მონაცემები, რეგრესიული განტოლება მიიღება ოდნავ განსხვავებული ფორმით:

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_i$$

სადაც $\hat{Y}_i$ არის დამოკიდებული ცვლადის i -ური დაკვირვების პროგნოზირებული მნიშვნელობა b_0 არის რეგრესიული განტოლების კვეთა და წარმოადგენს პოპულაციის კვეთის შეფასებას, b_1 არის რეგრესიული განტოლების დახრილობის კოეფიციენტი და წარმოადგენს პოპულაციის დახრილობის კოეფიციენტის შეფასებას, X_i არის დამოუკიდებელი ცვლადის i -ური დაკვირვების მნიშვნელობა

ინდივიდუალური ცდომილებების $e_i = (Y_i - \hat{Y}_i) = Y_i - (b_0 + b_1 X_i)$ საშუალო მნიშვნელობა არის 0.

რეგრესიული განტოლების დახრილობის კოეფიციენტი და კვეთა ითვლება შემდეგი უმცირესი კვადრატების პირობიდან (SSE):

$$\min SSE = \min \sum e_i^2 = \min \sum (Y_i - (b_0 + b_1 X_i))^2$$

ცხადია, რომ ამ კოეფიციენტების გამოთვლა მათემატიკური ანალიზის გამოყენებით საკმაოდ რთული და შრომატევადი პროცესია (Newbold, 2013). ამდენად, გამოთვლებისათვის გამოიყენება სტატისტიკური პროგრამები (მაგალითად, Excel).

მონაცემების შეგროვება

მონაცემები შეგროვებულია ოფიციალური საიტებიდან (Google, n.d.), (Coindesk, n.d.) 2019 წლის 1 დეკემბრიდან 2020 წლის 6 თებერვლამდე და მოცემულია ქვემოთ.

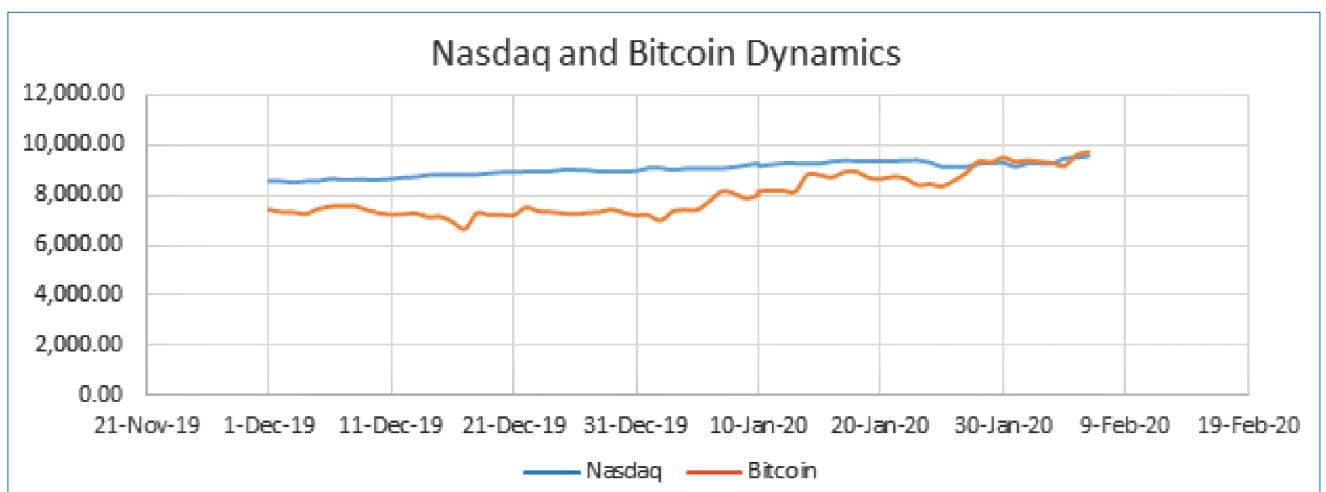
ცხრილი 1:

ბიტკოინის ფასების და Nasdaq ინდექსის დინამიკა

Date	Nasdaq Close	Bitcoin Close	Date	Nasdaq Close	Bitcoin Close	Date	Nasdaq Close	Bitcoin Close
1-Dec-19	8,567.99	7424.292	24-Dec-19	8,952.88	7322.532	16-Jan-20	9,357.13	8723.786
2-Dec-19	8,567.99	7321.988	25-Dec-19	9,022.39	7275.156	17-Jan-20	9,388.94	8929.038
3-Dec-19	8,520.64	7320.146	26-Dec-19	9,022.39	7238.967	18-Jan-20	9,370.81	8942.809
4-Dec-19	8,566.67	7252.035	27-Dec-19	9,006.62	7290.088	19-Jan-20	9,370.81	8706.245
5-Dec-19	8,570.70	7448.308	28-Dec-19	8,945.99	7317.99	20-Jan-20	9,370.81	8657.643
6-Dec-19	8,656.53	7546.997	29-Dec-19	8,945.99	7422.653	21-Jan-20	9,370.81	8745.895
7-Dec-19	8,621.83	7556.238	30-Dec-19	8,945.99	7292.995	22-Jan-20	9,383.77	8680.876
8-Dec-19	8,621.83	7564.345	31-Dec-19	8,972.60	7193.599	23-Jan-20	9,402.48	8406.516
9-Dec-19	8,621.83	7400.899	1-Jan-20	9,092.19	7200.174	24-Jan-20	9,314.91	8445.435
10-Dec-19	8,616.18	7278.12	2-Jan-20	9,092.19	6985.47	25-Jan-20	9,139.31	8367.848
11-Dec-19	8,654.05	7217.427	3-Jan-20	9,020.77	7344.884	26-Jan-20	9,139.31	8596.83
12-Dec-19	8,717.32	7243.134	4-Jan-20	9,071.47	7410.657	27-Jan-20	9,139.31	8909.819
13-Dec-19	8,734.88	7269.685	5-Jan-20	9,071.47	7411.317	28-Jan-20	9,269.68	9358.59
14-Dec-19	8,814.23	7124.674	6-Jan-20	9,071.47	7769.219	29-Jan-20	9,275.16	9316.63
15-Dec-19	8,814.23	7152.302	7-Jan-20	9,068.58	8163.692	30-Jan-20	9,298.93	9508.993
16-Dec-19	8,814.23	6932.48	8-Jan-20	9,129.24	8079.863	31-Jan-20	9,150.94	9350.529
17-Dec-19	8,823.36	6640.515	9-Jan-20	9,203.43	7879.071	1-Feb-20	9,273.40	9392.875
18-Dec-19	8,827.74	7276.803	10-Jan-20	9,273.93	8037.538	2-Feb-20	9,273.40	9344.365
19-Dec-19	8,887.22	7202.844	10-Jan-20	9,178.86	8166.554	3-Feb-20	9,273.40	9293.521
20-Dec-19	8,924.96	7218.816	12-Jan-20	9,273.93	8192.494	4-Feb-20	9,467.97	9180.963
21-Dec-19	8,924.96	7191.159	13-Jan-20	9,273.93	8144.194	5-Feb-20	9,508.68	9613.424
22-Dec-19	8,945.65	7511.589	14-Jan-20	9,251.33	8827.765	6-Feb-20	9,572.15	9729.802
23-Dec-19	8,945.65	7355.628	15-Jan-20	9,258.70	8807.011			

გრაფიკი 1:

ბიტკოინის ფასების და Nasdaq ინდექსის დინამიკა



კორელაციის კოეფიციენტი ამ ორ ცვლადს შორის არის 0.784073, რაც მიუთითებს საკმაოდ მაღალ კორელაციაზე. Excel Data Analysis Regression გამოყენებით მიიღება შემდეგი წრფივი რეგრესიული მოდელი:

ცხრილი 2:

რეგრესიული მოდელის შეჯამება

Regression Statistics						
Multiple R	0.784073					
R Square	0.614771					
Adjusted R Square	0.608934					
Standard Error	524.624					
Observations	68					
ANOVA		df	SS	MS	F	Significance. F
Regression		1	28989062.57	28989063	105.3265	2.636E-15
Residual		66	18165203.26	275230.4		
Total		67	47154265.83			
	Coefficients	Stand. Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	-13627.6	2106.071112	-6.47063	1.4E-08	-17832.52	-9422.7
Nasdaq	2.388713	0.232752892	10.26287	2.64E-15	1.924007	2.853419

შესაბამისი რეგრესიული განტოლებაა **Bitcoin Price = -13627.6 + 2.388713*Nasdaq Index**.

მოდელის განმსაზღვრელი R2 კოეფიციენტი არის 0.614771, რაც ნიშნავს, რომ ბიტკოინის ფასების ცვლილებების დაახლოებით 61% კავშირშია Nasdaq ინდექსის ცვლილებებთან. ეს არ არის ცოტა. ამასთან სტანდარტული ცდომილება ამ მოდელში არის 524.624, რაც არ არის მცირე.

მონაცემთა თვისობრივი ანალიზი

როდესაც საჭიროა გაირკვეს ორი თვისობრივი ცვლადი დამოუკიდებელია თუ მათ შორისარის რამე სახის კავშირი, როგორც წესი, განიხილებაორი ჰიპოთეზა:

- ნულოვანი ჰიპოთეზა: ცვლადები დამოუკიდებელია;
- ალტერნატიული ჰიპოთეზა: ცვლადებს შორის არსებობს კავშირი.

მას შემდეგ, რაც ჰიპოთეზები ჩამოყალიბებულია, შემდეგი ნაბიჯია მონაცემებზე დაყრდნობით შესაბამისი სტატისტიკური ტესტის ჩატარება იმ მიზნით, რომ იყოს დადგენილი: არის თუ არა საკმარისი მტკიცებულება ნულოვანი ჰიპოთეზის უარყოფისათვის.

თვისობრივი მონაცემების შეჯამება მოხერხებულია ჯვარედინი ცხრილების გამოყენებით. (Ben-net, 2014). ამ ცხრილში მოცემულია შესაბამისი კატეგორიები და მათი სიხშირეები, რაც იძლევა შესაძლო ურთიერთკავშირების აღმოჩენის საშუალებას.

- ჯვარედინი ცხრილების საშუალებით სტატისტიკური ტესტის ჩატარებისას უნდა იყოს დაცული შესაბამისი პროცედურები:
- ვიწყებთ იმის დაშვებით, რომ ნულოვანი ჰიპოთეზა სწორია და ცვლადები დამოუკიდებელია. აქედან გამომდინარე, ვადგენთ იმას, თუ როგორი უნდა იყოს სიხშირეები ჯვარედინ ცხრილში (მოსალოდნელი სიხშირეები). ამდენად, მივიღებთ ორ ჯვარედინ ცხრილს: ერთი არის რეალური სიხშირეებით, და მეორე არის მოსალოდნელი სიხშირეებით.
- შემდეგი ნაბიჯია მოსალოდნელი და რეალური სიხშირეების შედარება და ამ შედარების შედეგად ე.წ. χ^2 სტატისტიკის დათვლა.

გადაწყვეტილების მიღების წესი:

- თუ დათვლილი χ^2 სტატისტიკა არის კრიტიკულ მნიშვნელობაზე მცირე, მაშინ მტკიცებულება არ არის საკმარისი ნულოვანი ჰიპოთეზის უარყოფისათვის და ნულოვანი ჰიპოთეზა ითვლება მართებულიად;
- თუ დათვლილი χ^2 სტატისტიკა არის კრიტიკულ მნიშვნელობაზე მეტი, მაშინ მტკიცებულება არის საკმარისი ნულოვანი ჰიპოთეზის უარყოფისათვის და ალტერნატიული ჰიპოთეზა ითვლება მართებულიად.

ხშირად გამოყენებული კრიტიკული მნიშვნელობა 95%-იანი სანდოობით ტესტირებისას, როცა საქმე გვაქვს 3X3 განზომილების χ^2 ვარდინ ცხრილებთან, არის 9.488. როგორც ადრე რეგრესიისათვის შევნიშნეთ, გამოთვლები საკმაოდ შრომატევადია და ამდენად, ჩვენ ვიყენებთ სტატისტიკურ პროგრამებს (Bennet, 2014).

თვისობრივი მონაცემების მომზადება

პირველ რიგში ითვლება მონაცემების ცვლილებების მაჩვენებლები:

ცხრილი 3:

Nasdaq ინდექსის და ბიტკოინის ფასების ცვლილებები - რაოდენობრივი

Nasdaq % Change	Bitcoin % Change	Nasdaq % Change	Bitcoin % Change	Nasdaq % Change	Bitcoin % Change
0.000	-1.378	0.081	-0.450	0.080	-0.235
-0.553	-0.025	0.776	-0.647	1.063	-0.945
0.540	-0.930	0.000	-0.497	0.340	2.353
0.047	2.706	-0.175	0.706	-0.193	0.154
1.001	1.325	-0.673	0.383	0.000	-2.645
-0.401	0.122	0.000	1.430	0.000	-0.558
0.000	0.107	0.000	-1.747	0.000	1.019
0.000	-2.161	0.297	-1.363	0.138	-0.743
-0.066	-1.659	1.333	0.091	0.199	-3.161
0.440	-0.834	0.000	-2.982	-0.931	0.463
0.731	0.356	-0.786	5.145	-1.885	-0.919
0.201	0.367	0.562	0.895	0.000	2.736
0.908	-1.995	0.000	0.009	0.000	3.641
0.000	0.388	0.000	4.829	1.426	5.037
0.000	-3.073	-0.032	5.077	0.059	-0.448
0.104	-4.212	0.669	-1.027	0.256	2.065
0.050	9.582	0.813	-2.485	-1.591	-1.666
0.674	-1.016	0.766	2.011	1.338	0.453
0.425	0.222	-1.025	1.605	0.000	-0.516
0.000	-0.383	1.036	0.318	0.000	-0.544
0.232	4.456	0.000	-0.590	2.098	-1.211
0.000	-2.076	-0.244	8.393	0.430	4.710

როგორც ცხრილიდან ჩანს, Nasdaq ინდექსისათვის მაქსიმალური პროცენტული ზრდა არის 2.098 და კლება არის 1.885. ბიტკოინის ფასებისათვის შესაბამისი მაჩვენებლებია 9.582 და 4.212.

Nasdaq ინდექსისათვის შემოღებულია შემდეგი კრიტერიუმი:

- თუ პროცენტული ცვლელა -0.1-ზე ნაკლებია, ვთვლით, რომ ინდექსმა დაიკლო (down);
- თუ პროცენტული ცვლელა 0.1-ზე მეტია, ვთვლით, რომ ინდექსი გაიზარდა (up);
- სხვა შემთხვევაში ვთვლით, რომ ინდექსი არ შეიცვალა.

ბიტკოინის ფასებისათვის შემოღებულია შემდეგი კრიტერიუმი:

- თუ პროცენტული ცვლელა -1-ზე ნაკლებია, ვთვლით, რომ ფასმა დაიკლო (down);
- თუ პროცენტული ცვლელა 1-ზე მეტია, ვთვლით, რომ ფასი გაიზარდა (up);
- სხვა შემთხვევაში ვთვლით, რომ ფასი არ შეიცვალა.

ამ კრიტერიუმებიდან გამომდინარე შემდეგი ჯვარედინი ცხრილი მიიღება:

ცხრილი 4:

Nasdaq ინდექსის და ბიტკოინის ფასების ცვლილებები - თვისობრივი

NASDAQ → BITCOIN ↓	Down	Stay	Up	Total
Down	1	7	3	11
Stay	8	11	8	27
Up	8	13	7	28
Total	17	31	18	66

ამის შემდეგ გამოიყენება სტატისტიკური პროგრამა დამოუკიდებლობის ტესტის ჩატარებისათვის. რეალური და მოსალოდნელი სიხშირები მოცემულია ქვემოთ:

ცხრილი 5:

დამოუკიდებლობის ტესტირების ცხრილი

Observed Frequencies			
	Down	Stay	Up
Down	1	7	3
Stay	8	11	8
Up	8	13	7
Expected Frequencies			
	Down	Stay	Up
Down	2.833	5.167	3.000
Stay	6.955	12.682	7.364
Up	7.212	13.152	7.636

შესაბამისი გამოთვლების შედეგად მიიღება, რომ ტესტის სტატისტიკა არის 2.413 და მისი P-მნიშვნელობაა 0.660. რადგან $2.413 < 9.488$ და P-მნიშვნელობა დიდია, კეთდება დასკვნა, რომ Nasdaq ინდექსის და ბიტკოინის ფასების ცვლილებები დამოუკიდებელია.

დასკვნა

როგორც ვხედავთ, რაოდენობრივი ანალიზის შედეგად მიიღება, რომ Nasdaq ინდექსსა და ბიტკოინის ფასებს შორის რაღაც სახის კავშირი ჩანს. ამავე დროს თვისობრივი ანალიზის შედეგად მიიღება, რომ Nasdaq ინდექსის და ბიტკოინის ფასების ცვლილებები დამოუკიდებელია. ამ შემთხვევაში, რაოდენობრივი ანალიზის შედეგები უფრო სარწმუნოდ უნდა იყოს მიჩნეული, და რაოდენობრივი შედეგების შესახებ ალბათ იმის თქმა შეიძლება, რომ გარკვეულმა შემთხვევითობამ შესაძლოა გამოიწვიოს ასეთი შედეგი.

გამოყენებული ლიტერატურა

Gagnidze A, Iavich M, Time-series Analysis of Bitcoin prices, Collection of Scientific papers, East European University, 2021

Bennet B, Briggs G, Triola M, Statistical Reasoning for Everyday Life, 4th ed. Pearson education 2014

Marr B, A short history of Bitcoin and Cryptocurrency, 2016 <https://bernardmarr.com/a-short-history-of-bitcoin-and-crypto-currency-everyone-should-read/>

Chaim P, & Laurini, M.. „Is Bitcoin a bubble?, 2019. „ Statistical Mechanics and its Applications, Elsevier, vol. 517(C), pages 222-232.

CoinDesk <https://www.coindesk.com/price/bitcoin/>

NASDAQ composite charts, data, news <https://finance.yahoo.com/quote/%5EIXIC>

Newbold P, Carlson B, Thorne W. Statistics for Business and Economics, Pearson education, 2013.