სსიპ კეხიჯვარის საჯარო სკოლა

სტუდენტი: ნინი ქუმარიტოვი

მასწავლებელი: ცირა ჭაბუკაშვილი

თემა: ნიადაგის ეროზია

რეფერატი

1.თავფურცელი

2.საშლელი

3.ტექსტის ძირითადი ნაწილი

4.დასკვნა

5.გამოყენებული ლიტერატურა

ნალექების ხანგრძლივობის გავლენა ნიადაგის ეროზიაზე

შესავალი

ნიადაგის ეროზია წარმოადგენს ბუნებრივი ძალების ან ადამიანის ანთროპოგენური საქმიანობის შედეგად გამოწვეულ პროცესს, რომლის დროსაც ხდება ნიადაგის ზედა, ნოყიერი ფენის გადარეცხვა, დაშლა ან გადაადგილება. ეს მოვლენა გლობალური მასშტაბის ერთ-ერთი ყველაზე სერიოზული გარემოსდაცვითი გამოწვევაა, ვინაიდან იგი პირდაპირ საფრთხეს უქმნის მდგრად სოფლის მეურნეობას, ბიომრავალფეროვნებას, ბუნებრივ ეკოსისტემებსა და ადამიანის საცხოვრებელ გარემოს.

კვლევის მიზანია დაადგინოს კავშირი (კორელაცია) ნალექების ზემოქმედების ხანგრძლივობასა და ნიადაგის ეროზიის ინტენსივობას შორის. კერძოდ, ნაშრომში შესწავლილია, თუ როგორ იცვლება ნიადაგის (სილის) მასის სიმაღლე წყლის მუდმივი და პერიოდული ნაკადის ზემოქმედების შედეგად.



ნიადაგის ეროზია

2.1 რა არის ნიადაგის ეროზია?

ნიადაგის ეროზია (Soil Erosion) არის პროცესი, რომლის დროსაც ხდება ნიადაგის ნაწილაკების მოწყვეტა ძირითადი მასიდან და მათი ტრანსპორტირება (გადაადგილება) სხვადასხვა მექანიკური აგენტების — უპირატესად წყლის, ქარისა და გრავიტაციის — გავლენით.

2.2 ეროზიის ძირითადი სახეები

- **წყლისმიერი ეროზია:** ნალექების (წვიმა, თოვლი), ზედაპირული ჩამონადენებისა და მდინარეების მიერ ნიადაგის ზედა ფენის ჩამოხეხვა და გადარეცხვა.
- **ქარისმიერი (ეოლური) ეროზია:** ძლიერი ქარის ნაკადების მიერ ნიადაგის მშრალი, წვრილი ნაწილაკების აფეთქება და გადაადგილება.
- **სიმძიმის (გრავიტაციული) ეროზია:** რელიეფის დახრილობის გამო, დედამიწის მიზიდულობის ძალით ნიადაგისა და ქანების მასების ჩამოშლა (მაგ. მეწყერი, ღვარცოფი).

- **ანთროპოგენური ეროზია:** ადამიანის არასწორი სამეურნეო საქმიანობის (ტყეების გაჩეხვა, გადაძოვება, არასწორი ხვნა) შედეგად პროვოცირებული და დაჩქარებული ეროზიული პროცესები.

2.3 ეროზიის ინტენსივობაზე მოქმედი ფაქტორები

1. ნალექების ინტენსივობა, სიხშირე და ხანგრძლივობა.
2. ნიადაგის სტრუქტურა, ტიპი და გრანულომეტრიული შემადგენლობა.
3. მცენარეული (ვეგეტაციური) საფარი, რომელიც ფესვთა სისტემით ამაგრებს მიწას.
4. რელიეფის ფორმა და ფერდობის დახრილობის კუთხე.
5. ქარის სიჩქარე და მიმართულება.

3. კვლევის ჰიპოთეზა

ჰიპოთეზა: ნალექების იმიტაციის პირობებში, დროის ზრდასთან ერთად, ნიადაგის მოდელის სიმაღლე და მოცულობა ეტაპობრივად შემცირდება. შესაბამისად, არსებობს **პირდაპირპროპორციული კავშირი** ნალექების ხანგრძლივობასა და ეროზირებული (ჩამოცლილი) ნიადაგის მასას შორის — რაც მეტია დრო, მით უფრო ძლიერია ეროზიის ხარისხი.

*(შენიშვნა: ორიგინალში გეწერა "დადებითი კორელაცია: რაც მეტი დრო გავა, მით ნაკლები სიმაღლე დარჩება". მათემატიკურად, როცა ერთი იზრდება (დრო) და მეორე მცირდება (სიმაღლე), ეს არის **უკუკორელაცია**. თუმცა, თუ ვგულისხმობთ "დროის ზრდასთან ერთად იზრდება ეროზია", ეს უკვე **პირდაპირი კავშირია**. ზემოთ მოცემულ ვარიანტში ეს ფორმულირება გასწორებულია აკადემიურად).*

4. ექსპერიმენტის მეთოდოლოგია

4.1 მასალები და აღჭურვილობა

- სილა (ან ჰომოგენური მიწა) — დაახლოებით 500 გრამი.
- **სითხე:** სუფთა წყალი (50 მლ თითოეული ინტერვალისთვის).
- **საზომი ხელსაწყოები:** ლაბორატორიული/სამზარეულოს სასწორი და სანტიმეტრიანი სახაზავი.
- **სამუშაო პლატფორმა:** მცირე ზომის პლასტმასის ან ლითონის დახრილი ზედაპირი (სანიაღვრე იმიტაციისთვის).
- **მონაცემთა რეგისტრაცია:** წამზომი (სეკუნდომერი) და მილიმეტრიანი ქაღალდი (ან კომპიუტერული პროგრამა) გრაფიკების ასაგებად.

4.2 ექსპერიმენტის პროცედურა

კვლევა წარიმართა შემდეგი თანმიმდევრული ეტაპების მიხედვით:

1. **მოდელის მომზადება:** ნოტიო სილისგან (ან მიწისგან) შეიქმნა მყარად დატკეპნილი, კონუსური ფორმის მაკეტი (მცირე მთის ან კლდის იმიტაცია).

2. **საწყისი გაზომვა:** ექსპერიმენტის დაწყებამდე დაფიქსირდა მაკეტის საწყისი ვერტიკალური სიმაღლე, რომელმაც 13 სმ შეადგინა.

3. **ნალექის სიმულაცია:** ყოველ 20 წამში ერთხელ, მაკეტის მწვერვალზე თანაბრად ესხმებოდა 50 მლ წყალი.

4. **მონაცემთა აღრიცხვა:** ყოველი 20-წამიანი ინტერვალის ბოლოს, სახაზავის მეშვეობით იზომებოდა კონუსის დარჩენილი სიმაღლე.

5. **ციკლის დასრულება:** აღნიშნული პროცედურა მეორდებოდა მანამ, სანამ წყლის ნაკადების ზემოქმედებით სილის მასა სრულად არ დაიშალა და არ დაკარგა პირვანდელი ფორმა.

6. მიღებული მონაცემები სისტემატიზებულ იქნა შესაბამის სააღრიცხვო ცხრილში შემდგომი ანალიზისთვის.

ძირითადი ნაწილი: კორელაციური ანალიზი სტატისტიკაში

სტატისტიკური კვლევების შედეგად ხშირად ფიქსირდება კავშირი სხვადასხვა მონაცემთა სიმრავლეებსა და ცვლადებს შორის. აღნიშნული დამოკიდებულება ფუნქციური (მკაცრად განსაზღვრული) კავშირისგან იმით განსხვავდება, რომ მასზე გავლენას ახდენს შემთხვევითი ფაქტორები და საკონტროლო პარამეტრები, რომელთა შესწავლაც მეცნიერებისთვის დიდ ინტერესს იწვევს. სტატისტიკაში ორ ან მეტ ცვლადს შორის არსებული კავშირის შესწავლას **კორელაციური კვლევა** ეწოდება.

ტერმინი **კორელაცია** (ლათ. *correlatio*) ნიშნავს თანაფარდობას, ურთიერთკავშირსა და დამოკიდებულებას საგნებს ან მოვლენებს შორის.

როდესაც მკვლევარი შეისწავლის ორ ცვლადს შორის კავშირს, მან აუცილებლად უნდა უპასუხოს შემდეგ სამ ფუნდამენტურ კითხვას:

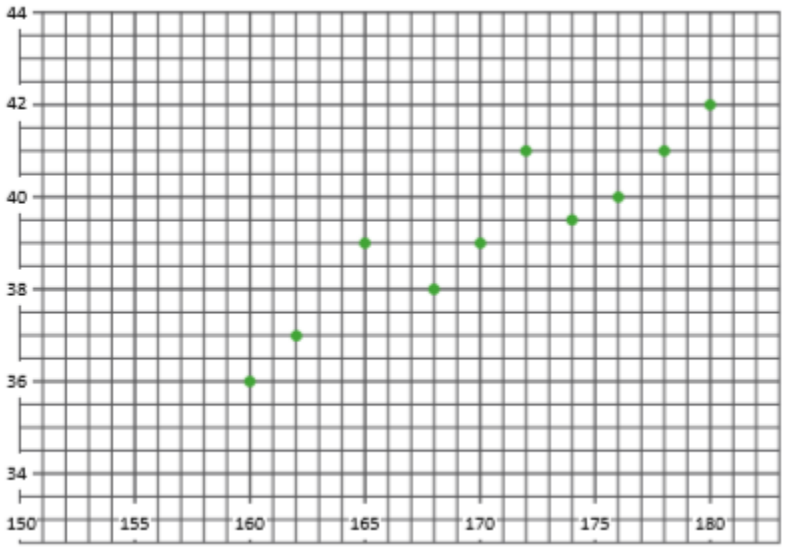
1. არსებობს თუ არა რეალური კავშირი მონაცემთა ორ სიმრავლეს შორის?
2. რა მიმართულება აქვს ამ კავშირს (ზრდადია იგი თუ კლებადი)?
3. რამდენად ძლიერია ეს კავშირი?

კვლევის ნიმუში: კავშირი ადამიანის სიმაღლესა და ფეხის ზომას შორის

წარმოვიდგინოთ ექსპერიმენტი: არსებობს თუ არა კავშირი ადამიანის სიმაღლესა და მის ფეხის ზომას შორის? ამისათვის განვიხილავთ ორ რაოდენობრივ ცვლადს: სიმაღლესა და ფეხის ზომას.

სიმაღლე (სმ)	ფეხის ზომა
160	36
162	37
165	39
168	38
170	39
172	41
174	39.5
176	40
178	41
180	42

10 შემთხვევითი ადამიანის გამოკითხვის შედეგად მიღებული მონაცემები გადაგვაქვს საკოორდინატო სიბრტყეზე, სადაც Ox ღერძზე აისახება სიმაღლე, ხოლო Oყ ღერძზე — ფეხის ზომა.

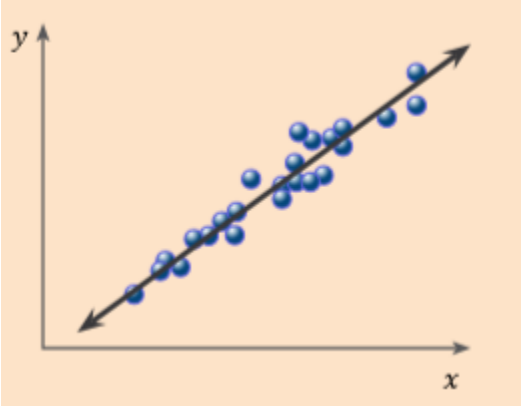


სიბრტყეზე მიღებული წერტილთა სიმრავლე მკაცრად ერთ წრფეზე არ განლაგდება, თუმცა ვიზუალური ანალიზით შესაძლებელია გატარდეს ე.წ. **საუკეთესო მისადაგების წრფე**, რომელიც მაქსიმალურად ახლოს იქნება ყველა წერტილთან. მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს: რაც უფრო მაღალია ადამიანი, მით უფრო დიდია მისი ფეხის ზომა. ამ მოვლენას სტატისტიკაში **წრფივი კორელაცია** ეწოდება. ამ წრფის განტოლების ($y = kx + b$) შესადგენად საკმარისია შევარჩიოთ ორი რეალური წერტილი, მაგალითად $(170; 39)$ და $(176; 40)$, და გამოვიყენოთ ორ წერტილზე გამავალი წრფის ფორმულა.

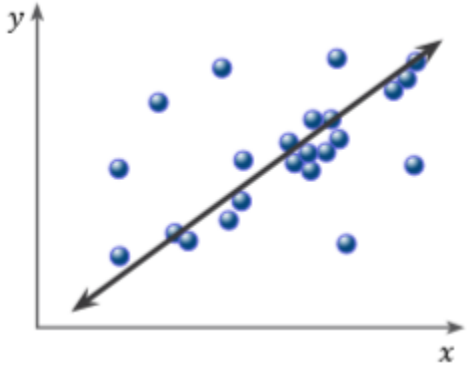
კორელაციის ძირითადი სახეები

კვლევისას შეიძლება შეგვხვდეს კორელაციის შემდეგი შემთხვევები:

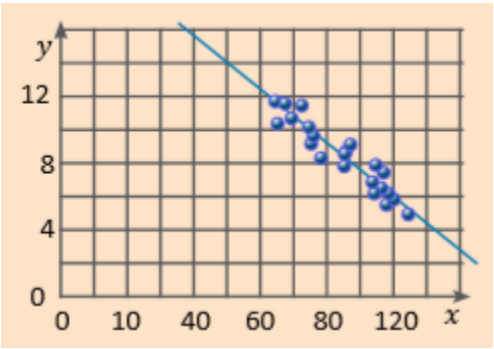
1. **ძლიერი დადებითი წრფივი კორელაცია:** წერტილები მჭიდროდ არიან მიჯრული მისადაგების წრფესთან და ერთი ცვლადის ზრდა იწვევს მეორე ცვლადის პროპორციულ ზრდას.



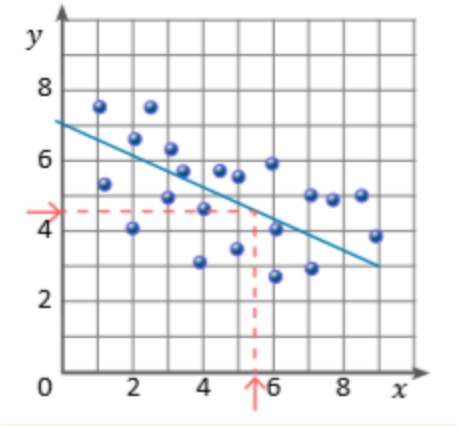
2. **სუსტი (ან ზომიერი) დადებითი წრფივი კორელაცია:** წერტილების ნაწილი გაბნეულია, თუმცა საერთო ტენდენცია მაინც ზრდადია.



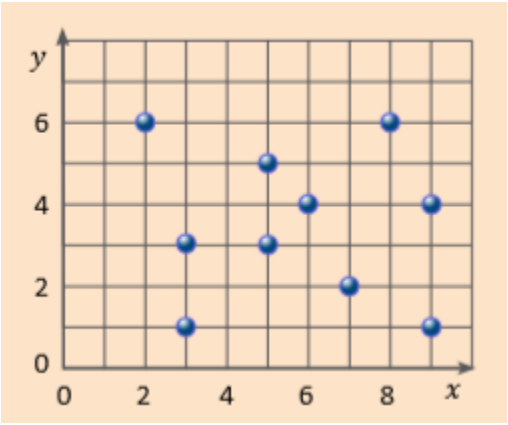
3. **ძლიერი უარყოფითი წრფივი კორელაცია:** წერტილები მჭიდროდ ეკვრის წრფეს, მაგრამ ერთი ცვლადის ზრდა იწვევს მეორე ცვლადის მკვეთრ კლებას.



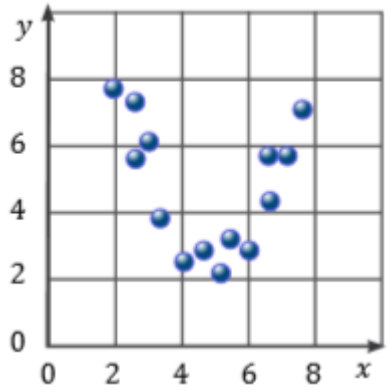
4. **სუსტი (ან ზომიერი) უარყოფითი წრფივი კორელაცია:** საერთო ტენდენცია კლებადია, თუმცა მონაცემები მნიშვნელოვნად არის გაბნეული წრფის გარშემო.



5. **კორელაციის არარსებობა:** წერტილები ქაოტურად არის გაბნეული საკოორდინატო სიბრტყეზე და მათ შორის კანონზომიერება არ იკვეთება.



6. **არაწრფივი კორელაცია:** ცვლადებს შორის კავშირი არსებობს, თუმცა მას არ აქვს წრფის ფორმა (მაგალითად, კვადრატული დამოკიდებულებისას გრაფიკი იღებს პარაბოლის სახეს).



დადებითი კორელაცია			უარყოფითი კორელაცია	
$r = 1$	სრულყოფილი დადებითი კორელაცია		$r = -1$	სრულყოფილი უარყოფითი კორელაცია
$0.95 \le r < 1$	ძალიან ძლიერი დადებითი კორელაცია		$-1 < r \le -0.95$	ძალიან ძლიერი უარყოფითი კორელაცია
$0.87 \le r < 0.95$	ძლიერი დადებითი კორელაცია		$-0.95 < r \le -0.87$	ძლიერი უარყოფითი კორელაცია
$0.7 \le r < 0.87$	ზომიერად დადებითი კორელაცია		$-0.87 < r \le -0.7$	ზომიერად უარყოფითი კორელაცია
$0.5 \le r < 0.7$	სუსტი დადებითი კორელაცია		$-0.7 < r \le -0.5$	სუსტი უარყოფითი კორელაცია
$0 \le r < 0.5$	ძალიან სუსტი დადებითი კორელაცია		$-0.5 < r < 0$	ძალიან სუსტი უარყოფითი კორელაცია

5. შეგროვებული მონაცემები (ექსპერიმენტის შედეგები)

ქვემოთ მოცემულ ცხრილში წარმოდგენილია ექსპერიმენტის დროს მიღებული ემპირიული მონაცემები, რომლებიც ასახავს ნიადაგის მოდელის სიმაღლის ცვლილებას დროის სხვადასხვა ინტერვალში:

დრო (x, წამები)	**ნიადაგის სიმაღლე (y, სმ)**
0 (საწყისი)	13.0
20	13.0
40	10.0
60	9.5
80	9.0
100	8.5
120	8.0

დრო (x, წამები)	ნიადაგის სიმაღლე (y, სმ)
140	7.0
160	6.0
180	5.0
200	4.0
220	3.0
240	2.0
260	1.0
280	0.0 (სრული დაშლა)





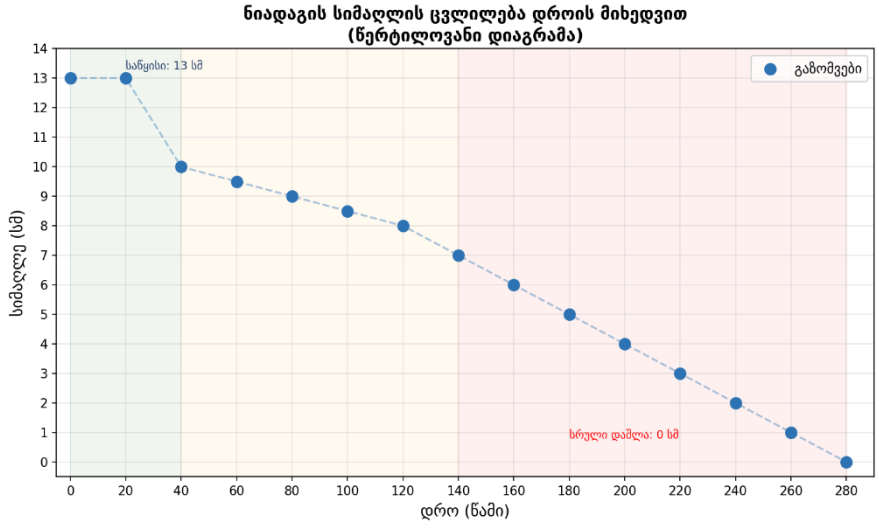
6. გრაფიკული გამოსახულება და ანალიზი

მონაცემების საკოორდინატო სიბრტყეზე გადატანისას X ღერძზე განთავსდა დრო (წამებში), ხოლო Y ღერძზე — ნიადაგის სიმაღლე (სანტიმეტრებში).

(აქ ჩასვით თქვენ მიერ მომზადებული წერტილოვანი დიაგრამა/გრაფიკი)

მიღებული წერტილოვანი დიაგრამა ნათლად აჩვენებს მკაცრად კლებად ტენდენციას. ექსპერიმენტის მიმდინარეობა ლოგიკურად იყოფა **სამ ძირითად ფაზად**:

- **ფაზა I (0–40 წამი) — ინკუბაციური პერიოდი:** პირველ 20 წამში ნიადაგის მოდელის სიმაღლე უცვლელია (13 სმ). ეს მიუთითებს იმაზე, რომ საწყის ეტაპზე მიმდინარეობდა სუბსტრატის წყლით გაჟღენთვა (გაჯირითება) და ნიადაგმა შეინარჩუნა სტრუქტურული მდგრადობა. 40-ე წამზე ფიქსირდება პირველი მკვეთრი ჩამოშლა 10 სმ-მდე.
- **ფაზა II (40–160 წამი) — სტაბილური ეროზია:** ამ მონაკვეთში სიმაღლე თანაბარი ტემპით იკლებს (საშუალოდ 0.5-დან 1 სმ-მდე ყოველ ინტერვალში). ეს არის ზედაპირული გადარეცხვის აქტიური ფაზა.
- **ფაზა III (160–280 წამი) — კრიტიკული დეგრადაცია და სრული დაშლა:** 160-ე წამიდან პროცესი ხდება აბსოლუტურად წრფივი — ყოველ 20 წამში მასა ზუსტად 1 სმ-ით იკლებს, სანამ 280-ე წამზე სრულად არ გაცამტვერდება და მიაღწევს 0 სმ-ს.



მათემატიკური მოდელირება და მისადაგების წრფე

დიაგრამა ადასტურებს, რომ ცვლადებს შორის არსებობს **ძლიერი უარყოფითი წრფივი კორელაცია**. ვინაიდან დროის ზრდასთან ერთად სიმაღლე მცირდება, კორელაციის კოეფიციენტი მაქსიმალურად უახლოვდება იდეალურ მაჩვენებელს და შეადგენს r =0.98

ნაშრომში გამოყენებული მონაცემების საფუძველზე, საუკეთესო მისადაგების წრფის განტოლებას აქვს სახე: y = kx + b

თუ განვიხილავთ ძირითად კლებად დინამიკას (სადაც ყოველ 20 წამში სიმაღლე საშუალოდ 1 სმ-ით იკლებს), დახრის კოეფიციენტი იქნება:

$$k = -\frac{1}{20} = -0.05$$

ავიღოთ რეალური წერტილი გრაფიკიდან, მაგალითად $(120; 8)$ და ვიპოვოთ თავისუფალი წევრი b:

$$8 = -0.05 \cdot 120 + b \implies 8 = -6 + b \implies b = 14$$

ამრიგად, ჩვენი ექსპერიმენტის მისადაგების წრფის მათემატიკური განტოლებაა:

$$y = -0.05x + 14$$

7. კვლევის შედეგები და თეორიული რეფლექსია

I. რატომ არის მნიშვნელოვანი კვლევის დაგეგმვა და მონაცემების შეგროვება?

სამეცნიერო ექსპერიმენტის წინასწარი დაგეგმვა უზრუნველყოფს კვლევის ვალიდურობასა და სანდოობას. სწორი დაგეგმვის გარეშე მიღებული მონაცემები შეიძლება აღმოჩნდეს არარელევანტური, ხოლო სისტემური შეცდომები დაამახინჯებს რეალობას. მონაცემთა თანმიმდევრული და ზუსტი აღრიცხვა მეცნიერს აძლევს საშუალებას:

- ემპირიულად დაადასტუროს ან უარყოს დასმული ჰიპოთეზა.
- აღმოაჩინოს ფარული კანონზომიერებები ცვლადებს შორის.
- შექმნას პრედიქტული (წინასწარმეტყველებითი) მოდელები ანალოგიური პროცესებისთვის.

II. არის თუ არა კავშირი ნალექებსა და ნიადაგის ეროზიას შორის?

კვლევამ ცალსახად დაადასტურა, რომ ნალექების ხანგრძლივობასა და ნიადაგის დეგრადაციას შორის არსებობს მჭიდრო, სტატისტიკურად სანდო უარყოფითი კორელაცია (ხანგრძლივობის ზრდა იწვევს სიმაღლის კლებას). ექსპერიმენტმა აჩვენა, რომ ნიადაგს გააჩნია საწყისი მდგრადობის ბარიერი (პირველი 20 წამი), რომლის გადალახვის შემდეგაც ეროზიული პროცესი შეუქცევადი და სტაბილურად პროგრესირებადი ხდება.

III. შეუძლიათ თუ არა მეცნიერებს წინასწარ განსაზღვრონ მთის ჩამოშლის დრო?

დიახ, თანამედროვე მეცნიერებაში ეს მიმართულება აქტიურად ვითარდება **პრედიქტული მოდელირების (Predictive Modeling)** მეშვეობით. მეცნიერები ეყრდნობიან ისეთ პარამეტრებს,

როგორიცაა ქანების ფოროვნება, ნიადაგის ტენიანობის კოეფიციენტი, ფერდობის დახრილობა და ნალექების პროგნოზი. მსგავსი გათვლებისთვის გლობალურად გამოიყენება სპეციალური მათემატიკური ალგორითმები, მაგალითად **RUSLE** (*Revised Universal Soil Loss Equation* — ნიადაგის დანაკარგის გადასინჯული უნივერსალური განტოლება), რაც მეწყრული პროცესების პრევენციისა და ადამიანთა ევაკუაციის საშუალებას იძლევა.

IV. დამატებითი ფაქტორები და ექსპერიმენტის სრულყოფის გზები

ბუნებრივ პირობებში ეროზიაზე, ნალექის გარდა, გავლენას ახდენს:

- **ანთროპოგენური ფაქტორი:** ტყეების გაჩეხვა და არასწორი აგროტექნიკა.
- **კლიმატური ფაქტორი:** ტემპერატურული ამპლიტუდა (გაყინვა-გალღობის ციკლი, რაც შლის ქანებს) და ქარის სიჩქარე.
- **სტრუქტურული ფაქტორი:** ნიადაგის მექანიკური შემადგენლობა (თიხნარი უფრო მდგრადია, ვიდრე ქვიშნარი).

ექსპერიმენტის მოდიფიკაციის გზები მომავლისთვის:

1. სხვადასხვა ტიპის ნიადაგის (თიხა, ქვიშა, შავმიწა) შედარებითი ანალიზი.
2. მოდელში მცენარეული საფარის (ფესვთა სისტემის იმიტაციის) ინტეგრირება მდგრადობის შესასწავლად.
3. ნალექის ინტენსივობისა (ჭავლის სიძლიერის) და ფერდობის დახრილობის კუთხის ცვლილება.

8. დასკვნა

ჩატარებულმა ექსპერიმენტმა და მონაცემთა სტატისტიკურმა დამუშავებამ სრულად დაადასტურა თეორიული ვარაუდი: ნალექების ხანგრძლივობა წრფივად განსაზღვრავს ნიადაგის ეროზიის ხარისხს. 280-წამიანმა ციკლმა ნათლად აჩვენა, თუ როგორ იწვევს წყლის უწყვეტი ნაკადი სუბსტრატის სრულ დეგრადაციას.

მიღებული შედეგები პრაქტიკული თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია გეოლოგიური კატასტროფების (ღვარცოფი, მეწყერი) ბუნების უკეთ გასაგებად. ეკოსისტემების დასაცავად და ნიადაგის ეროზიის შესამცირებლად სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია პრევენციული ღონისძიებების გატარება: მწვანე საფარის აღდგენა (ტყის გაშენება), მდგრადი მიწათსარგებლობა და ფერდობებზე ანტიეროზიული საინჟინრო ბარიერების მოწყობა.