

სავარჯიშო 06L: მეწყერის რისკის შეფასება

სავარაუდო დრო: 3 საათი
 მონაცემები: მონაცემები ქვედირექტორიდან: Riskcity exercise/exercise06L/data
 მიზნები: ეს სავარჯიშო ასახავს ნახევრად რაოდენობრივ მეთოდს მეწყერის რისკის შესაფასებლად და განიხილავს სხვადასხვა პერიოდში მომხდარ მეწყერს იმისათვის, რომ გამოითვალოს დროებითი ალბათობა, ხოლო მეწყერის ფორმირების სავარაუდო ადგილების რუკები (**Susceptibility map**) გარდაისახოს საფრთხის ამსახველ რუკებად. შემდგომ ეს ყოველივე შეთავსებულია ინფორმაციასთან რისკის წინ მყოფი ობიექტების შესახებ, რაც მოპოვებულია რისკის ამსახველი რუკებიდან.

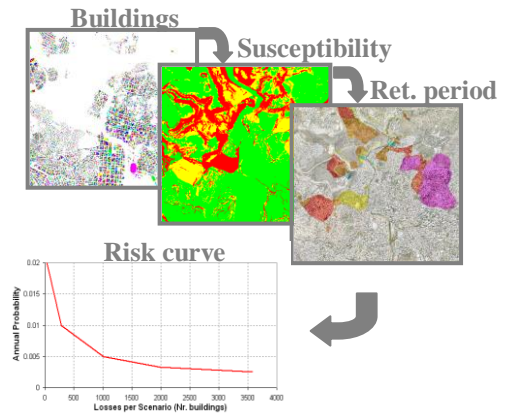
საწყისი მონაცემები:

ამ სავარჯიშოში გამოვიყენებთ მეწყერის ფორმირების სავარაუდო ადგილების რუკას (**Susceptibility_map**) რომელიც შეიქმნა სტატისტიკური მეთოდის გამოყენებით 3მ სავარჯიშოში. რისკის წინაშე მდგარი ობიექტებისთვის ჩვენ გამოვიყენებთ 1998 წლის შენობების რუკას (**Building_map_1998**) ინდივიდუალური შენობებით და მათი მახასიათებლებით. ასევე გვესაჭიროება რუკა **Landslide_ID** იმისათვის, რომ მეწყერების შესახებ ინფორმაციის გამოყენების საფუძველზე მეწყერის ფორმირების სავარაუდო ადგილების რუკა საფრთხის ამსახველ რუკად გარდავიქმნათ.

სახელი	ტიპი	მნიშვნელობა
რისკის ქვეშ მყოფი ელემენტები		
Building_map_1998	რასტერი	რუკა ასახავს ინდივიდუალურ შენობებს.
Building_map_1998	ცხრილი	ცხრილი ასახავს შენობების მახასიათებლებს: მიწათსარგებლობა, სართულების რაოდენობა, შენობის ტიპი, სართულზე ფართობის ოდენობა (რამდენი ადამიანია შენობაში დღის განმავლობაში, რამდენი ადამიანია ღამის განმავლობაში, ზომის კლასი ამ სავარჯიშოში არ გამოვიყენებთ).
მონაცემები მეწყერის შესახებ		
Landslide_ID	რასტერი	წერტილები თითოეულ ინტეროპრეტირებული მეწყერისთვის შესაბამისი მახასიათებლების ცხრილთან ერთად.
Landslide_ID	ცხრილი	მახასიათებლების ცხრილი ტერიტორიაზე მომხდარი მეწყერის შესახებ ინფორმაციით.
მეწყერის ფორმირებისთვის სავარაუდო ადგილები	რასტერი	მეწყერის ფორმირების სავარაუდო ადგილების რუკა სტატისტიკური მეთოდის გამოყენებით.
სხვა მონაცემები		
High_res_image (მაღალი რეზოლუციის სურათი)	რასტერი	შესასწავლი ტერიტორიის მაღალი რეზოლუციის სურათი.

- **ზოგადი რისკის ფორმულა:**
 $Risk = H * V * A$
 H= საფრთხე
 V= მოწყვლადობა
 A= რისკის წინაშე მყოფი ობიექტების რაოდენობა
- **მეწყერის რისკის ფორმულა:**
 $Risk = P_T * P_S * V * A$
 P_T=დროებითი ალბათობა
 P_S=სივრცობრივი ალბათობა
 V= მოწყვლადობა
 A= რისკის წინაშე მდგარი ობიექტების რაოდენობა

მარცხენა უჯრაში მოთავსებული პირველი ფორმულა გამოხატავს ბუნებრივ (ან ადამიანის მიერ გამოწვეულ) საფრთხესთან დაკავშირებულ ზოგად რისკს. პირველი ტერმინი „საფრთხე“ გამოხატავს საშიშროების შემცველი მოვლენის მოხდენის სავარაუდო დროს. როდესაც შესაძლებელი გახდება ზუსტად განისაზღვროს საშიშროების სივრცობრივი მოხდენის დრო, H გამოხატავს მხოლოდ დროებით ალბათობას (წლიურ ალბათობას/წინარე პერიოდის გათვალისწინებით). ეს ეხება წყალდიდობის საშიშროების შემთხვევას, როდესაც მოდელირებული კვლევის შედეგების თანახმად, ცნობილია რომ გარკვეული ადგილი იტბორება ხოლმე. კონკრეტული რისკის წინაშე მყოფი ობიექტი ან არის საფრთხის ზონაში, ან -არა, შესაბამისად, სივრცობრივი ალბათობა ტოლია 1-ის. რაც შეეხება სხვა საფრთხის ტიპებს, როგორცაა მეწყერი (ან ხანძარი ტყეში), ჩვენ ზუსტად არ ვიცით თუ რა ადგილას მოხდება სტიქიური მოვლენა, ამგვარად საჭიროა განტოლებაში შემოვიტანოთ სივრცობრივი ალბათობა. ამ შემთხვევაში, ფორმულა უნდა გულისხმობდეს სივრცობრივ და დროებით ალბათობას, როგორც ეს ნაჩვენებია



მარცხენა უჯრაში მოთავსებულ მეორე ფორმულაში. უფრო დეტალური ინფორმაციისთვის, იხილეთ სახელმძღვანელო წიგნის მეექვსე თავი.

ამ სავარჯიშოსთვის სივრცობრივი ალბათობის გამოთვლა წარმოებს მეწყერის ფორმირების სავარაუდო ადგილების რუკის (**Susceptibility map**) გამოყენებით, მაშინ როდესაც ინფორმაცია მეწყერის დაბრუნების პერიოდების შესახებ წარმოადგენს დროებით ალბათობას. ეს ინფორმაცია ინახება **Landslide_ID map-ში**. სავარჯიშოს პირველ ნაწილში მეწყერის რისკის შესაფასებლად ჩვენ გამოვიყენებთ ნახევრად რაოდენობრივ მიდგომას. ამით ყურადღება გამახვილდება ფორმულის "რაოდენობის" ნაწილზე. მეწყერის ფორმირების სავარაუდო ზონებს ჩვენ გავაერთიანებთ შენობათა სხვადასხვა ტიპებთან და გამოვთვლით სახლების, ისევე როგორც ხალხის რაოდენობას მაღალი, საშუალო და დაბალი რისკის მეწყერის ფორმირების სავარაუდო ადგილებში.

შემდეგ, სავარჯიშოს მეორე ნაწილში მეწყერის რისკის შესაფასებლად ჩვენ რაოდენობრივ მიდგომას გამოვიყენებთ. ჩვენ გავაერთიანებთ მეწყერის ფორმირების სავარაუდო ადგილების შესახებ ინფორმაციას (Susceptibility) იმ ინფორმაციასთან, რომელიც ეხება დაკვირვების ქვეშ მყოფი მეწყერების განმეორების პერიოდს. ეს საჭიროა დროითი ალბათობის გამოსათვლელად. მეტიც, მოწყვლადობის ხარისხის გამოთვლა განისაზღვრება შენობათა ტიპებისა და თითო ადამიანისთვის განკუთვნილი ფართობის მიხედვით. მოწყვლადობა უნდა იყოს დამოკიდებული რისკის ქვეშ მყოფი ობიექტების მახასიათებლებზე და საფრთხის მახასიათებლებზე. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, შენობის მოწყვლადობა დამოკიდებულია მის აგებისას გამოყენებულ მასალაზე და მის სტრუქტურაზე, და ასევე მეწყერის ტიპსა და მასშტაბზე. მოწყვლადობის შეფასების სირთულის გამო, აქ გათვალისწინებულია მხოლოდ რისკის წინაშე მყოფი ობიექტების მახასიათებლები. შემდეგ ჩვენ გამოვსახავთ დროებით ალბათობას (**P_T**) სივრცობრივი ალბათობასთან შეპირისპირებით, რაც გადამრავლებული იქნება ზარალზე (**P_S*V*A**).

გამოთვალეთ შენობების რაოდენობა მეწყერის ფორმირების მაღალი, საშუალო და დაბალი რისკის კლასების მიხედვით

საწყისად უნდა გამოვთვალოთ სამთაგან თითოეულ მეწყერის ფორმირების რისკის კლასში არსებული შენობების რაოდენობა (დაბალი, საშუალო და მაღალი). ჩვენ გამოვთვლით შენობების რაოდენობას თითოეულ კლასში შენობების ტიპების მიხედვით.



- შეარჩიეთ *Operations / Raster Operations /* გადაკვეთით (Cross) **Building_map_1998** რასტერული რუკით **Susceptibility**. დაარქვით მიღებულ ცხრილს **Building_susceptibility**.
- გახსენით ახალი ცრილი და შეამოწმეთ ის; უნდა ხედავდეთ 4 სვეტს, რა არის წარმოდგენილი სვეტში "ტერიტორია" ("Area")? სვეტში **Building_map_1998** ჩანს რომ ზოგ შენობას აქვს ერთზე მეტი სვეტი. რატომ?
- განსაზღვრეთ მეწყერის ფორმირების რისკის რომელი კლასი დომინირებს თითოეული შენობისთვის, შედით *columns / aggregation*-ში და აირჩიეთ სვეტი **Susceptibility**; ფუნქცია: *predominant*, დააჯგუფეთ **Building_map_1998**-ის მიხედვით; სიმბოლე: **Area**. გამოსახეთ ახალი სვეტი: **Susceptibility_per_building** (მეწყერის ჩამოწოლის რისკი თითოეული შენობისათვის). რისი გამოთვლა მოხდა ამ ოპერაციის შედეგად?
- გახსენით ცხრილი **Building_map_1998** და შეუერთეთ სვეტი, რომელიც შექმენით. შედით *Columns / Join*; აირჩიეთ ცხრილი **Building_susceptibility** და სვეტი **Susceptibility_per_building**; შექმენით ახალი სვეტი **Susceptibility**.
- იმისათვის რომ გამოვთვალოთ თითოეულ კლასში სხვადასხვა ტიპის შენობა, კიდევ ერთი ოპერაცია დაგვჭირდება. **Building_map_1998** -ის ცხრილის დირექტივების ხაზში ჩაბეჭდეთ შემდეგი:

combine = code(building_type)+ "_" +code(susceptibility)

მნიშვნელოვანია: მოქმედებათა ეს კომბინაცია სვეტს ქმნის **Building_type** -ის სფეროს კოდის და **Susceptibility** -ის სფეროს კოდის კომბინაციით. დანამდვილებით დააზუსტეთ რომ ორივე სფერო თითოეული კლასისთვის კოდს შეიცავს; თუ ეს ასე არაა, დაამატეთ კოდები (მეწყერის ფორმირების რისკის სფეროში დაამატეთ შემდეგი კოდები, თუ ისინი არ არის: მაღალი კლასი **H**, საშუალო კლასი **M**, დაბალი კლასი **L**). შეამოწმეთ სვეტი **Combine**. რას აღნიშნავენ აკრონიმები?

- ჩვენ უნდა შევინახოთ შედეგები ცალკე ცრილში. ცხრილში **Building_map_1998** მონიშნეთ სვეტი **Combine** და მარჯვენა ღილაკით დააწკაპუნეთ მის სათაურზე; გახსენით *properties* და აირჩიეთ *create domain from string of column*. დაარქვით ახალ სფეროს **Buildtype_susceptibility**. ძირითად ფანჯარაში თავის მარჯვენა ღილაკით დააწკაპუნეთ ახალ სფეროზე და აირჩიეთ *Create table*. დაარქვით ახალ ცხრილს **Buildtype_susceptibility**. ცხრილში **Building_map_1998** შედით *Columns / Aggregation*-ში და აირჩიეთ *column: Combine*; შეინახეთ ახალი სვეტი შედეგების ცხრილში **Buildtype_susceptibility** და დაარქვით სვეტს **Nr_buildings** (შენობების რაოდენობა). ეს ახალი სვეტი აღნიშნავს შენობების რაოდენობას მეწყერის ფორმირების რისკის თითოეული კლასისთვის მათი ტიპის მიხედვით.

შეავსეთ ქვემოთ მოყვანილი ცხრილი შედეგებით, რომლებიც ინახება ცხრილში **Buildtype_susceptibility**. შეგიძლიათ შექმნათ თქვენი საკუთარი ცხრილი ექსელის პროგრამაში და გამოთვალეთ ყველა სავალდებულო ინდიკატორი.

მეწყერის ფორმირების რისკის კლასები								
	დაბალი	შენობათა ტიპის %	საშ	შენობათა ტიპის %	მაღალი	შენობათა ტიპის %	ჯამი თითო ტიპისთვის	
შენობათა ტიპები	თიხატკეპნილი	1288	45%	1187	41%	410	14%	2885
	ხე და სხვა							
	რიყის ქვა							
	აგური თიხით							
	აგური ცემენტით							
	გამაგრებული ბეტონი							
	ჯამი თითო კლასისთვის	19717						28038
ჯამი პროცენტულად	70%							

როდესაც ცხრილს შეავსებთ, შეგიძლიათ დაადგინოთ თუ როგორ ნაწილდება შენობები მეწყერის ფორმირების რისკის ამ სამ კლასში შენობათა ტიპების მიხედვით. უპასუხეთ შემდეგ შეკითხვებს:

☞

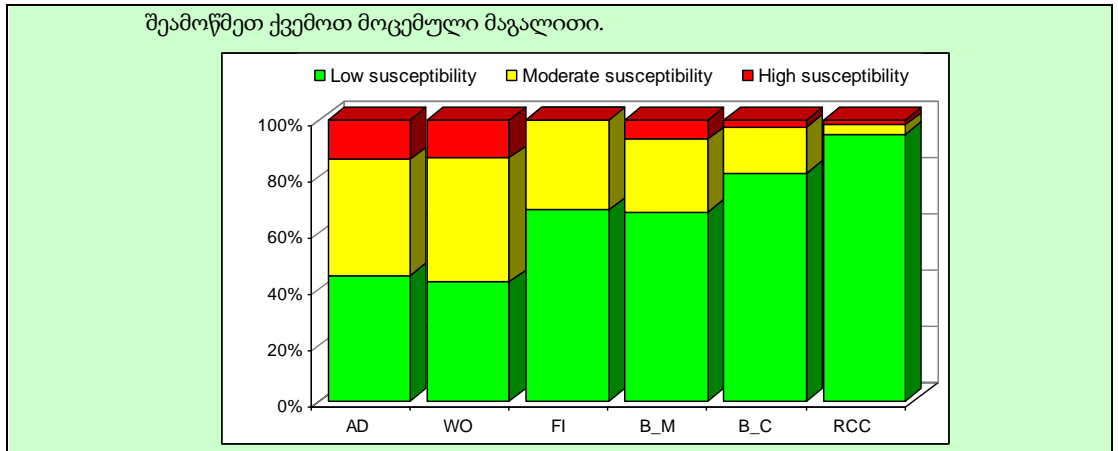
- როგორ არის განაწილებული შენობები მეწყერის ფორმირების რისკის კლასის მიხედვით ტიპში "აგური ცემენტით"? წარმოადგინეთ პროცენტული მაჩვენებელი.
დაბალი _____ საშუალო _____ მაღალი _____
- როგორ არის განაწილებული შენობები მეწყერის ფორმირების რისკის კლასის მიხედვით ტიპში "ხე და სხვა წუნდებული მასალა"? წარმოადგინეთ პროცენტული მაჩვენებელი.
დაბალი _____ საშუალო _____ მაღალი _____

გააკეთეთ კომენტარი ამ ორ განსხვავებულ ნიმუშზე და შეეცადეთ ახსნათ არსებული განსხვავება.

- თითოეული მეწყერის ფორმირების რისკის კლასისთვის ამოარჩიეთ შენობათა ტიპი ყველაზე მაღალი პროცენტული მაჩვენებლით; შეეცადეთ დაადგინოთ ყველაზე მეტად რომელი მიწათსარგებლობა შეიცავს შენობათა აღნიშნულ ტიპებს (შედიით რუკაში **building_map_1998** და დააჯგუფეთ შენობების ტიპების მიხედვით)
დაბალი: _____ მიწათსარგებლობა: _____
საშუალო: _____ მიწათსარგებლობა: _____
მაღალი: _____ მიწათსარგებლობა: _____

რატომ გვხვდება მიწათსარგებლობის ეს კლასები ასეთი სიხშირით მეწყერის ფორმირების რისკის აღნიშნულ კლასებში?

- შეეცადეთ წარმოაჩინოთ ზემოთ მოყვანილ ცხრილში წარმოდგენილი შედეგები შემაჯამებელ ჰისტოგრამაში ექსელის პროგრამაში და დაურთეთ კომენტარი.



ასევე შესაძლებელია შედეგების წარმოჩენა რუკაში, რომელიც ასახავს თითოეული შენობის მეწყერის ფორმირების რისკის კლასს.

- შექმენით მახასიათებლების რუკა **Building_map_1998** -დან **Susceptibility** -ის (მეწყერის ფორმირების რისკის) სვეტის გამოყენებით; დაასათაურეთ ახალი რუკა **Building_susceptibility**; ILWIS -ის ძირითად მენიუში შედით *Operations / Raster operations / Attribute map*-ში, აირჩიეთ *Raster map: Building_map_1998*; *Table* (ცხრილი): **Building_map_1998**; *Column* (სვეტი): **Susceptibility**.

აღნიშნული წარმოადგენს მეწყერის რისკის მარტივი რუკის კარგ მაგალითს, რომელიც გამოიყენება ადგილობრივი ხელისუფლების მიერ მოსახლეობისთვის ინფორმაციის მისაწოდებლად.

წლიური რისკის რაოდენობრივი კალკულაცია და მეწყერისათვის რისკის მრუდის შექმნა.

აქამდე ჩვენ გამოვთვალეთ მხოლოდ შენობების რაოდენობა გაერთიანებული სხვადასხვა მეწყერის ფორმირების რისკის კლასში. რისკის ზოგად ფორმულაში, შენობების რაოდენობა წარმოადგენილია "რაოდენობაში" (Amount (A)). ახლა, იმისათვის რომ შევძლოთ რისკის გამოთვლა, ჩვენ უნდა გამოვიყენოთ საფრთხე - Hazard (H) და მოწყვლადობა - Vulnerability (V).

1. პროცენტულად რა რაოდენობის მაღალი, საშუალო და დაბალი საფრთხის კლასი შეიძლება იყოს დაზარალებული მეწყერის მიერ?
2. რა პერიოდში ხდება აღნიშნული მეწყერები?
3. მეწყერის წინაშე როგორი ხარისხის მოწყვლადობა ახასიათებს თითოეული შენობის ტიპს?

მოწყვლადობიდან საფრთხემდე

როგორც სავარჯიშოს შესავალში აღვნიშნეთ, მეწყერის რისკის შეფასებაში საფრთხის ხდომილების ალბათობა გამოხატულია სივრცობრივი და დროითი ალბათობით. შესაბამისად, ზოგად ფორმულაში:

$$\text{Risk} = \text{Hazard} * \text{Vulnerability} * \text{Amount}$$

რისკი= საფრთხე*მოწყვლადობა*რაოდენობა

საფრთხე შემდეგნაირად გამოიხატება:

Hazard = Temporal probability * Spatial probability
 საფრთხე= დროებითი ალბათობა*სივრცობრივი ალბათობა

იმისათვის რომ გამოვთვალოთ საფრთხის ალბათობა, ჩვენ ორივე კომპონენტი გვესაჭიროება:

- დროითი ალბათობა იმისა, რომ მეწყერი შესაძლოა მოხდეს რაიმე გამომწვევი მოვლენის შედეგად. აქ ჩვენ გამომწვევი მოვლენის განმეორების პერიოდს დაფუძვნირებით მის მიერ გამოწვეულ მეწყერს. განმეორების პერიოდებში ჩვენ განვასხვავებთ 50, 100, 200, 300 და 400 წლის წინანდელ პერიოდები. სათანადო მონაცემები ინახება რუკაში **Landslide_ID**.
- სივრცობრივი ალბათობა იმისა, რომ კონკრეტული ტერიტორია დაზარალებული იქნება მოცემული დროითი ალბათობის მქონე მეწყერების მიერ. ეს გამოითვლება როგორც მეწყერის სიმკვრივე, რომელიც წარმოჩენილია მეწყერის ფორმირების რისკის კლასში.

თუ მეწყერის ფორმირების მაღალი, საშუალო და დაბალი რისკის ტერიტორიების მაჩვენებელი სწორია, სხვადასხვა მეწყერული მოვლენა განსხვავებული განმეორების პერიოდით ამ კლასებში განსვავებულად განაწილდება. ალბათობის განსაზღვრა შესაძლებელია დროითი ალბათობის გამრავლებით (1/დაბრუნების პერიოდი წლიური ალბათობისთვის) სივრცობრივ ალბათობასთან (= როგორია შენობის დაზიანების შანსი).

- შექმენით **Landslide_ID** ცხრილის **ReturnPeriod** სვეტის მახასიათებლებს რუკა **Landslide_ID** რუკის გამოყენებით. დაარქვით რუკას **Landslide_RP**
- შეამოწმეთ **Landslide_RP** და **Susceptibility** რუკებში ასახული ინფორმაცია.
- გადააფარეთ (Cross) რუკა **Susceptibility** რუკასთან **Landslide_RP**. შედით *Raster Operations / Cross*; აირჩიეთ ოფცია do not ignore undefined values. შექმენით შედეგების ცხრილი **Hazard_RP**.
- გამოთვალეთ ტერიტორია საფრთხის თითო კლასისთვის (გამოიყენეთ აგრეგაციის (aggregation) ფუნქცია) და ჩაწერეთ ის ექსელის ფაილად იგივე სტრუქტურით, როგორც ქვემოთ არის ნაჩვენები. გახსენით ცხრილი **Hazard_RP**, შედით *column, aggregation* -ში და აირჩიეთ სვეტი "ტერიტორია" (**area**) და ფუნქცია "შეჯამება" (**sum**). დააჯგუფეთ რისკის ფორმირების ხარისხის მიხედვით (**Susceptibility**). დაარქვით შედეგების სვეტს "კლასების ტერიტორია" (**class_area**).
- ცხრილში **Hazard_RP**, ჩაბეჭდეთ შემდეგი ფორმულები:


```
Area_low:=iff(susceptibility(ფორმირების რისკი)="low"(დაბალი),area(ტერიტორია),0)
Area_moderate:=iff(susceptibility(ფორმირების რისკი)="moderate"(საშუალო),area(ტერიტორია),0)
Area_high:=iff(susceptibility(ფორმირების რისკი)="high"(მაღალი),area(ტერიტორია),0)
```
- შედით *column, aggregation* -ში და მონიშნეთ სვეტი **area_low**, ფუნქცია **sum**, დააჯგუფეთ **Landslide_RP** -ის მიხედვით, შეინახეთ შედეგები ცხრილში **Landslide_probability** და დაარქვით ახალ სვეტს **Landslide_area_low**. გაიმეორეთ იგივე **area_high** და **area_moderate** სფეროებისთვის და და შემდეგ შეინახეთ შედეგები ცხრილში **Landslide_probability**.

საფრთხე გამოითვლება დროითი ალბათობის და სივრცობრივი ალბათობის გამრავლების შედეგად. ამგვარად, ესაა წლიური ალბათობა იმისა რომ კონკრეტულ კლასში შემავალი კონკრეტული ადგილი (შენობა) მეწყერით დაზარალდება. სათანადო მონაცემები ინახება ცხრილებში **Hazard_RP** და

Landslide_probability. ქვემოთ მოყვანილი ინსტრუქციების მიხედვით შეავსეთ ცხრილი უკვე შევსებული უჯრების მსგავსად. კალკულაციის გამარტივების მიზნით შესაძლებელია ცხრილის შექმნა ექსელის პროგრამაში. გამოიყენეთ მეცნიერული ანოტაცია 3 ათწილადით.

საფრთხე		1/50	1/100	1/200	1/300	1/400
მაღალი	მეწყერის ტერიტორია	4.658E+04	3.759E+05	2.319E+05	1.910E+05	1.078E+05
	მეწყერის საერთო ტერიტორია	4.658E+04	4.225E+05	6.543E+05	8.453E+05	9.531E+05
	კლასის ტერიტორია	2.567E+06	2.567E+06	2.567E+06	2.567E+06	2.567E+06
	სივრცობრივი ალბათობა P_S (სიმჭიდროვე)	1.815E-02				
	დროითი ალბათობა P_T	2.000E-02				
	საფრთხე: $P_T * P_S$	3.620E-04				
საშუალო	მეწყერის ტერიტორია	4.000E+00				
	მეწყერის საერთო ტერიტორია	4.000E+00				
	კლასის ტერიტორია	3.049E+06				
	სივრცობრივი ალბათობა P_S (სიმჭიდროვე)	1.300E-06				
	დროითი ალბათობა P_T	2.000E-02				
	საფრთხე: $P_T * P_S$	2.600E-08				
დაბალი	მეწყერის ტერიტორია	5.000E+00				
	მეწყერის საერთო ტერიტორია	5.000E+00				
	კლასის ტერიტორია	8.384E+06				
	სივრცობრივი ალბათობა P_S (სიმჭიდროვე)	5.960E-07				
	დროითი ალბათობა P_T	2.000E-02				
	საფრთხე: $P_T * P_S$	1.190E-08				

☞

- შეავსეთ ცხრილი გამოთვლილი მონაცემებით. ცხრილში **Landslide_probability** (მეწყერის ალბათობა) არსებული სვეტები **Landslide_area_low, Landslide_area_moderate, Landslide_area_high** გვიჩვენებს მეწყერის მასშტაბს თითოეული ფორმირების რისკის კლასისთვის. კლასის ტერიტორიის მასშტაბი ინახება ცხრილში **Hazard_RP**, სვეტში **Class_area**.
- გამოთვალეთ მეწყერის საერთო ტერიტორია (იხ. ცხრილში წარმოდგენილი მაგალითები) იმის გათვალისწინებით, რომ უფრო დიდი ინტერვალით განმეორებადი მოვლენები ასევე გამოიწვევს ისეთი სახის მეწყერებს, რომლებსაც იწვევს მოვლენები უფრო მცირე განმეორების ინტერვალებით.
- სივრცობრივი ალბათობა გამოხატულია როგორც სიმჭიდროვე ფორმირების რისკის კლასში: ამგვარად, ის წარმოდგენილია შემდეგი ფორმულით (ექსელში):
Spatial_probability = Cumulative_landslide_area / Class_area
- ეხლა გამოთვალეთ დროითი ალბათობა თითოეული საფრთხის კლასისთვის და თითოეული განმეორების პერიოდისთვის, და ჩაწერეთ შედეგები ცხრილში. დროითი ალბათობა = წლიურ ალბათობა = 1/განმეორების პერიოდი.
- გამოთვალეთ საფრთხე საფრთხის თითოეული კლასისა და განმეორების პერიოდისთვის, და ჩაწერეთ შედეგები ცხრილში: $H = P_T * P_S$

დროითი და სივრცობრივი ალბათობა გამოხატავს თითოეულ ადგილას მეწყერის ხდომილების შესაძლებლობას. ზარალის განსაზღვრის პროცესში თავდაპირველად უნდა გამოითვალოს ზარალის რაოდენობა თითოეული სცენარისთვის (განმეორების პერიოდი). ამისთვის ჩვენ გამოვიყენებთ მხოლოდ სივრცობრივ ალბათობასთან დაკავშირებულ ინფორმაციას. დროითი ალბათობა განიხილება შემდგომ ეტაპზე, როცა წლიური რისკი იქნება გამოთვლილი რისკის მრუდებში.

☞

- თავის მარჯვენა ღილაკით დააწკაპუნეთ სფეროზე "მეწყერის ფორმირების რისკი" და შექმენით ცხრილი „სივრცობრივი ალბათობა“. შექმენით ხუთი სვეტი, როგორც ეს ქვემოთ არის წარმოდგენილი. გამოიყენეთ ხარისხობრივი დიაპაზონი 0 დან 1-მდე და 0.00000001 სიზუსტე 9 ათწილადით. შეავსეთ ცხრილი ქვევით სივრცობრივი ალბათობის ხარიხთა მაჩვენებლებით.
- საფრთხის რომელი კლასი ხასიათდება სივრცობრივი ალბათობის ყველაზე მაღალი ხარისხით? ამგვარი შედეგი მოსალოდნელი იყო?
- შეეცადეთ ახსნათ თუ რატომ ხასიათდება ეს კლასი ხდომილების ყველაზე მაღალი სივრცობრივი ალბათობით (შესაძლებელია დაათვალიეროთ **Susceptibility** და **Landslide_RP** რუკები; მოიფიქრეთ თუ როგორ შეიძლება და შექმნილიყო მეწყერის ფორმირების რისკის რუკა).

სივრცობრივი ალბათობა						
		Spat_prob_50y	Spat_prob_100y	Spat_prob_200y	Spat_prob_300y	Spat_prob_400y
საფრთხის კლასები	მაღალი	1.815E-02				
	საშუალო	1.300E-06				
	დაბალი	5.960E-07				

მოწყვლადობის განსაზღვრა

მეწყერის მოწყვლადობის განსაზღვრა საკმაოდ რთულია. ამისთვის საჭიროა ცოდნის მარაგი შენობების ტიპების და მეწყერის მოსალოდნელი მოცულობისა და სიჩქარის შესახებ. ამის განსაზღვრა ძნელია. ამიტომ, მრავალ კვლევაში შენობათა მოწყვლადობა უბრალოდ აღინიშნება როგორც 1, რაც გულისხმობს იმას, რომ რისკის წინაშე მყოფი შენობა მთლიანად დაინგრევა. ამ შემთხვევაში ჩვენ არ ვფლობთ საკმარის ინფორმაციას მეწყერის პარამეტრების შესახებ (ტიპი, სიჩქარე, მოცულობა და ა.შ). შესაბამისად, ჩვენ ავარჯიშობთ მოწყვლადობის შკალას მხოლოდ შენობების მახასიათებლებზე დაყრდნობით: კონსტრუქციის ტიპი და შენობის სიდიდე.

რასაკვირველია, ამგვარი მიდგომის სისწორე შესაძლოა საკამათო იყოს. აგრეთვე როგორც შესაძლოა მეწყერის სიდიდის ინდიკატორი შესაძლებელია გავითვალისწინოთ მეწყერის მოცულობა მეწყერის შესახებ რუკიდან, მაგრამ ეს ძალიან გაართულებს სავარჯიშოს. ამგვარად, მოწყვლადობის განსაზღვრისას ჩვენ შემოვიფარგლებით შენობების ზემოთ ნახსენები მახასიათებლებით. მოწყვლადობის გამოთვლა განხორციელდა ექსპერტი ინჟინრების მიერ შენობების მეწყერის დროს დაზარალების ხარისხის ფიზიკური შესწავლის საფუძველზე და ასევე მეწყერით გამოწვეული ზარალის ისტორიული მონაცემების გათვალისწინებით. ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში ზარალის პროცენტი წარმოდგენილია როგორც შენობის ტიპის და ზომის ფუნქცია.

მოწყვლადობა

შენობის ტიპი: თიხატკეპნილი

ძალიან მცირე	მცირე	საშუალო	მაღალი	ძალიან მაღალი
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

შენობის ტიპი: ხე და სხვა წუნდებული მასალა

ძალიან მცირე	მცირე	საშუალო	მაღალი	ძალიან მაღალი
1.00	1.00	1.00	0.90	0.80

შენობის ტიპი:რიყის ქვა

ძალიან მცირე	მცირე	საშუალო	მაღალი	ძალიან მაღალი
1.00	1.00	1.00	0.90	0.90

შენობის ტიპი: აგური თიხით

ძალიან მცირე	მცირე	საშუალო	მაღალი	ძალიან მაღალი
1.00	1.00	0.90	0.80	0.70

შენობის ტიპი: აგური ცემენტით

ძალიან მცირე	მცირე	საშუალო	მაღალი	ძალიან მაღალი
1.00	0.90	0.80	0.60	0.50

შენობის ტიპი: გამაგრებული ბეტონი

ძალიან მცირე	მცირე	საშუალო	მაღალი	ძალიან მაღალი
0.60	0.50	0.40	0.35	0.30

შენობის სიმტკიცე, წესით, დამოკიდებული უნდა იყოს არა მხოლოდ მის ტერიტორიაზე, არამედ ასევე სართულების რაოდენობაზე: სამსართულიანი აგურისა და ცემენტის შენობა უფრო ძლიერი სტრუქტურისაა ვიდრე ერთსართულიანი შენობა იგივე მახასიათებლებით. ამიტომ, შენობების კლასიფიცირება უნდა მოხდეს მათი კონსტრუქციის ტიპის და სიდიდის მიხედვით. ჩვენ უკვე გვაქვს შენობათა ტიპის კლასიფიკაცია, მაგრამ გვესაჭიროება მათი კლასიფიცირება მათივე სიდიდის მიხედვით. ჩვენ გამოვიყენებთ ხუთ კლასს (ძალიან მცირე, მცირე, საშუალო, დიდი და ძალიან დიდი). ხუთი სიდიდის კლასში (ძალიან მცირიდან ძალიან დიდამდე) შემავალი სიდიდეების დასადგენად ჩვენ გამოვიყენებთ შენობის მთლიანი ფართობის რაოდენობას (ტერიტორია * სართულების რაოდენობა).

- შექმენით მახასიათებლების რუკა **Building_map_1998** -დან **Floorspace** (ფართობის რაოდენობა) სვეტის გამოყენებით და დაარქვით მას **Floorspace_map**. ააგეთ რუკის ისტორიოგრამა: მარჯვენა ღილაკით დააწკაპუნეთ რუკაზე და შედით *Statistics / Histogram* -ში.
- გახსენით ისტორიოგრამა და შეისწავლეთ ის. რას გულისხმობს სვეტები **Value**, **Npixct** და **Npixcum**?
- იმისთვის რომ დაადგინოთ სართულების ფართობის ოდენობა, ჩვენ შევქმენით სვეტს,

სადაც იქნება წარმოდგენილი სართულთა ფართობის ჯამური მონაცემი. ისტორიოგრამაში წარმოაჩინეთ დირექტივების ხაზი (თუ ის ჯერ არ ჩანს: აირჩიეთ *View / Command line*) ჩაბეჭდეთ შემდეგი:

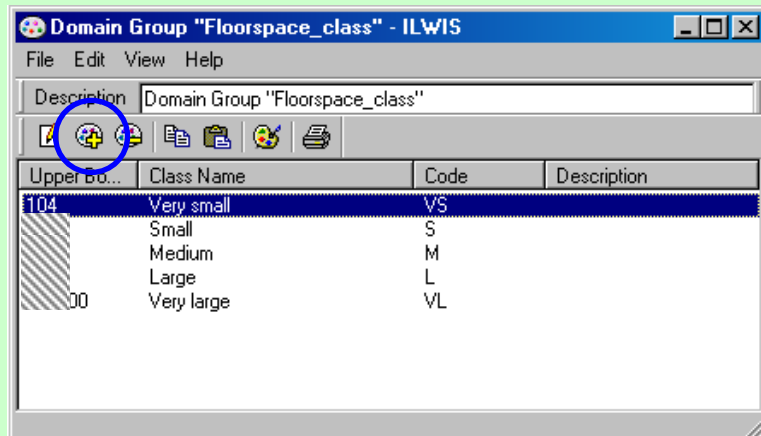
$$\text{perc_cum} = \text{npixcum}/3154801*100$$

რას აღნიშნავს დიდი ოდენობის აღმნიშვნელი ციფრი?

- ჩვენ შეგვიძლია დავყოთ ფართობის რაოდენობა ხუთ კლასად მათი ჯამური პროცენტის მიხედვით. შეავსეთ ქვედა მაგიდა სწორი მონაცემებით:

კლასი	ჯამური პროცენტი	ფართობის ოდენობა (ზედა ზღვარი)
ძალიან მცირე	20%	104
მცირე	40%	
საშუალო	60%	
დიდი	80%	
ძალიან დიდი	100%	

- შექმენით ახალი სფერო, IWIS -ის ძირითადი მენიუდან შედით *File / Create / Domain* -ში; აირჩიეთ *Class / Group* და დაარქვით მას **Floorspace_class** (ფართობის კლასი). ფანჯარა შეავსეთ ზემოდ მოყვანილ ცხრილში წარმოდგენილი სიდიდეებით, როგორც ეს ქვედა სურათზეა ნაჩვენები; და სფეროს დაუმატეთ ახალი კლასი, დააჭირეთ ლურჯი წრით აღნიშნულ ღილაკს.



- გახსენით ცხრილი **Building_map_1998** და ჩაბეჭდეთ შემდეგი დირექტივა დირექტივების ხაზში:

$$\text{Floorspace_class} = \text{clfy}(\text{Floorspace}, \text{Floorspace_class})$$

(ფართობის კლასი = **clfy** (ფართობი, ფართობის კლასი))

რის გამოთვლას აწარმოებს **clfy** ფუნქცია ? რას შეიცავს ახალი სვეტი?

ჩვენ შევქმენით კლასიფიკაცია სართულების ფართობისათვის, ეხლა შეგვიძლია შევიტანოთ მოწყვლადობის ინდიკატორები. ამისთვის ჩვენ უნდა შევქმენათ ორგანოზომილებიანი ცხრილი, სადაც აღნიშნული ინდიკატორები შეინახება.

☞

- ILWIS -ის ძირითად მენუში შედით *File / Create / 2D Table* -ში და აირჩიეთ ცხრილის სახელი (*Table Name*): **Vulnerability_building** ძირითადი სფერო (*Primary domain*): **Building_type** და მეორადი სფერო (*Secondary domain*): **Floorspace_class**; მინიმუმ (*Minimum*): 0; მაქსიმუმ (*Maximum*): 1 და სიზუსტე (*Precision*): 0.1. გახსენით ცხრილი და შეავსეთ ის ზემოდ მოყვანილ ცხრილში წარმოდგენილი სიდიდეების ინდიკატორებით.
- გახსენით ცხრილი **Building_map_1998** და ჩაბეჭდეთ შემდეგი დირექტივების ხაზში (command line):
Vulnerability_building = vulnerability_building[Building_type, Floorspace_class]
- შეამოწმეთ ახალი სვეტის მონაცემები და ახსენით შესრულებული ოპერაცია.

ჩვენ ახლახანს სვეტქმენით სვეტი მოწყვლადობის სიდიდის ინდიკატორით თითოეული შენობისთვის.

ზარალის განსაზღვრა და რისკის მრუდის შექმნა

ეხლა, როდესაც ჩვენ გამოვთვალეთ მეწყერის რისკის ყველა კომპონენტი, შეიძლება დავიწყოთ თავად რისკის გამოთვლა. კალკულაცია იწარმოებს ცხრილში **Building_map_1998**. ჩვენ დავითვლით ზარალს 50 წლით უკან დაბრუნების სცენარში. თავდაპირველად, უნდა დავსახოთ სწორი სივრცობრივი ალბათობა (**P_s**) თითოეული შენობისთვის მისი მეწყერის ფორმირების რისკის კლასის მიხედვით. ჩვენ

მნიშვნელოვანია!

ჩვენ განვიხილავთ ძალიან მცირე ციფრებს. როდესაც შექმნით ახალ სვეტს, არ დაგავიწყდეთ რომ სიზუსტე უნდა იყოს დაყენებული 9 ათწილადზე და ცხრილის მახასიათებლების ფანჯარაში ათწილადების რაოდენობა უნდა უტოლდებოდეს 9-ს; საწინააღმდეგო შემთხვევაში კალკულაციის დროს შეცდომაა მოსალოდნელი.

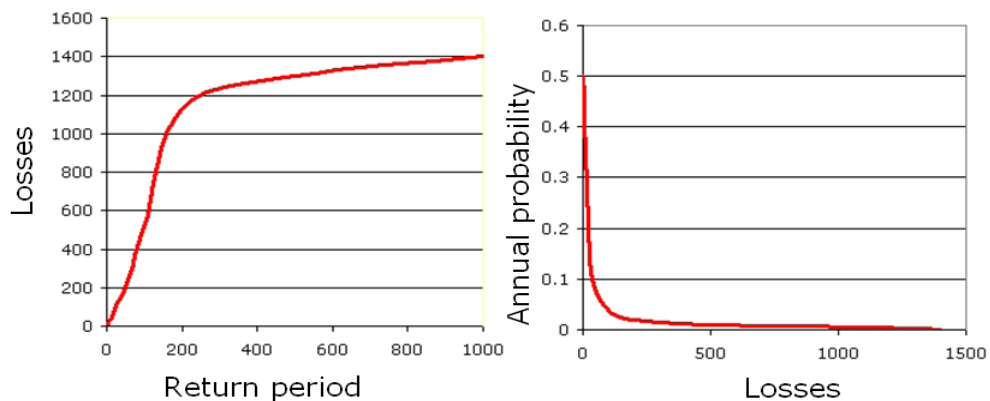
☞

- ცხრილს **Building_map_1998** შეუერთეთ ცხრილი **Spatial_probability** და წაიკითხეთ ის შემდეგ სვეტში **Spat_prob_50y**. გამოიყენეთ სიდიდის ინდიკატორები 0-დან 1-მდე, და 0.000000001 სიზუსტე 9 ათწილადით.
- 50 წლით უკან დაბრუნების სცენარში ზარალის განსაზღვრად უნდა გავამრავლოთ სივრცობრივი ალბათობა თითოეული შენობის მოწყვლადობაზე და შემდეგ, შევაჯამოთ ზარალი.
- გამრავლეთ ორი სვეტი შემდეგი ბრძანების საშუალებით:
Losses_50y:= Spat_prob_50y*vulnerability_building
- გამოაჩინეთ ცხრილში სტატისტიკის პანელი და წაიკითხეთ ახალი სვეტის ჯამი. ეს წარმოადგენს ზარალის ჯამურ რაოდენობას 50 წლით უკან დაბრუნების სცენარისთვის!
- გამოიყენეთ იგივე მეთოდოლოგია 100, 200, 300, 400 წლით უკან დაბრუნების სცენარებისთვის და გამოთვალეთ ზარალის ჯამური ოდენობა თითოეული ამ პერიოდისთვის.
- ზემოდ მოყვანილ კალკულაციაში ჩვენ აღარ გამოვიყენეთ რაოდენობა (**Amount**). შეგიძლიათ იმის ახსნა თუ რატომ აღარაა საჭირო სავარჯიშოს პირველ ნაწილში გამოთვლილი შენობების რაოდენობის გამოყენება? აქ ზარალი რა ერთეულებშია ნაჩვენები?

ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში შევინახოთ თითოეული სცენარისთვის მიღებული ზარალი (შექმენით თქვენი საკუთარი ცხრილი იგივე ექსელის პროგრამის ფაილში).

დაბრუნების პერიოდი	დროითი ალბათობა	ზარალი	კონკრეტული რისკი
50	0.02	31	0.62
100	0.01		
200	0.005		
300	0.00333		
400	0.0025		
რისკის ჯამი (შენობები)			

რისკი შესაძლოა წარმოდგენილი იყოს როგორც მრუდე, რომელშიც დატანილია ყველა სცენარი თავიანთი დაბრუნების პერიოდებითა თუ ალბათობით და შესაბამისი ზარალით. ამგვარი რისკის მრუდეს ამავდროულად ეწოდება Loss Exceedance Curve (LEC) (ზარალის აღმატების მრუდე). მარცხენა გრაფას ის უპირატესობა აქვს, რომ ის უკეთესად ჩანს როცა დაბრუნების პერიოდებში ფიქსირდება ზარალის ყველაზე დიდი მაჩვენებელი. მარჯვენა მრუდე პირდაპირ შეიძლება იქნას გამოყენებული საშუალო წლიური ზარალის გამოსათვლელად (Average Annual Losses (AAL)). ეს სრულდება მრუდით განსაზღვრული ტერიტორიის გამოთვლით (იხ. სახელმძღვანელო წიგნი, სესია 6.5.5).



რისკის მრუდის წარმოდგენის ორი გზა: მარცხენა: ზარალის დატანა დაბრუნების პერიოდისათვის. მარჯვნივ: ზარალის დატანა წლიური ალბათობისთვის.

☞

- შექმენით რისკის მრუდეები და გრაფაში დაიტანეთ ინდიკატორები ხუთი დაბრუნების სცენარისთვის. ორგვარად წარმოაჩინეთ რისკის მრუდე, როგორც ეს სურათზეა ნაჩვენები. შეინახეთ ის ექსელის პროგრამის იგივე ფაილში და შეადარეთ თქვენს მიერ მიღებული შედეგები დაფაზე წარმოდგენილ შედეგებს.

☞

- როგორ შევაფასოთ ეს რისკი? ის მაღალია? როგორ შეადარებდით მას სხვა საფრთხის ტიპებთან?
- ასევე წარმოადგინეთ შედეგები რუკაზე **Losses_50y** მახასიათებლის წარმოჩენით რომელიც დაცულია რუკაში Building_map_1998. სად არის ზონები ყველაზე მაღალი ინდივიდუალური რისკით?

დასკვნა: თუ შეხედავთ ფორმულას $Risk = PT*PS*V*A$ და თუ გსურთ ინდივიდუალური შენობებისათვის რისკის გამოთვლა, აშკარაა რომ სივრცობრივი ალბათობა იმისა, რომ მეწყერი ჩამოვა შენობის განლაგების ადგილას ყველაზე მნიშვნელოვან ასპექტის წარმოდგენს. ეს ინდიკატორი მიღებული იქნა მეწყერის ფორმირების რისკის კლასებში წარმოდგენილი მეწყერის სიმჭიდროვის გათვალისწინებით. ასე რომ, რაც უფრო უკეთესად განვსაზღვრავთ მეწყერის ფორმირების რისკის კლასებს, მით უფრო წარმატებულები ვიქნებით და სივრცობრივი ალბათობაც უფრო მაღალი იქნება.