



---

# Monitoring Pistachio Orchards

## ԽՈՐԱՑՎԱԾ ԱՏՀ

Բովանդակություն

[Տարածական վերլուծությունների ներածություն](#)

[Խորացված տարածական վերլուծությունների տեխնիկաներ](#)

[ԱՏՀ գործիքատուփեր և հավելումներ](#)

[ԱՏՀ մոդելների կառուցում I\\*](#)

[ԱՏՀ մոդելների կառուցում II\\*](#)

[Ճշգրիտ գյուղատնտեսություն ԱՏՀ-ի միջոցով](#)

[Կառավարման գոտիների հաշվարկ\\*](#)

[Հավելվածների օգտագործում՝ սենսորային տվյալների ցուցադրման և վերլուծության համար\\*](#)

[Ուսումնասիրության դեպքեր և գործնական կիրառություններ\\*](#)

Դասընթացի ծրագիր (Syllabus)

**Տարածական վերլուծությունների ներածություն** (3 ժամ դասախոսություն)

- Տարածական վերլուծությունների ընդհանուր տեխնիկաներ
- Տարածական վերլուծության գործիքների ներկայացում QGIS/WebGIS-ում

**Խորացված տարածական վերլուծության տեխնիկաներ** (3 ժամ դասախոսություն, 3 ժամ վարժանքներ)

- Տարածական վիճակագրություն և վերլուծություն
- Գործնական վարժանքներ QGIS-ում

**GIS գործիքակազմեր և հավելումներ** (1 ժամ դասախոսություն, 3 ժամ վարժանքներ)

- USZ գործիքակազմերի և հավելումների ակնարկ
- «Processing Toolbox»-ի կիրառություն
- Գործնական վարժություններ՝ օգտագործելով տարբեր գործիքներ և հավելումներ

**USZ մոդելների կառուցում I** (3 ժամ գործնական)

- USZ մոդելների կառուցման ներածություն
- QGIS-ում Model Designer-ի կիրառություն
- Հիմնական մոդելների ստեղծում

**USZ մոդելների կառուցում II** (4 ժամ գործնական)

- Խորացված մոդելավորման տեխնիկաներ
- Python ծրագրավորման հիմունքներ USZ -ի համար
- Ծրագրերի ինտեգրումը մոդելներում
- Գործնական մոդելների ստեղծում

**Ճշգրիտ գյուղատնտեսություն USZ-ի միջոցով** (1 ժամ դասախոսություն, 1 ժամ գործնական)

- Ճշգրիտ գյուղատնտեսության հասկացությունների ներածություն

- USZ -ի դերը ճշգրիտ գյուղատնտեսության մեջ

**Կառավարման գոտիների հաշվարկում (1 ժամ դասախոսություն, 2 ժամ վարժանքներ)**

- Կառավարման գոտիների հաշվարկի մեթոդներ
- Գործնական վարժանքներ՝ օգտագործելով FieldCalc/QGIS

**Ծրագրերի կիրառումը սենսորային տվյալների ցուցադրման և վերլուծության համար (3 ժամ դասախոսություն, 2 ժամ վարժանքներ)**

- USZ -ում սենսորային տվյալների հավաքագրում և ինտեգրում
- Դեպքերի ուսումնասիրություն՝ ծրագրերի կիրառմամբ տվյալների ցուցադրման և վերլուծության համար
- Գործնական վարժանքներ SensLog Dashboard/FIE-ով

**Դեպքերի ուսումնասիրություններ և գործնական կիրառություններ (10 ժամ լաբորատոր աշխատանքներ)**

- Ճշգրիտ գյուղատնտեսության խորացված դեպքերի ուսումնասիրություններ
- Նախագծման և իրականացման պլանավորում
- Իրական կիրառություններ և հաջողված պատմություններ
- Ուսանողների կողմից ներկայացվող դեպքերի ուսումնասիրություններ

**Տնային առաջադրանքը կներառի՝ 20 ժամ գրականության վերլուծություն, GIS տերմինաբանություն և անհատական ուսում:**

**Նպատակներ և կարողություններ**

**Դասընթացի նպատակները՝**

- Հաստատել ուսանողների գիտելիքները տարածական վերլուծության և GIS գործիքակազմերի մեջ:
- Հմտություններ տալ GIS մոդելներ կառուցելու բարդ տարածական խնդիրների լուծման համար:
- Ուսումնասիրել GIS-ի իրական կիրառությունները՝ կենտրոնանալով ճշգրիտ գյուղատնտեսության վրա:

- Ինտեգրել թվային գործիքներ և հավելվածներ՝ տվյալների հավաքագրման, ցուցադրման և վերլուծության համար GIS նախագծերում:

#### Կարողություններ՝

- Խորացված տարածական վերլուծության տեխնիկաների տիրապետում:
- GIS գործիքակազմերի օգտագործման և հարմարեցման կարողություն:
- GIS մոդելների կառուցման և կիրառման հմտություններ:
- GIS-ի գործնական կիրառում ճշգրիտ գյուղատնտեսության մեջ և սենսորային տվյալների վերլուծություն:

#### Սպասվող ուսուսական արդյունքներ

##### Ուսանողները, ովքեր հաջողությամբ կմասնակցեն դասընթացին, կկարողանան՝

- Կատարել խորացված տարածական վերլուծություն GIS-ի միջոցով:
- Օգտագործել և հարմարեցնել տարբեր GIS գործիքակազմեր՝ հատուկ խնդիրների համար:
- Կառուցել և կիրառել GIS մոդելներ՝ տարածական խնդիրների լուծման համար:
- Իրականացնել թվային գործիքների և հավելվածների կիրառում ճշգրիտ գյուղատնտեսական նախագծերում:
- Վերլուծել և մեկնաբանել սենսորային տվյալները՝ գյուղատնտեսական կիրառության համար:

# Տարածական վերլուծությունների ներածություն

## USZ Տերմիններ

**USZ-ն** (Աշխարհագրական տեղեկատվական համակարգ) համակարգ է՝ տարածական տվյալների վերլուծության և ներկայացման համար:

**Տարածական տվյալներ.** տվյալներ են, որոնք ընդգրկում են մեկից ավելի տարածական չափումներ (2D, 3D և այլն):

**Աշխարհագրական տվյալներ.** (հակիրճ՝ գեոտվյալներ) տվյալներ են, որոնք ներկայացնում են Երկրի հետ կապված օբյեկտներ կամ երևույթներ:

**Վերլուծությունը** բարդ թեմաները մանրամասների բաժանելու գործընթաց է՝ դրա վերաբերյալ ավելի լավ պատկերացում ստանալու համար:

**Տարածական վերլուծությունը** քանակական վերլուծություն է, որը հաշվի է առնում երևույթների տարողաչափական, աշխարհագրական կամ տոպոլոգիական հատկությունները:

Տարածական վերլուծություն՝ համառոտ

Տարածական վերլուծությունը **USZ-ի** (Ավտոմատացված Տարածական Համակարգ) բաղադրիչ է, որը թույլ է տալիս օգտվողներին ուսումնասիրել տարածական փոխադարձ կապերը, օրինաչափությունները և միտումները աշխարհագրական տվյալներում: Վերլուծության արդյունքում առաջանում են նոր տվյալներ, որոնք կարող են լինել նոր շերտեր, աղյուսակներ կամ պարզ արժեքներ: Վերլուծության արդյունքը կարող է արտահայտել նույն փոփոխականը, ինչ սկզբնական տվյալներում (օրինակ՝ միջին արժեքի հաշվարկը), կամ տարբեր մեկը (օրինակ՝ երբ թեքության շերտ ենք հաշվարկում բարձրության շերտից):

*Տարածական վերլուծությունը կարող է պատասխանել այնպիսի հարցերի, ինչպիսիք են.*

- «Որտեղ պետք է կառուցել նոր պահեստ՝ առաքման ժամանակը նվազագույնի հասցնելու համար»:
- «Ո՞ր գյուղատնտեսական հողերն են գտնվում ջրհեղեղի վտանգի տակ գտնվող գոտիներում»:

- «Ինչպե՞ս է քաղաքային տարածքի ընդլայնումը տեղի ունեցել վերջին տասնամյակում»:
- «Ո՞րն է ամենակարճ երթուղին շտապօգնության մեքենաների համար վթարի վայր հասնելու համար»:

Տարածական վերլուծության տարածված մեթոդները ներառում են **բուֆերային վերլուծություն**, **վերդրման (overlay) վերլուծություն**, **տարածական ինտերպոլյացիա**, **ցանցային վերլուծություն** և **տարածական խմբավորում**: Յուրաքանչյուր մեթոդ ծառայում է որոշակի նպատակի և կիրառվում է տարբեր ոլորտներում՝ իրական խնդիրների լուծման համար:

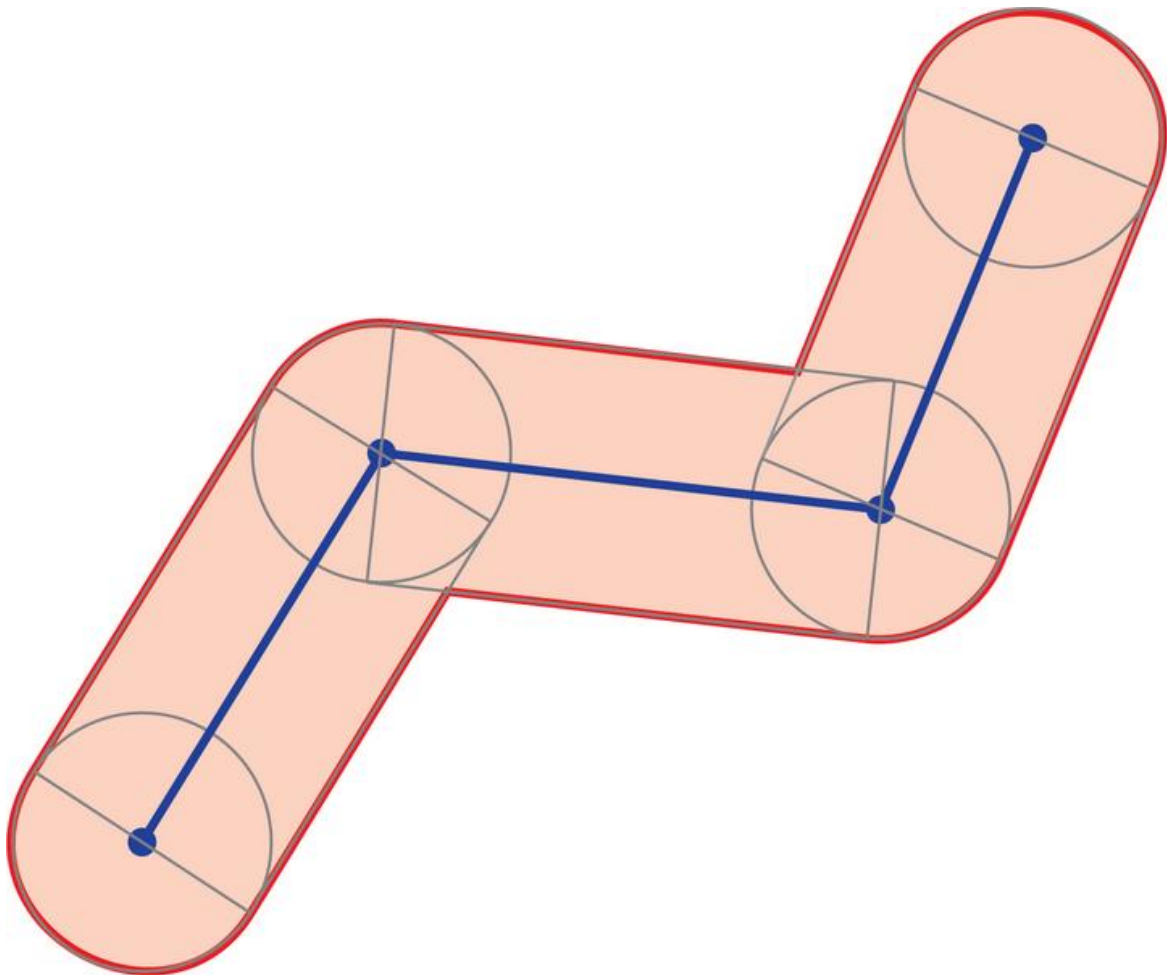
Օրինակ՝ **բուֆերային** վերլուծությունը օգտագործվում է գեոգրաֆիկ օբյեկտների շուրջ գոտիներ ստեղծելու համար, ինչպես օրինակ՝ գետերի շուրջ 500 մետրանոց բուֆեր՝ ջրհեղեղի վտանգի գոտիները գնահատելու համար: Քաղաքաշինության մեջ այս մեթոդը օգնում է որոշել հանրային օբյեկտների (օր.՝ դպրոցներ, հիվանդանոցներ) ծածկույթը և բացահայտել ոչ պատշաճ սպասարկվող տարածքները: **Վերդրման վերլուծությունն** օգտագործվում է մի քանի շերտեր համադրելու համար՝ նոր պատկերացումներ ստանալու նպատակով, օրինակ՝ արևային ճառագայթման, հողօգտագործման և ենթակառուցվածքներին մոտ լինելու շերտերի համադրմամբ բացահայտել վերականգնվող էներգիայի համար հարմար վայրեր:

**Ցանցային վերլուծությունը** կենտրոնացած է երթուղիների և լոգիստիկայի վրա, և լայնորեն կիրառվում է տրանսպորտում ու արտակարգ ծառայություններում: Օրինակ՝ այն օգնում է որոշել շտապօգնության մեքենաների համար հիվանդանոցներին հասնելու ամենակարճ ճանապարհը կամ օպտիմալացնել առաքման երթուղիները: **Տարածական ինտերպոլյացիան** օգտակար է բնապահպանական գիտություններում, երբ եղանակային կայաններից ստացված տվյալները ինտերպոլացվում են՝ չմասշտաբավորված տարածքներում ջերմաստիճան կամ տեղումներ կանխատեսելու համար: Նմանապես, **տարածական խմբավորման** մեթոդները, ինչպիսին է hotspot վերլուծությունը, կիրառվում են հանրային առողջապահության ոլորտում՝ հայտնաբերելու հիվանդությունների բարձր խտությամբ օջախները և նպատակային միջամտություններ իրականացնելու:

Այս մեթոդների կիրառմամբ տարածական վերլուծությունը հում գեոտարածական տվյալները փոխարկում է կիրառելի պատկերացումների՝ աջակցելով որոշումների կայացմանը բնապահպանական կառավարման, քաղաքային զարգացման, հանրային առողջապահության և աղետների արձագանքման ոլորտներում:

## Բուֆերային վերլուծություն

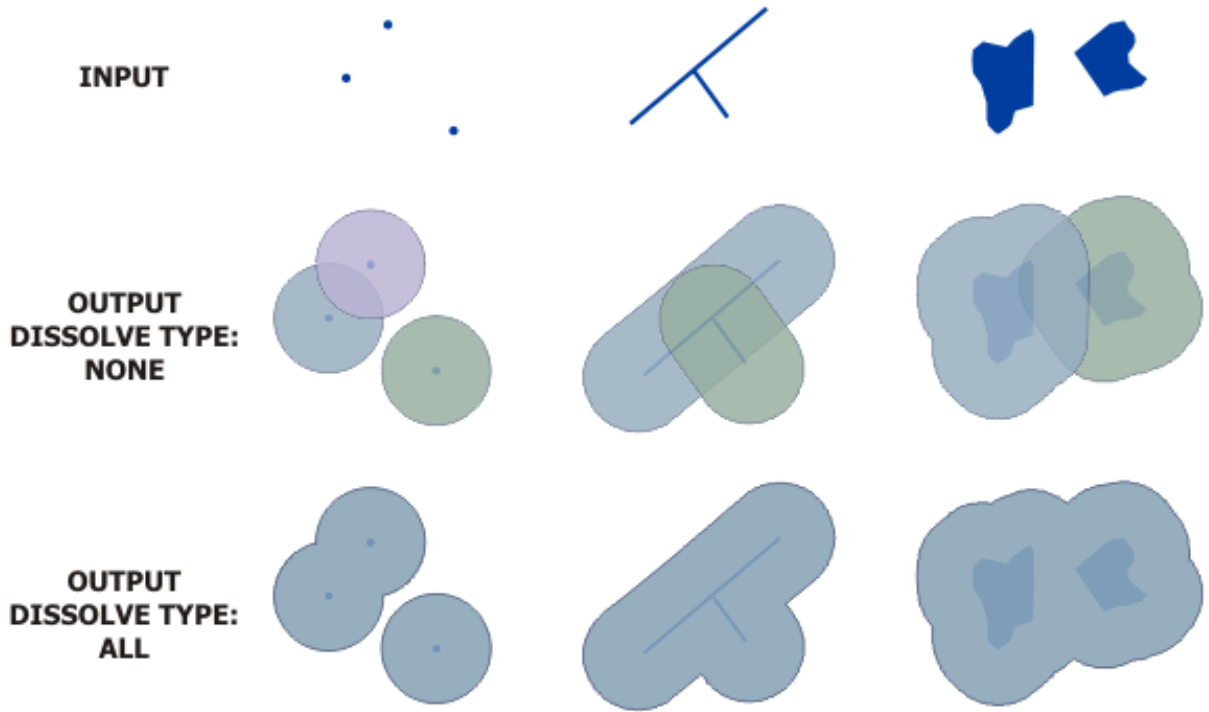
**Բուֆերը** գոտի է, որը ստեղծվում է որոշակի հեռավորությամբ տեղակայված աշխարհագրական օբյեկտի (կետ, գիծ կամ բազմանկյուն) շուրջ: Այս գոտին ներկայացնում է տվյալ օբյեկտի ազդեցության կամ մերձակա տարածքը: Բուֆերային վերլուծությունը լայնորեն կիրառվում է ԱՏՀ-ում մոտակայության վերլուծության համար և հանդիսանում է տարածական վերլուծության հիմքային գործիք: Այն բազմակողմանի է և ծառայում է որպես հիմք բազմաթիվ տարածական հարցումների և որոշումների կայացման գործընթացների համար բնապահպանական գիտություններում, քաղաքաշինության մեջ, հանրային անվտանգությունում և այլ ոլորտներում:



*Վեկտորային օբյեկտի բուֆերի ստեղծման սկզբունքը: Կապույտով ներկայացված է սկզբնական (բազմանկյուն) գիծը, մոխրագույնով՝ առանձին հատվածների բուֆերները, իսկ կարմիրով՝ ամբողջ գծի վերջնական բուֆերային տարածքը: Աղբյուր՝ Bplewe / CC BY-SA 4.0*

## Ինչպես է այն գործում.

1. **Մուտքային օբյեկտներ.** Բուֆերներ կարող են ստեղծվել կետերի շուրջ (օր.՝ դպրոց), գծերի շուրջ (օր.՝ ճանապարհ) կամ բազմանկյունների շուրջ (օր.՝ լիճ):
2. **Բուֆերի հեռավորություն.** Օգտատերը սահմանում է օբյեկտից հեռավորությունը՝ որոշելու համար բուֆերային գոտու տարածական չափը: Այս հեռավորությունը կարող է լինել միատեսակ (օր.՝ բոլոր օբյեկտների համար 1 կմ բուֆեր) կամ փոփոխվող՝ ըստ օբյեկտի որևէ հատկանիշի (օր.՝ աղտոտման տարածում՝ կախված գործարանի չափից):
3. **Բուֆերի ձևը.** Կետերի շուրջ բուֆերները սովորաբար շրջանաձև են, գծերի երկայնքով՝ երկարացված, իսկ բազմանկյունների համար՝ կրկնող են դրանց սահմաններին: ԱՏՀ-ի առաջադեմ գործիքները նաև հնարավորություն են տալիս ստեղծել միաձուլված բուֆերներ (երբ ծածկվող բուֆերները միավորվում են) կամ բազմաօղակ բուֆերներ՝ տարբեր հեռավորություններով մի քանի գոտիներով:
4. **Ելքային արդյունք.** Արդյունքում ստացվում է նոր բազմանկյուն շերտ, որը ներկայացնում է բուֆերային գոտին(երը): Այն կարող է համադրվել այլ տվյալների շերտերի հետ՝ հետագա վերլուծության համար:



*Բուֆերային գոտու ստեղծում տարբեր տեսակի վեկտորային օբյեկտների շուրջ: Ձախից աջ՝ կետային օբյեկտներ, գծային օբյեկտներ և բազմանկյուն օբյեկտներ: Եթե ստացված բուֆերային գոտիները միաձուլվում են, ապա այն հաստվածներում, որտեղ առանձին բուֆերային գոտիները պիտի իրար վրա ընկնեն, կստեղծվի միայն մեկ բազմանկյուն (ներքևի շարք): Աղբյուր՝ ArcGIS Resource Center*

### Բուֆերային վերլուծության օրինակներ.

- **Բնապահպանական կառավարում՝**
  - **Կիրառական դեպք.** Հեղեղի վտանգի ենթակա տարածքների բացահայտում՝ գետերի շուրջ բուֆեր ստեղծելով:
  - **Աշխատանքային քայլեր.** Գետերի շուրջ ստեղծվում է 500 մետր բուֆեր, որն ապա-ներդրվող կերպով համադրվում է հողօգտագործման տվյալների հետ՝ ընդգծելու համար կարևոր գոտիները, ինչպես օրինակ՝ բնակելի տարածքները կամ գյուղատնտեսական հողերը:

- **Քաղաքաշինություն`**

- **Կիրառական դեպք.** Հանրային ծառայությունների հասանելիության վերլուծություն` օրինակ` համոզվելու համար, որ դպրոցները հասանելի են քայլելու հեռավորության վրա:
- **Աշխատանքային քայլեր.** Դպրոցների շուրջ ստեղծվում է 1 կմ բուֆեր, որը համադրվում է բնակչության խտության տվյալների հետ` բացահայտելու անբավարար սպասարկվող թաղամասերը:

- **Տրանսպորտ և անվտանգություն`**

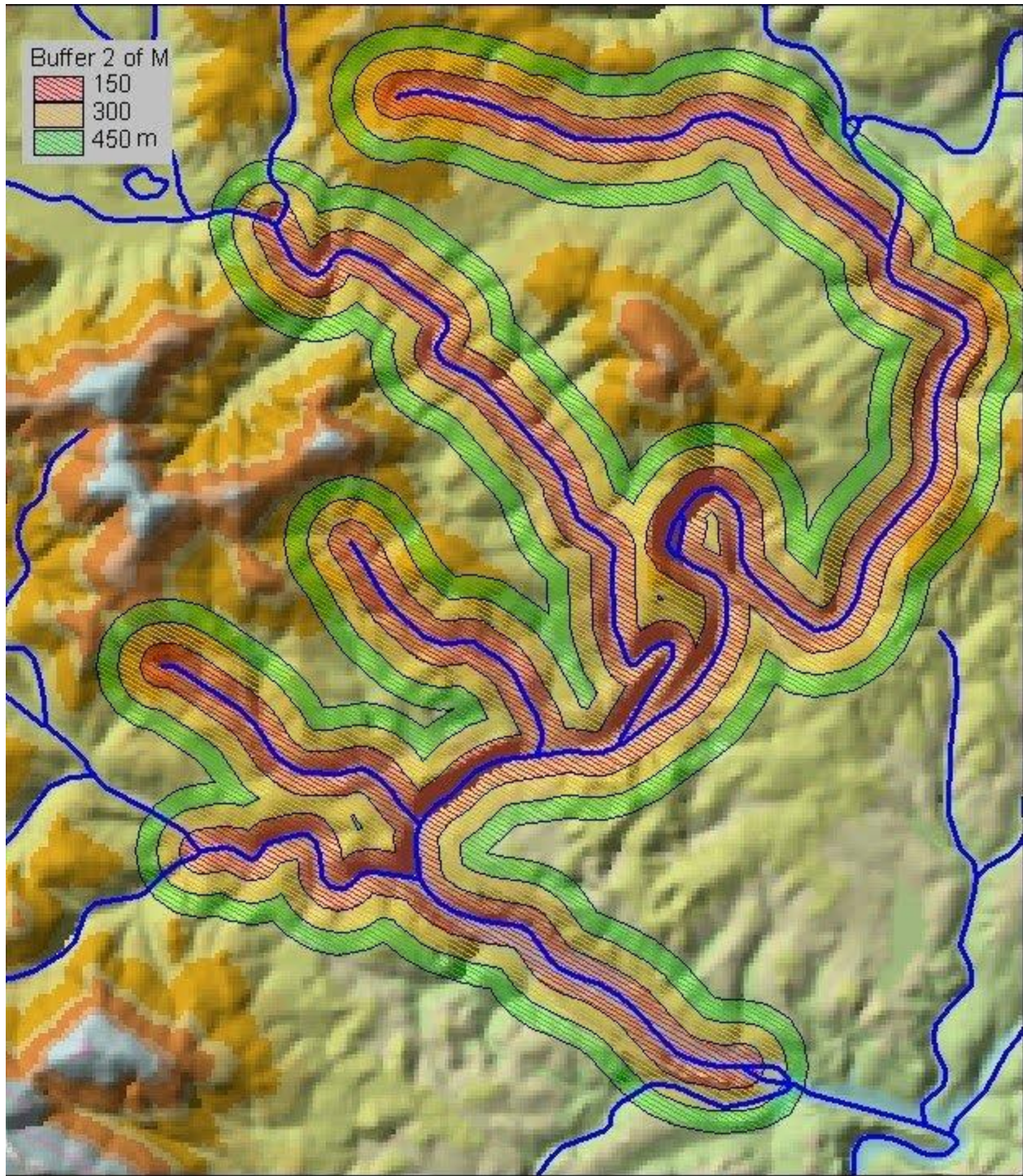
- **Կիրառական դեպք.** Ճանապարհաշինության ազդեցության գնահատում մոտակա կենսավայրերի վրա:
- **Աշխատանքային քայլեր.** Առաջարկվող ճանապարհների ուղղությամբ ստեղծվում են տարբեր լայնության բուֆերներ` բացահայտելու այն գոտիները, որտեղ շինարարությունը կարող է խախտել վայրի բնության կամ զգայուն էկոհամակարգերի հավասարակշռությունը:

- **Հանրային առողջապահություն`**

- **Կիրառական դեպք.** Արդյունաբերական օբյեկտներից աղտոտիչների տարածման գնահատում:
- **Աշխատանքային քայլեր.** Ֆաբրիկաների շուրջ ստեղծվում է (օր.` 2 կմ) բուֆերային գոտի, ապա բնակչության տվյալները վերլուծվում են` վտանգի ենթակա համայնքները պարզելու նպատակով:

- **Արտակարգ իրավիճակների ծառայություններ`**

- **Կիրառական դեպք.** Հրշեջ կայանների տեղակայման օպտիմալացում` ապահովելու համար արձագանքման սահմանված ժամանակում հասանելիությունը:
- **Աշխատանքային քայլեր.** Գոյություն ունեցող հրշեջ կայանների շուրջ կառուցվում են բուֆերներ` հիմնվելով նրանց միջին արձագանքման շառավղի վրա, ինչն ընդգծում է սպասարկման բացերը:



*Multi-ring buffer around selected rivers. Rings are created at distances of 150, 300 and 450 meters. The result polygons are dissolved. Source: Ticald622 / CC BY-SA 3.0*

## Հիմնական նկատառումներ՝

- Իրական աշխարհին համապատասխան ճշգրտություն. Բուժերի հեռավորությունը պետք է արտացոլի իրական աշխարհի սցենարները, ինչպես օրինակ՝ աղտոտիչների իրական տարածումը կամ քայլելու իրական հեռավորությունները:
- Մաշտաբ և միավորներ. Քարտեզի միավորներում (մետր, կիլոմետր և այլն) պետք է ապահովել համարժեքություն՝ սխալներից խուսափելու համար:
- Սահմանային ազդեցություններ. Քարտեզի եզրին գտնվող բուժերները կարող են ստեղծել թերի գոտիներ, եթե դրանք չուղղվեն:

## Վերդրման վերլուծություններ (Overlay Analysis)

**Վարդրման վերլուծությունները** USZ-ի հիմնական տեխնիկա է, որը կիրառվում է երկու կամ ավելի տարածական տվյալների համադրության համար՝ ստեղծելու նոր շերտ, որը ցույց է տալիս այդ շերտերի միջև կապերը կամ օրինաչափությունները: Տարածական շերտերի համադրումով (օրինակ՝ հողօգտագործում, բարձրություն, հողերի տեսակներ) ներդրային վերլուծությունը օգնում է պատասխանելու բարդ տարածական հարցերին և նպաստում է որոշումների կայացմանը տարբեր ոլորտներում: Վերդրման վերլուծությունն իրականացվում է թե՛ վեկտորային, թե՛ ռաստերային տվյալներով: Ռաստերային տվյալների դեպքում կիրառվում են քարտեզագրական ալգորիթմի գործողություններ:

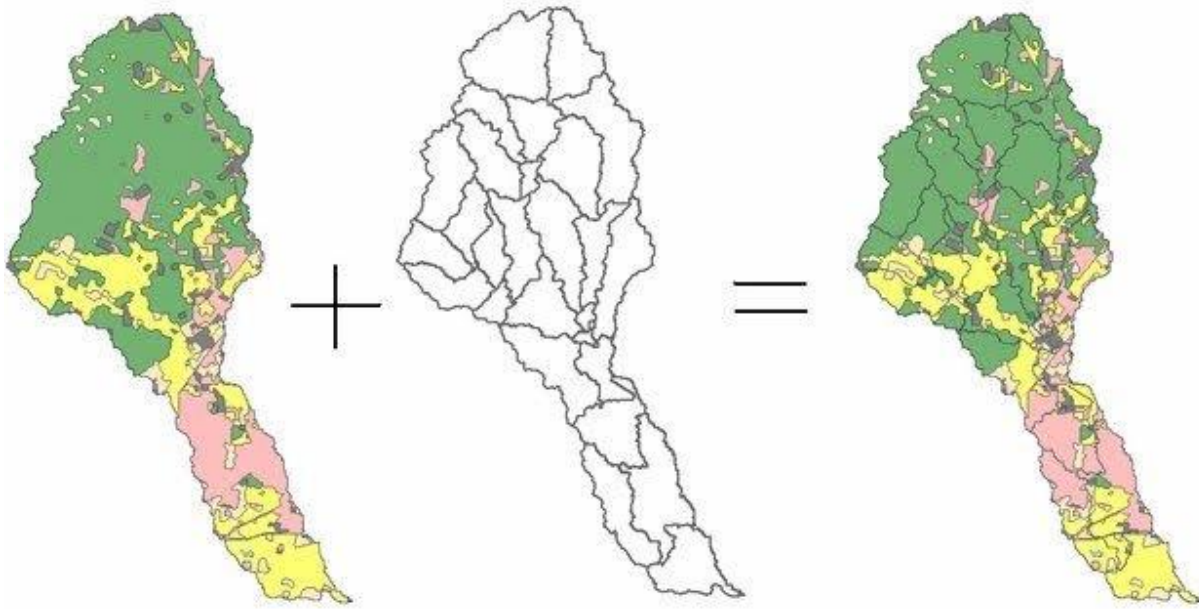
Գործընթացը ներառում է.

1. **Մուտքային տվյալներ.** Անհրաժեշտ են մի քանի տարածական տվյալներ՝ հիմնականում որպես վեկտորային կամ ռաստերային շերտեր:
2. **Կապակցում և պրոյեկցիա.** Պետք է ապահովել, որ բոլոր շերտերն ունենան նույն տարածական հղման համակարգն ու ճշգրիտ տեղակայում:
3. **Վերդրման գործողություն.** Շերտերը համադրվում են մաթեմատիկական, տրամաբանական կամ տարածական գործողությունների միջոցով՝ նոր տվյալների ստեղծման նպատակով: Արդյունքում ստացվում է շերտ, որը պահպանում է մուտքային շերտերի հատկություններն ու երկրաչափությունը՝ բացահայտելով համընկնումները:

4. **Վերլուծություն.** Ստացված շերտը ենթարկվում է վերլուծության՝ օրինաչափությունների բացահայտման կամ որոշումների կայացման նպատակով:

Վեկտորային ներդրային վերլուծության տեսակները.

- **Միավորում (Union).** Համադրում է բոլոր մուտքային օբյեկտները՝ պահպանում է բոլոր հատկություններն ու երկրաչափությունները երկու տվյալներից:
  - **Օրինակ.** Վերլուծություն, թե ինչպես են հոդօգտագործման օրինաչափությունները համընկնում վարչական սահմանների հետ:
- **Հատում (Intersect).** Պահպանում է միայն այն գոտիները, որոնք համընկնում են մուտքային տվյալների միջև՝ միաժամանակ միավորելով համընկնող հատկանիշները:
  - **Օրինակ.** Բացահայտում գյուղատնտեսության համար հարմար գոտիները՝ հատելով բեղմնավոր հողերի ու բավարար տեղումների շերտերը:
- **Ջնջում (Erase).** Մեկ շերտի համընկնող մասը հեռացնում է մյուս շերտից:
  - **Օրինակ.** Զարգացման պոտենցիալ գոտիներից պաշտպանվող տարածքների բացառում:
- **Կտրում (Clip).** Մեկ շերտը կտրում է՝ համապատասխանեցնելով մեկ այլ շերտի սահմաններին, միաժամանակ պահպանում է կտրած օբյեկտների բնօրինակի հատկանիշները:
  - **Օրինակ.** Քաղաքի սահմաններում ճանապարհների ցանցի առանձնացում՝ ճանապարհային շերտը կտրելով քաղաքային սահմանների շրջանակներում:



Հատման (*Intersect*) ներդրային վերլուծությունը համադրում է մուտքային երկու շերտերի հատկանիշները՝ ամենափոքր ընդհանուր տարածքների սահմաններում: Աղբյուր՝ Johnson, Nathan & Maidment, David & Katz, Lynn. (2005). *ArcGIS and HSPF model development*.

Ռաստերային վերդրումների վերլուծության տեսակներ

- Համադրում է պիքսելների արժեքները մի քանի ռաստերային շերտերից՝ օգտագործելով մաթեմատիկական կամ տրամաբանական գործողություններ (օր.՝ գումարում, հանում կամ բուլյան տրամաբանություն):
  - Օրինակ՝ տեղումների և բարձրության շերտերի գումարումը՝ սողանքներին հակված տարածքներ հայտնաբերելու համար:
- Քաշավորված վերդրումային վերլուծությունը ռաստերային վերլուծության տարածված տեսակ է, որտեղ շերտերին տրվում են քաշեր՝ ըստ վերլուծության նպատակի կարևորության:
  - Օրինակ՝ պահպանվող առաջնահերթ տարածքների որոշում՝ կենսաբազմազանության, ջրային աղբյուրների մոտիկության և մարդկային ազդեցության շերտերը համադրելով՝ յուրաքանչյուրը համապատասխան քաշով:

Վերդրման վերլուծությունների օրինակներ՝

- **Շրջակա միջավայրի կառավարում.** բարձրության, գետերի հեռավորությունների և տեղումների ինտենսիվության շերտերի համադրում՝ ջրհեղեղի վտանգավոր տարածքների նույնականացման համար: Սա օգնում է աղետների կանխարգելման և հողօգտագործման պլանավորման հարցերում:
- **Քաղաքաշինություն.** նոր զբոսայգու լավագույն տեղը ընտրելու համար համադրվում են բնակչության խտությունը, հողային հասանելիությունը և առկա կանաչ գոտիների մոտիկությունը:
- **Հանրային առողջապահություն.** մալարիա տարածող մոծակների վտանգավոր տարածքների քարտեզագրում՝ կանգնած ջրերի, բնակչության խտության և մոծակների բազմանալուն նպաստող ջերմաստիճանի շերտերը համադրելով:
- **Ենթակառուցվածքների զարգացում.** մայրուղու պլանավորում՝ հողային սեփականության, հողի տեսակի և պահպանվող տարածքների շերտերը համադրելով՝ բախումները և ազդեցությունները նվազեցնելու համար:
- **Վայրի բնության պահպանություն.** պահպանության համար կարևոր կենսաբազմազան տարածքների որոշում՝ տեսակների տարածման, բուսականության տեսակի և մարդկային ակտիվության շերտերը համադրելով:

Բուժերային և վերդրումային վերլուծության վարժություն՝

**Վերլուծվող խնդիր.** աղտոտման ազդեցության գոտիների գնահատում՝ հիմնական ճանապարհների կամ մայրուղիների շուրջ՝ քաղաքաշինական պլանավորման ուղղորդման/նպատակով:

**Անհրաժեշտ տվյալներ.**

- **Վեկտորային տվյալներ՝** ճանապարհային ցանց (գծեր)
- **Վեկտորային տվյալներ՝** բնակչության խտություն կամ բնակելի տարածքներ (բազմանկյուններ)

**QGIS-ում օգտագործվող գործիքներ.**

- **Բուժեր՝** աղմուկի ազդեցության գոտիների ստեղծում ճանապարհների շուրջ:
- **Հատում կամ տարածական միացում՝** բնակելի տարածքների նույնականացում աղմկային գոտիների ներսում:

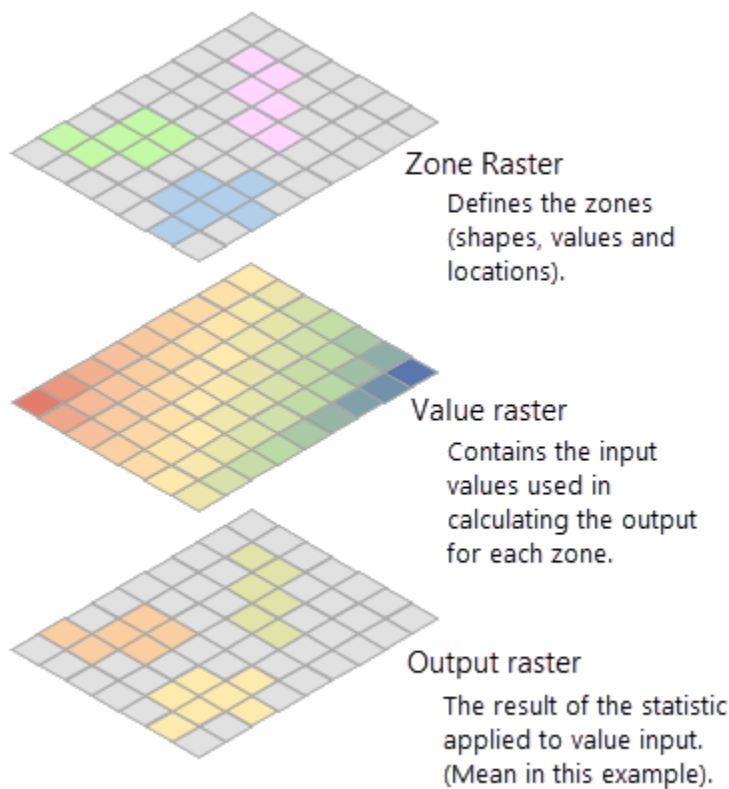
## Աշխատանքային ընթացք՝

1. Բեռնել ճանապարհային ցանցի տվյալները QGIS միջավայրում:
2. Օգտագործել բուֆերի գործիքը՝ ճանապարհների շուրջ բուֆերային գոտիներ ստեղծելու համար (օր.՝ 100 մետր՝ մեծ երթևեկություն ունեցող ճանապարհների համար):
3. Համադրել բուֆերային շերտը բնակելի տարածքների բազմանկյունների հետ՝ օգտագործելով Հատման (Intersection) գործիքը:
4. Տեսողականորեն վերլուծել արդյունքները՝ աղմուկի ազդեցությանը ենթարկվող բնակչության քանակը գնահատելու նպատակով:

# Խորացված տարածական վերլուծության մեթոդներ

Գոտիական վիճակագրություն

Գոտիական վիճակագրությունը տարածական վերլուծության մեթոդ է, որն օգտագործվում է ԱՏՀ համակարգերում՝ **ռաստերային տվյալների արժեքների ամփոփում կատարելու համար որոշված գոտիների սահմաններում**: Գոտիները սովորաբար սահմանվում են վեկտորային շերտերով, ինչպիսիք են պոլիգոնները (օր.՝ վարչական սահմաններ, ջրահավաք ավազաններ), կամ ռաստերային բջիջներով, որոնք ունեն նույն արժեքը: Գոտիական վիճակագրության նպատակն է հաշվարկել վիճակագրական չափումներ (օր.՝ միջին, գումար, նվազագույն, առավելագույն արժեքներ)՝ գոտու սահմաններում գտնվող ռաստերային բջիջների համար:



Գոտիական վիճակագրության սկզբունքը՝ գոտիները սահմանված ռաստերային տվյալներով: Աղբյուր՝ <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-zonal-statistics-works.htm>

**Գործնական վարժություն.** Գոտիական վիճակագրություն՝ բուսականության առողջության գնահատում

**Վերլուծվող խնդիր.** Գնահատել բուսականության առողջությունը տարբեր տարածաշրջաններում՝ օգտագործելով բուսականության ցուցիչների տվյալներ (օր.՝ NDVI):

**Պահանջվող տվյալներ.**

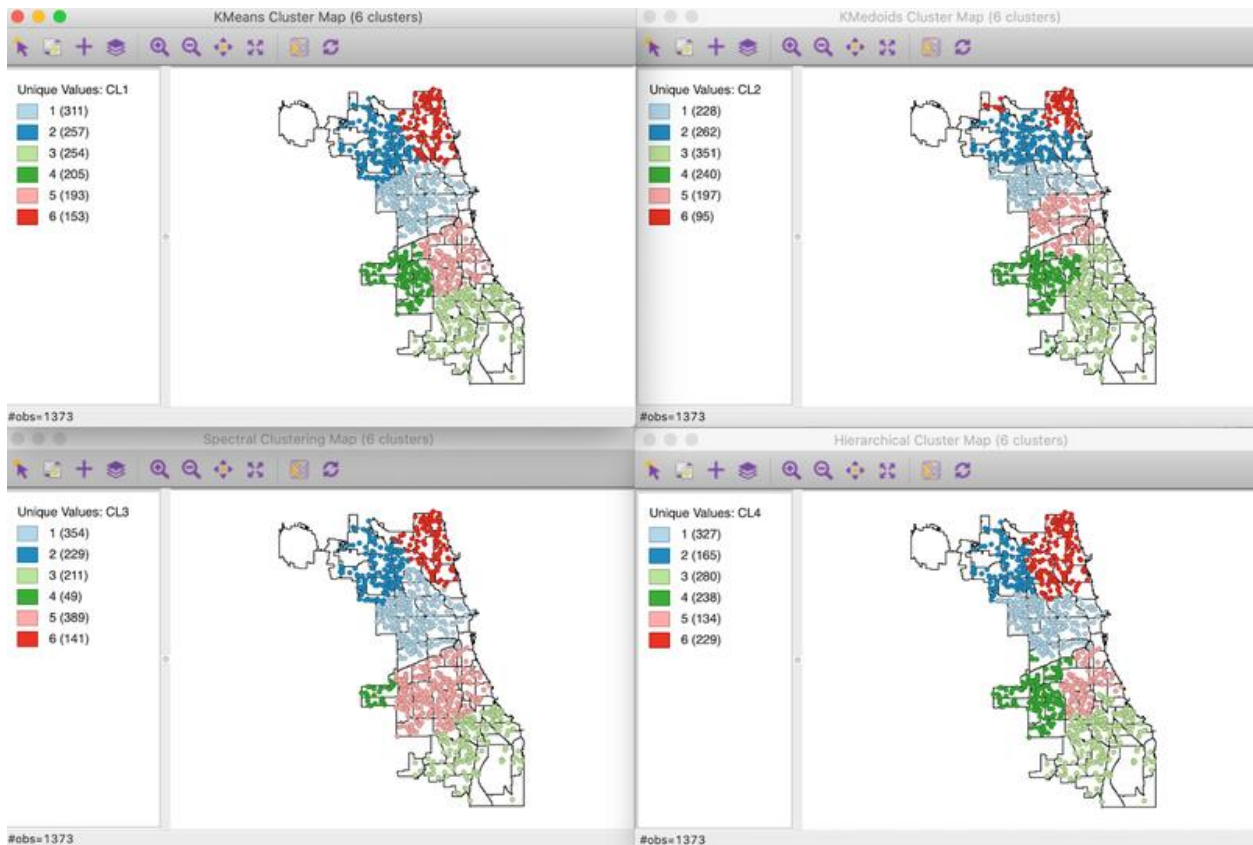
- Վեկտորային տվյալներ՝ տարածքներ կամ հողօգտագործման գոտիներ (օրինակ՝ պահպանվող տարածքներ, գյուղատնտեսական շրջաններ):
- Ռաստերային տվյալներ՝ NDVI (Բնական տարբերվածության բուսականության ինդեքս) կամ այլ բուսականության ցուցիչներ:

**QGIS գործիքներ.**

- **Zonal Statistics (Գոտիական վիճակագրություն).** Օգտագործել «Zonal Statistics» գործիքը՝ յուրաքանչյուր տարածքի կամ հողօգտագործման գոտու սահմաններում NDVI-ի միջին արժեքը հաշվարկելու համար:
- **Symbology (Միավորիկա).** Գոտիները գունավորել NDVI արժեքների հիման վրա՝ ընդգծելու առողջ բուսականությամբ տարածքներն ու այն գոտիները, որոնք կարող են պահանջել միջամտություն:

**Կլաստերային վերլուծություն**

Կլաստերային վերլուծությունը վիճակագրական և տարածական վերլուծության մեթոդ է, որը կիրառվում է դիտարկումների կամ օբյեկտների խմբավորման համար՝ հիմնվելով նրանց նմանության կամ մերձավորության վրա: USZ համակարգում այն հաճախ կիրառվում է՝ տարածական տվյալներում օրինաչափություններ, միտումներ կամ խտություններ բացահայտելու նպատակով՝ վերլուծելով օբյեկտների տեղաբաշխումը կամ հատկանիշները: Կլաստերային վերլուծությունը կարող է բացահայտել բնական խմբավորումներ, ինչպիսիք են հանցագործության «թեժ կետերը», հիվանդությունների բռնկման տարածքները կամ հաճախորդների ժողովրդագրական խմբերը: Կիրառվող մեթոդները ներառում են՝ հիերարխիկ խմբավորում (hierarchical clustering), K-միջիններ մեթոդ (k-means clustering), խտության վրա հիմնված խմբավորում (DBSCAN): Այս տեխնիկաները կարող են կիրառվել կետերի, պոլիգոնների կամ հատկանիշների համար և լայնորեն օգտագործվում են քաղաքաշինության, հանրային առողջապահության, շուկայական վերլուծության և շրջակա միջավայրի ուսումնասիրության ոլորտներում:



Կետերը բաժանված են 6 կլաստերի՝ K-միջինների մեթոդով Յուրաքանչյուր արդյունք արտացոլում է K-միջինների մեթոդի տարբեր մուտքային պարամետրերը: Աղբյուր [https://geodacenter.github.io/workbook/9a\\_spatial1/lab9a.html](https://geodacenter.github.io/workbook/9a_spatial1/lab9a.html)

Կլաստերային վերլուծության վարժություն. ջերմաստիճանի անոմալիաներ և ջերմային կղզիներ

**Լուծվող խնդիրը.** հայտնաբերել քաղաքային ջերմային կղզիներ կամ այն տարածքները, որոնք ունեն անսովոր ջերմաստիճանային շեղումներ, ինչը կարող է ծառայել քաղաքային զովացման ռազմավարությունների պլանավորմանը:

### Անհրաժեշտ տվյալներ.

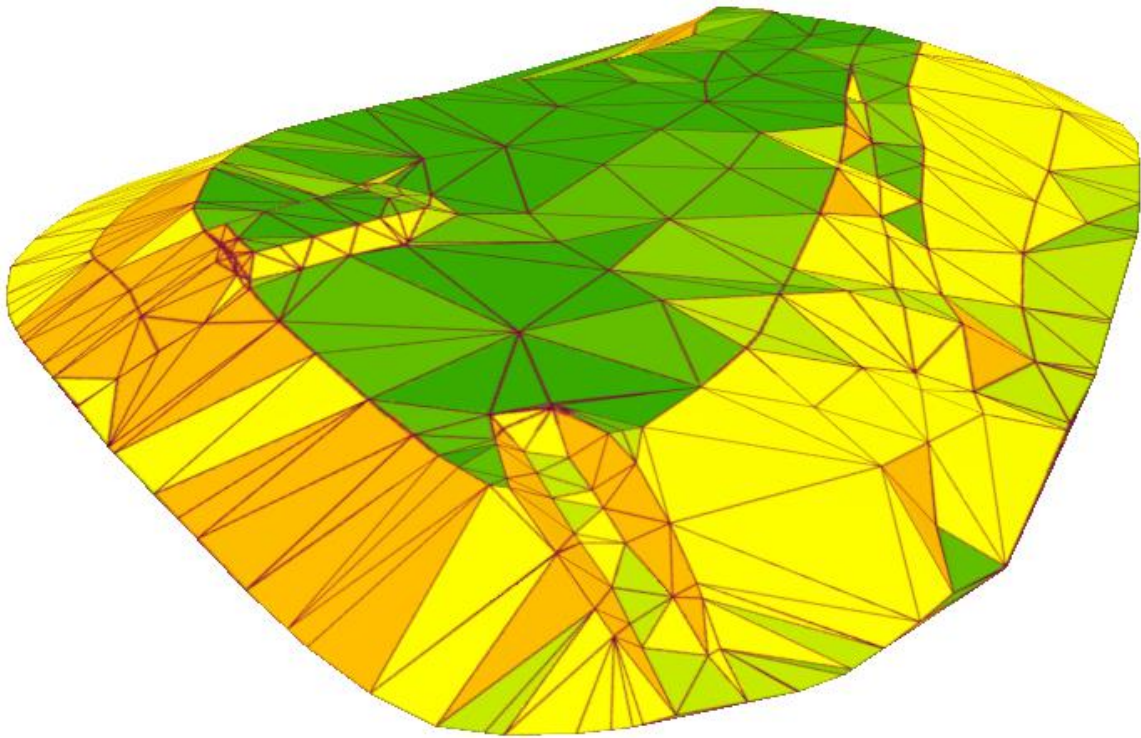
- Ջերմաստիճանային տվյալներ (երկրային կայաններից կամ հեռակառավարվող աղբյուրներից, օրինակ՝ MODIS կամ Landsat):
- Քաղաքային տարածքների կամ բնակչության տվյալներ վերլուծության համատեքստում:

## Գործիքներ QGIS-ում.

- **K-MEANS կլաստերավորում.** օգտագործվում է միջինից բարձր ջերմաստիճանային անոմալիաներով տարածքների կլաստերները հայտնաբերելու համար:
- **DBSCAN մեթոդ.** կիրառվում է բարձր խտությամբ ջերմաստիճանային անոմալիաների տարածքները հայտնաբերելու նպատակով:
- **Raster Calculator.** օգտագործվում է ջերմաստիճանային տվյալներն ու քաղաքային ծածկույթը համադրելու համար՝ ջերմային կիզակետերը բացահայտելու նպատակով:
- **Միմվոլիկա (Symbolology).** կլաստերների գունավորում՝ առավել նշանակալի ջերմաստիճանային տարբերություններով տարածքներն ընդգծելու համար:

## Մակերևութային վերլուծություն

Մակերևութային վերլուծությունը տարածական վերլուծության մի տեխնիկա է, որը կիրառվում է շարունակական տվյալների ուսումնասիրության և մեկնաբանման համար, որոնք ներկայացված են որպես մակերևույթ, սովորաբար ռաստերային տվյալների տեսքով: Այն ներառում է մակերևույթի տարբերությունների վերլուծությունը՝ տվյալներում միտումների, օրինաչափությունների կամ հարաբերությունների ըմբռնման նպատակով: Մակերևութային վերլուծության տարածված գործողություններից են թեքության և դիրքադրության հաշվարկը (տեղանք ուսումնասիրելու համար), բարձր և ցածր կետերի (գագաթներ և իջվածքներ) հայտնաբերումը, ինչպես նաև տեսանելիության (viewshed) կամ դիտման դաշտի վերլուծությունը: Այս տեխնիկաները լայնորեն կիրառվում են բնապահպանական մոդելավորման, քաղաքային պլանավորման և հիդրոլոգիայի ոլորտներում: Օրինակ՝ մակերևութային վերլուծության միջոցով կարելի է կանխատեսել ջրի հոսքը լանդշաֆտով, մոդելավորել արեգակնային ճառագայթման ազդեցությունը կամ գնահատել հուշարձանների տեսանելիությունը որոշակի դիտակետերից:



*Մակերևույթ, որը ստեղծված է եռանկյունաձև անկանոն ցանցով (TIN)՝ արտահայտված թեքությամբ*

**Մակերևույթի վերլուծության վարժություն.** Արեգակնային վահանակների տեղադրման համար համապատասխան տարածքների հայտնաբերում

**Խնդիրը, որը պետք է լուծել.** հայտնաբերել այն տարածքները, որոնք համապատասխանում են արեգակնային վահանակների տեղադրման համար՝ ելնելով մակերևույթի բնութագրիչներից, ինչպիսիք են թեքությունն ու դիրքադրությունը: Նախընտրելի են այն տարածքները, որոնք ունեն օպտիմալ թեքություն և հարավային դիրքադրություն՝ արևային էներգիայի առավելագույն կլանման համար:

**Պահանջվող տվյալները.**

- **Ռաստերային տվյալներ.** հետազոտվող տարածքի թվային բարձրության մոդել (DEM)
- **Վեկտորային տվյալներ (ըստ անհրաժեշտության).** հետաքրքրության տարածքի սահմանագծի շեյփֆայլ (օրինակ՝ համայնքի սահման)

## Գործիքներ՝ QGIS-ում.

- **Թեքություն (Slope)**՝ DEM-ից մակերևույթի թեքության հաշվարկման համար
- **Դիրքադրություն (Aspect)**՝ մակերևույթի ուղղության որոշման համար
- **Ռաստերային հաշվիչ (Raster Calculator)**՝ համապատասխանության չափանիշներ կիրառելու համար
- **Վերադասակարգում աղյուսակով (Reclassify by Table)**՝ թեքություններն ու դիրքադրությունները համապատասխանության դասերի բաժանելու համար

## ԱՏՀ գործիքախմբեր և հավելվածներ

ԱՏՀ-ի ստանդարտ գործիքները տրամադրում են հզոր հնարավորություններ տարածական տվյալների կառավարման, վիզուալիզացման և վերլուծության համար. սակայն երբեմն դրանք կարող են չբավարարել բարձր մասնագիտացված առաջադրանքների, յուրահատուկ աշխատանքային հոսքերի կամ նոր ձևավորվող վերլուծական կարիքների դեպքում: Այս սահմանափակումը պայմանավորված է նրանով, որ ներկառուցված գործիքները նախագծված են ընդհանուր կիրառությունների համար, ինչի հետևանքով օգտվողները ստիպված են լուծուժեր որոնել նեղ կամ առաջադեմ խնդիրների համար: Գործիքախմբերը լուծում են այս մարտահրավերը՝ առաջարկելով լրացուցիչ մշակման գործիքների կառուցվածքային հավաքածու, ինչը հնարավորություն է տալիս կատարել ավելի բարդ գործողություններ, ինչպես տարածական վիճակագրություն, ռաստերային մոդելավորում կամ 3D վերլուծություն, և այս ամենը՝ ԱՏՀ ծրագրային ապահովման միջավայրում: Այն առաջադրանքների համար, որոնք դուրս են գալիս անգամ այս ընդլայնված ֆունկցիոնալության սահմաններից, հավելվածները ծառայում են անփոխարինելի ռեսուրս. օգտվողների կողմից ստեղծված այս հավելվածները անխափան ինտեգրվում են ծրագրին՝ ապահովելով մասնագիտացված հնարավորություններ, արտաքին տվյալների աղբյուրների հետ կապեր կամ ամբողջովին նոր վերլուծական շրջանակներ, ինչը թույլ է տալիս հարմարեցնել ԱՏՀ փորձը կոնկրետ նախագծի պահանջներին: Միասին՝ գործիքախմբերն ու հավելվածները լայնացնում են այն սահմանները, թե ինչ կարող է անել ԱՏՀ-ը, հնարավորություն տալով արդյունավետ կերպով հաղթահարել բազմազան և բարդ տարածական խնդիրներ:

ԱՏՀ-ում գործիքախումբը հավաքածու է նախապես ստեղծված գործիքների կամ ֆունկցիաների, որոնք նախատեսված են տարածական վերլուծության կամ տվյալների մշակում կատարելու համար: Այն ապահովում է ծրագրի ներկառուցված հնարավորություններին հասանելի կառուցվածքային ձև: QGIS-ում. Processing Toolbox-ը ներառում է գործիքներ վեկտորային վերլուծության, ռաստերային մշակումների համար, ինչպես նաև ինտեգրում է արտաքին գրադարանների հետ՝ օրինակ GRASS և SAGA: ArcGIS-ում. ArcToolbox-ը տրամադրում է գործիքներ վիճակագրական, 3D և ցանցային վերլուծության համար:

Հավելածր (plugin) ԱՏՀ-ում հավելում է կամ ընդլայնում, որը ապահովում է լրացուցիչ հնարավորություններ, գործիքներ կամ ինտեգրացիաներ, որոնք ստանդարտ ծրագրի տեղադրման մեջ չեն ներառվում: Հավելածները հաճախ ստեղծվում են օգտվողների և համայնքի կողմից: Դրանք ավելացնում են ֆունկցիոնալություն, որը դուրս է ներկառուցված հնարավորություններից: Հավելածները պահանջում են տեղադրում՝ սովորաբար plugin manager-ից կամ առցանց պահոցից: Դրանք կարող են հարմարեցվել կամ կառուցվել ծրագրավորման լեզուներով՝ օրինակ Python-ով:

ArcGIS-ում. Spatial Analyst կամ 3D Analyst հավելումները (ArcGIS-ում կոչվում են extensions) տեղադրվում են առանձին:

QGIS-ում. QuickOSM հավելումը հաճախ օգտագործվում է OpenStreetMap-ից տվյալներ ներբեռնելու համար, իսկ Layman հավելումը թույլ է տալիս կապ հաստատել Layman տվյալների կատալոգի հետ՝ ինտեգրելով desktop GIS-ը և WebGIS-ը:

Processing Toolbox-ը QGIS-ում կենտրոնացված միջերես է, որը թույլ է տալիս հասանելի դարձնել լայն շրջանակ ունեցող գործիքներ: Այն գործում է որպես մուտք թե՛ QGIS-ի բնիկ գործիքներին, թե՛ ինտեգրված արտաքին գրադարաններին՝ GRASS GIS, SAGA GIS, GDAL, Orfeo Toolbox: Այս գործիքները հնարավորություն են տալիս իրականացնել տարածական վերլուծություն, տվյալների փոխակերպում, ռաստերային մշակում և ավելին:

*QGIS-ի Processing Toolbox-ը և ArcGIS Pro-ի Geoprocessing պանելն ապահովում են տարածական վերլուծության գործիքների հավաքածու, որոնք խմբավորված են ըստ իրենց նպատակի:*

QGIS-ում գործիքատուփի (Processing Toolbox-ի) օգտագործումը

## 1. Accessing the Toolbox:

- Բացեք QGIS-ը

- Գնացեք Processing > Toolbox՝ այն ակտիվացնելու համար: Այն կհայտնվի QGIS ինտերֆեյսի կողային վահանակում:

## 2. Գործիքների որոնում

- Օգտագործեք որոնման դաշտը՝ արագ գտնելու համար որևէ գործիք ըստ անվան (օր.՝ Buffer):
- Թերթեք բաժիններով՝ ուսումնասիրելու համար հասանելի գործիքները:

## 3. Գործիքների օգտագործման ընթացակարգ

- **Մուտքային տվյալների ընտրություն** – Ընտրեք գործիքի համար մուտքային տվյալների խումբը (dataset-ը) (վեկտորային կամ ռաստերային): Սա կարող է արվել ֆայլային համակարգից ընտրելով կամ արդեն QGIS-ում բեռնված շերտից:
- **Պարամետրերի կարգավորում** – Սահմանեք գործիքի պահանջվող պարամետրերը: Օրինակ՝
  - Buffer գործողության դեպքում՝ սահմանեք buffer-ի հեռավորությունը և ելքային շերտի ձևաչափը:
  - Ռաստերային հաշվարկների դեպքում՝ մուտքագրեք ակգերայական արտահայտություն և նշեք ելքային լուծաչափը:
- **Ելքային արդյունքի սահմանում** – Ընտրեք՝ արդյոք պահպանել ելքը որպես ժամանակավոր, թե մշտական շերտ, և որոշեք նրա ձևաչափը (օր.՝ GeoPackage, Shapefile, TIFF):
- **Կատարում** – Սեղմեք "Run" գործիքը գործարկելու համար: Գործընթացի առաջընթացը երևում է log պատուհանում:
- **Արդյունքի դիտում** – Ելքային շերտը ավտոմատ ավելացվում է Layers վահանակում՝ դիտարկման և հետագա վերլուծության համար:

## 4. Թվաքանակային (Batch) մշակումը

- Processing Toolbox-ի բազմաթիվ գործիքներ աջակցում են batch մշակմանը, ինչը թույլ է տալիս նույն գործողությունը կիրառել միաժամանակ բազմաթիվ dataset-ների վրա:

## 5. Մոդելի կառուցում

- Processing Toolbox-ը ինտեգրված է Model Builder-ի հետ՝ հնարավորություն տալով ստեղծել աշխատանքային հոսքեր, որոնք միավորում են մի քանի գործիքների ավտոմատացված գործընթացներ:

**Վարժություն.** Ջերմաստիճանի արժեքների ինտերպոլյացիա ուսումնասիրման տարածքում

*Այս վարժությունը ցույց է տալիս, թե ինչպես կարելի է սակավ կետային տվյալներից ստանալ նշանակալի տարածական արդյունքներ. սա ԱՏՀ վերլուծության հիմնարար հմտություն է: Նույնիսկ եթե չունեք իրական ջերմաստիճանի տվյալներ, հնարավոր է ստեղծել սինթետիկ dataset՝ մի քանի կետերով, որոնք կհիմնարարեն եղանակային կայանների տվյալները:*

**Լուծվելիք խնդիր՝** օգտագործել եղանակային կայանների տվյալները՝ տարածաշրջանի համար ջերմաստիճանի մակերևույթ ստեղծելու նպատակով: Վիզուալացնել տարածական ջերմաստիճանային միտումները և ինտերպոլյացիայի միջոցով նույնականացնել բարձր կամ ցածր ջերմաստիճան ունեցող տարածքները: Սա օգտակար է, օրինակ, կլիմայական վերլուծության, գյուղատնտեսական պլանավորման կամ շրջակա միջավայրի մոնիթորինգի համար:

### Պահանջվող տվյալներ.

- Եղանակային կայանների կետերի հավաքածու (կարող է լինել օրինակային dataset կամ արհեստականորեն գեներացված): Յուրաքանչյուր կայան պետք է ունենա տեղադիրքի (լայնություն/երկայնություն) և ջերմաստիճանի չափումների (օր.՝ °C) հատկանիշներ: Օրինակ՝ CSV ֆայլ, որտեղ սյունակները պարունակում են կայանի անունը, կոորդինատները և ջերմաստիճանի արժեքները:

### QGIS-ի Processing Toolbox-ում գործիքներ.

- **IDW Interpolation** - Interpolation (QGIS-ի ներքին գործիք) – ինտերպոլյացիոն ալգորիթմ

## Աշխատանքային ընթացակարգ

### 1. Տվյալների նախապատրաստում

- Ներմուծեք եղանակային կայանների կետային տվյալները (օր.՝ CSV կամ shapefile) QGIS-ում:
- Համոզվեք, որ հատկանիշների աղյուսակում կա ջերմաստիճանի արժեքների սյունակ:

### 2. IDW ինտերպոլյացիայի կատարում

- Բացեք IDW Interpolation գործիքը Processing Toolbox-ից:
- Ընտրեք եղանակային կայանների կետերը որպես մուտքային շերտ:
- Ընտրեք ջերմաստիճանի հատկանիշը ինտերպոլյացիայի համար:
- Սահմանեք ելքային ռաստերի տարածքը և լուծաչափը՝ հիմնված ուսումնասիրման տարածքի սահմանների վրա:
- Գործարկեք գործիքը և պահպանեք ստացված ռաստերային շերտը (օր.՝ "Temperature\_IDW"):

### 3. Արդյունքների վիզուալիզացիա

- Ավելացրեք ռաստերային շերտը QGIS նախագծում:
- Կիրառեք գունային գրադիենտ՝ շերտը տեսանելի դարձնելու համար:

### 4. Արդյունքների վերլուծություն

- Վերծանեք ջերմաստիճանի տարածական միտումները՝ նույնականացնելով բարձր ջերմաստիճանի գոտիները (hotspots) կամ ցածր ջերմաստիճան ունեցող տարածքները:

**Վարժություն.** Հեռավորության ծախսի վերլուծություն օպտիմալ երթուղու պլանավորման համար

**Լուծվելիք խնդիր.** Նույնականացնել ամենացածր արժեքով (least-cost) ուղին երկու կետերի միջև՝ հիմնված ծախսային մակերևույթի, օրինակ՝ տեղանքի թեքության կամ հողօգտագործման վրա: Ծախսային հեռավորության վերլուծությունը լայնորեն կիրառվում է տրանսպորտային պլանավորման, էկոլոգիական հետազոտությունների

(օր.՝ վայրի կենդանիների միջանցքների նույնականացում) և ենթակառուցվածքների զարգացման մեջ:

## Պահանջվող տվյալներ

### 1. Ռաստերային տվյալներ.

- Թվային բարձրությունների մոդել (DEM) կամ հողօգտագործման ռաստեր:

### 2. Վեկտորային տվյալներ.

- Սկզբնակետ և վերջնակետ (տարածքի երկու դիրքեր)՝ կետային շերտի տեսքով:

## QGIS Processing Toolbox-ի գործիքներ.

- **GDAL Tools.**
  - Proximity (Raster Distance) – հեռավորության ռաստեր ստեղծելու համար:
- Raster Calculator – ծախսային մակերևույթ ստեղծելու համար:
- Shortest Path (Point to Layer) – ամենացածր ծախսով երթուղին հաշվարկելու համար:

## Աշխատանքային ընթացակարգ

### 1. Տվյալների բեռնում

- Ներմուծեք DEM-ը կամ հողօգտագործման ռաստերը, ինչպես նաև սկզբնական և վերջնական կետերի վեկտորային շերտերը QGIS-ում:

### 2. Ծախսային մակերևույթի ստեղծում

- Եթե օգտագործում եք DEM. հաշվի առեք թեքությունը՝ օգտագործելով Slope գործիքը Processing Toolbox-ից:
- Թեքությունը և այլ ծախսային գործոններ (օր.՝ հողօգտագործում, անտառապատ տարածքներ) համադրեք Raster Calculator-ում: Օրինակ՝ ավելի մեծ արժեքներ նշանակեք կտրուկ թեքություններին կամ սահմանափակված տարածքներին.  $(slope\_raster * 2 + land\_use\_raster)$
- Ստացված ծախսային մակերևույթը պահպանեք որպես նոր ռաստերային շերտ:

### 3. Ծախսային հեռավորության հաշվարկ

- Օգտագործեք Proximity (Raster Distance) գործիքը՝ ստարտային կետից ծախսային մակերևույթի հիման վրա հեռավորության ռաստեր ստանալու համար:

### 4. Ամենացածր ծախսով ուղու որոնում

- Գործարկեք Shortest Path գործիքը՝ սկզբնական և վերջնական կետերով, որպես հիմք ընդունելով ծախսային մակերևույթի ռաստերը:
- Պահպանեք ելքը որպես վեկտորային գծային շերտ, որը կներկայացնի օպտիմալ ուղին:

### 5. Արդյունքների վերլուծություն

- Վերդրեք ստացված ուղին սկզբնական ծախսային մակերևույթի և DEM-ի վրա՝ տեսնելու տեղագրական առանձնահատկությունները և ուղու արդյունավետությունը:
- Ընտրանքային քայլ՝ Field Calculator-ի միջոցով հաշվարկեք ուղու երկարությունը կամ ծախսային արժեքները:

**Վարժություն.** Ավագանների սահմանագատման վերլուծություն

*Ստանդարտ QGIS գործիքները չեն ապահովում հիդրոլոգիական գործողություններ, ինչպիսիք են հոսքի ուղղության, կուտակման և ավագանների սահմանագատման հաշվարկները: Դրա համար անհրաժեշտ են մասնագիտացված ալգորիթմներ: GRASS և SAGA GIS գործիքները ինտեգրված են QGIS-ի Processing Toolbox-ում, թույլ տալով իրականացնել այս առաջադեմ տարածական վերլուծությունները:*

**Լուծվելիք խնդիր** Նույնականացնել այն տարածքները, որտեղ ջուրը կուտակվում է, և սահմանագատել ավագանները՝ ջրային պաշարների կառավարման նպատակով:

### Պահանջվող տվյալներ՝

- Տվյալների ուսումնասիրության տարածքի DEM (թվային բարձրությունների մոդել):
- Գետերի կամ առվակների ցանցի տվյալներ (ընտրովի՝ արդյունքների վավերացման համար):

## Գործիքներ QGIS-ում.

### GRASS գործիքներ:

- r.watershed – Հոսքի ուղղություն, կուտակում և ավազանների սահմաններ հաշվարկելու համար:

### SAGA գործիքներ:

- Catchment Area (Flow Accumulation) - Հոսքի կուտակման հաշվարկ:
- Channel Network and Drainage Basins - Հոսքագծերի ցանց և դրենաժային ավազանների սահմանազատում.

## Աշխատանքային ընթացակարգ`

### 1. Տեղադրեք SAGA GIS

- Ներբեռնեք SAGA GIS binaries:
- Տեղադրեք SAGA GIS plugin-ը:
- Ակտիվացրեք SAGA գործիքները Processing Toolbox-ում:

### 2. Տվյալների ներբեռնում

- Ներմուծեք DEM ռաստերը QGIS:
- (Ընտրովի) ներբեռնեք վեկտորային կետեր` որոշակի ելքային կետեր կամ հետաքրքրության տարածքներ նշելու համար:

### 3. DEM-ի նախնական մշակում

- Օգտագործեք Fill Sinks (Wang & Liu) գործիքը Processing Toolbox-ից` փոստրակները լրացնելու և հոսքի ճիշտ ուղղություն ապահովելու համար:
- Պահպանեք ելքային DEM-ը:

### 4. Հոսքի ուղղության և կուտակման հաշվարկ

- Օգտագործեք r.watershed գործիքը GRASS-ից:
- Մուտքագրեք նախնական մշակված DEM-ը և սահմանեք հոսքի կուտակման շեմերը:
- Ստացեք ելքային շերտեր` հոսքի ուղղություն, կուտակում և հոսքագծեր:

## 5. Ավազանների սահմանազատում

- Օգտագործեք Catchment Area (Flow Accumulation) գործիքը կամ Channel Network and Drainage Basins գործիքը SAGA GIS-ից:
- Սահմանեք ավազանների սահմանները՝ հիմնված հոսքի ուղղության և կուտակման արդյունքների վրա:

## 6. Արդյունքների վերլուծություն

- Վերածածկեք ավազանների սահմանները հողօգտագործման կամ հողերի տվյալների հետ՝ ջրի հոսքի ազդեցությունը գնահատելու համար:
- Վիզուալացրեք հոսքագծերի ցանցերը՝ նույնականացնելու համար հնարավոր կառավարման կառույցների (օր.՝ ջրամբարներ կամ կուտակման ավազաններ) տեղերը:

## Սպասվող արդյունք

- Քարտեզ՝ սահմանազատված ավազաններով և հոսքագծերի ցանցով:
- Հոսքի կուտակման ձևերի և հիմնական դրենաժային ավազանների նույնականացում:
- Ջրի հոսքի դինամիկայի վերաբերյալ պատկերացումներ՝ շրջակա միջավայրի կամ ինժեներական որոշումների ընդունման համար:

# ԱՏՀ մոդելների կառուցում I\*

ԱՏՀ-ում մոդելը աշխատանքային հոսք է, որը ավտոմատացնում է գեոպրոցեսինգի առաջադրանքների հաջորդականությունը՝ տարածական խնդիր լուծելու կամ աշխարհագրական տվյալները վերլուծելու համար: Մոդելները սովորաբար ստեղծվում են վիզուալ միջերեսների միջոցով, ինչպիսիք են Model Builder-ը QGIS-ում կամ ArcGIS-ում, որտեղ օգտատերերը քաշում և միացնում են գեոպրոցեսինգի գործիքներն ու մուտքային/ելքային տվյալների շերտերը: Մոդել կառուցելու համար դուք սահմանում եք մուտքային dataset-ները, ընտրում եք վերլուծության գործիքները (օր.՝ buffer, overlay, raster calculation) և կարգավորում դրանց պարամետրերը՝ կապելով դրանք տրամաբանական հաջորդականությամբ: Մոդելները անփոխարինելի են կրկնվող առաջադրանքների հոսքը հեշտացնելու, վերլուծության հետևողականությունը ապահովելու և ոչ տեխնիկական օգտատերերին բարդ աշխատանքային հոսքեր գործարկելու հնարավորություն տալու համար՝ առանց ձեռքով միջամտության: Դրանք նաև դարձնում են աշխատանքային հոսքերը ավելի թափանցիկ, հեշտ տարածելի և վերարտադրելի:

- ԱՏՀ-ում մոդելաշինության ներածություն
- Model Designer QGIS-ում
- Հիմնական մոդելների ստեղծում

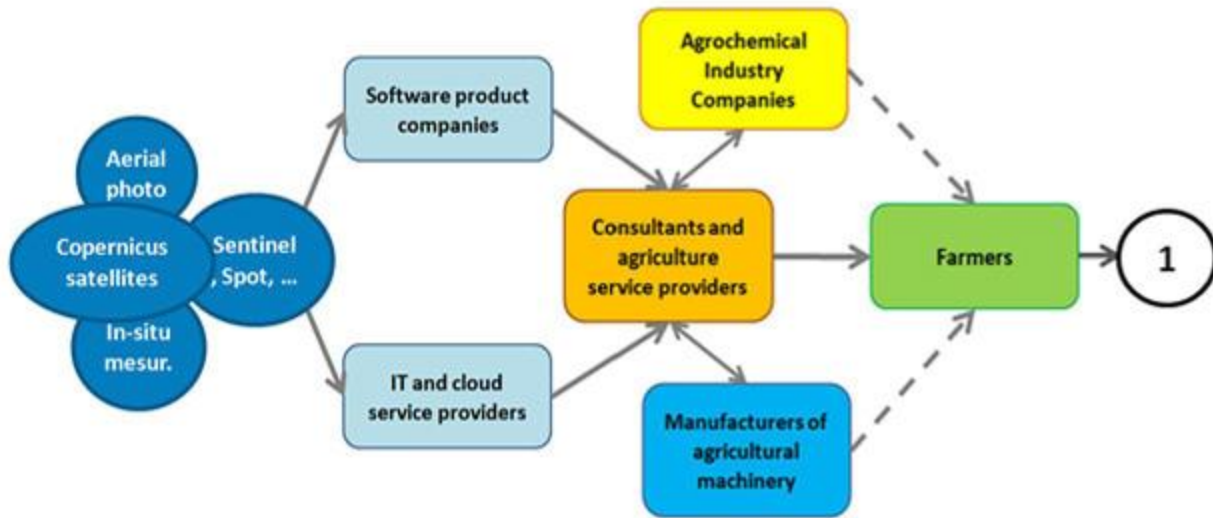
# ԱՏՀ մոդելների կառուցում II\*

- Առաջադեմ մոդելաշինության տեխնիկա
- Python scripting-ի ներածություն ԱՏՀ-ում
- Սցենարների ինտեգրում մոդելներում
- Գործնական մոդելաշինության վարժություններ

# ԱՏՀ-ի միջոցով ճշգրիտ գյուղատնտեսություն

Ճշգրիտ գյուղատնտեսության հասկացությունների ներածություն

Ճշգրիտ գյուղատնտեսությունը, որը նաև հայտնի է որպես ճշգրիտ գյուղատնտեսություն (precision agriculture), ներկայացնում է ժամանակակից գյուղատնտեսության առաջատար մոտեցում: Այն համադրում է առաջադեմ տեխնոլոգիաները՝ օպտիմալացնելու ռեսուրսների օգտագործումը, բարելավելու բերքատվությունը և նվազեցնելու շրջակա միջավայրի վրա թողած ազդեցությունները: Ճշգրիտ գյուղատնտեսության սահմանումները տարբեր են, սակայն բոլորը համախմբվում են դրա հիմնական սկզբունքների շուրջ՝ արդյունավետություն և կայունություն: Ունենալ այն սահմանում են որպես կառավարման պրակտիկա, որն ուղղված է ճշգրիտ տեղեկատվության կիրառմանը շահութաբերությունը բարձրացնելու համար: Մյուսները շեշտադրում են դրա բնապահպանական չափումը՝ նկարագրելով այն որպես տեխնոլոգիաների և սկզբունքների կիրառում տարածական և ժամանակային փոփոխականության կառավարման համար՝ ավելի լավ բերքատվության և էկոլոգիական օգուտների հասնելու նպատակով: Տեխնոլոգիական տեսանկյունից այն ներառում է բույսերի արտադրության մոնիտորինգ, վերլուծություն և կառավարում՝ ծախսերը և էկոլոգիական ազդեցությունը հավասարակշռելու համար: Ճշգրիտ գյուղատնտեսությունը բարձրացնում է ռեսուրսների օգտագործման արդյունավետությունը՝ նվազագույնի հասցնելով կորուստները և նվազեցնելով գյուղատնտեսական պրակտիկայի էկոլոգիական հետքը: Ինտեգրված տեսանկյունից առանձնանում է բարձր ճշգրտությամբ դիրքորոշման համակարգերի, աշխարհագրական քարտեզագրման և փոփոխական չափաբաժինների տեխնոլոգիաների կիրառումը:

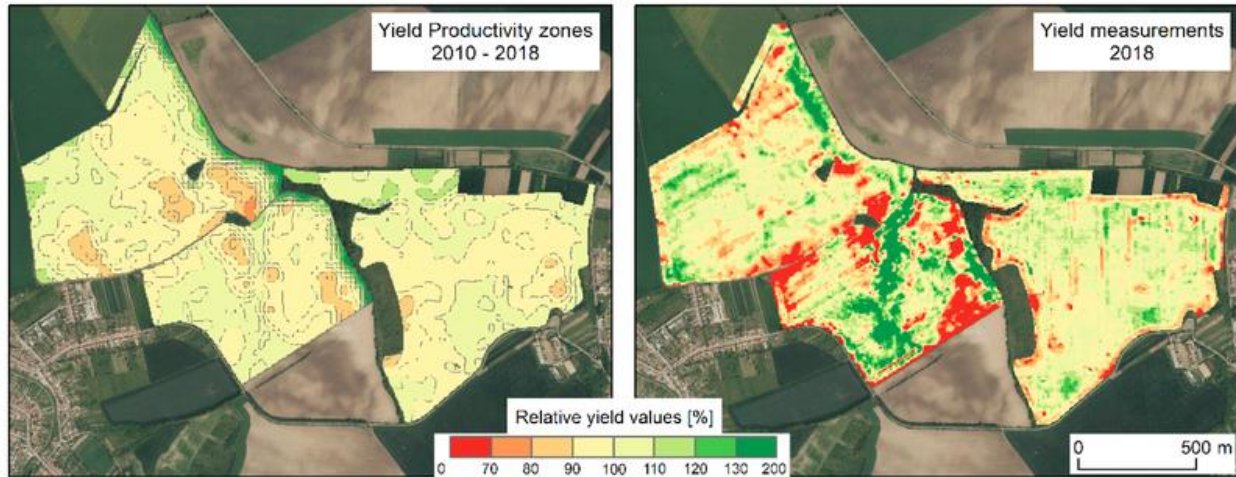


Ճշգրիտ գյուղատնտեսության ոլորտի դերակատարները. տվյալների մատակարարներից մինչև ֆերմերներ: Աղբյուր. Šafář, V. և այլք (2022): *The Role of Remote Sensing in Agriculture and Future Vision: Agris On-line Papers in Economics and Informatics. XIV. 107-124. 10.7160/aol.2022.140109.*

Ճշգրիտ գյուղատնտեսությունը հիմնվում է մի շարք մեթոդների վրա: Մշակաբույսերի կառավարումը հարմարեցնում է գյուղատնտեսական միջամտությունները դաշտի տարբեր գոտիների յուրահատուկ բնութագրերին՝ օգտագործելով ԱՏՀ և հեռահար զոնդավորում տարածական փոփոխականությունը քարտեզագրելու համար: Փոփոխական չափաբաժինների տեխնոլոգիան հնարավորություն է տալիս ճշգրիտ կիրառել մուտքային նյութերը, ինչպես օրինակ՝ պարարտանյութեր և թունաքիմիկատներ, հարմարեցնելով դրանք դաշտի տարբեր հատվածների հատուկ պահանջներին: Հեռահար զոնդավորումը՝ արբանյակային և անօդաչու թռչող սարքերի պատկերների միջոցով, իրական ժամանակում տրամադրում է տեղեկություններ մշակաբույսերի առողջության, հողի խոնավության և բուսածածկի ինդեքսների վերաբերյալ՝ ապահովելով սննդանյութերի պակասի կամ հիվանդությունների նման սթրեսային գործոնների վաղ հայտնաբերում:

Մյուս կարևոր մեթոդը բերքատվության քարտեզագրումն է, որը համատեղում է ՀՆԱՀ-ն (GNSS-ը) և բերքահավաք տեխնիկայի վրա տեղադրված բերքատվության մոնիտորները՝ արտադրողականության տարածական տարբերությունները փաստագրելու համար: Այս տվյալները ծառայում են ապագա կառավարման ռազմավարություններին՝ թույլատրելով բարելավել քիչ արդյունավետությամբ գոտիները: Հողի և մշակաբույսերի սենսորային տեխնոլոգիաները չափում են կարևոր

պարամետրեր, ինչպիսիք են հողի խոնավությունը, սննդանյութերի պարունակությունը և pH մակարդակը, մինչդեռ առաջադեմ սենսորները գնահատում են մշակաբույսերի սննդային մակարդակները և առաջարկում համապատասխան միջամտություններ:



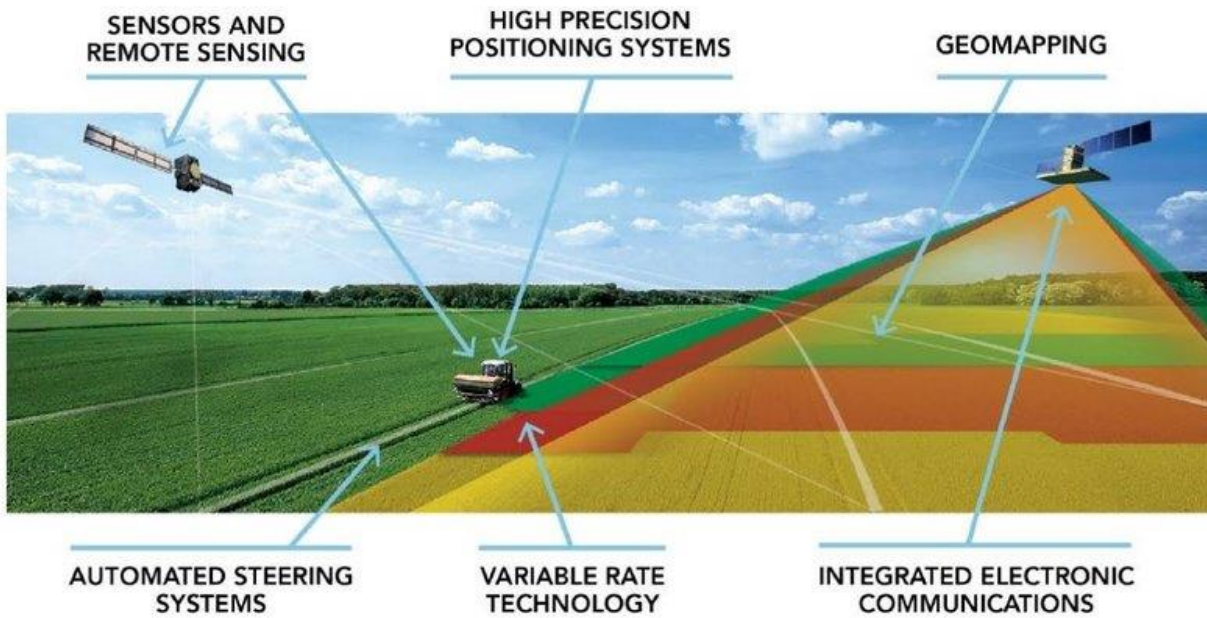
*Բերքատվության գոտիների վերլուծություն. արտադրողականության գոտիների կանխատեսում՝ ստացված արբանյակային պատկերներից (ձախ) և բերքահավաք տեխնիկայով հաշվարկված բերքատվության չափումների քարտեզ (աջ): Աղբյուր. Řezník, T. և այլք (2020): Prediction of Yield Productivity Zones from Landsat 8 and Sentinel-2A/B and Their Evaluation Using Farm Machinery Measurements: Remote Sensing, 12(12), 1917: <https://doi.org/10.3390/rs12121917>*

Որոշումների աջակցման համակարգերը կարևոր դեր են խաղում ճշգրիտ գյուղատնտեսությունում՝ համադրելով դաշտային տվյալները, եղանակային կանխատեսումները և պատմական միտումները՝ օպտիմալացնելու սերմնացանի, ոռոգման և պարարտացման վերաբերյալ որոշումները: ԱՏՀ վերլուծությունն ու քարտեզագրումը լրացուցիչ բարձրացնում են ճշգրտությունը՝ տրամադրելով տարածքային մանրամասն շերտեր, ներառյալ հողի տեսակները, բարձրությունները և ջրի հասանելիությունը: Ինտերնետ իրերի (IoT) և մեծ տվյալների վերլուծության ինտեգրումը հնարավորություն է տալիս դաշտից տվյալների շարունակական հավաքագրում, ապահովելով գործնական եզրակացություններ, որոնք բարելավում են ռեսուրսների բաշխման և միջամտությունների ժամանակի ճշգրտությունը:

#### Ճշգրիտ գյուղատնտեսության մեթոդներ

Ճշգրիտ գյուղատնտեսությունը կիրառում է մի շարք առաջադեմ մեթոդներ, որոնք նախատեսված են գյուղատնտեսական պրակտիկան օպտիմալացնելու,

արդյունավետությունը բարձրացնելու և շրջակա միջավայրի վրա ազդեցությունը նվազագույնի հասցնելու համար:



*Ճշգրիտ գյուղատնտեսության տեխնոլոգիաներ. Աղբյուր՝*

<https://kas32.com/en/post/view/332>

Հիմնական մեթոդներից մեկը տարածք-հատուկ մշակաբույսերի կառավարումն է (**site-specific crop management (SSCM)**), որը ներառում է գյուղատնտեսական պրակտիկաների հարմարեցում դաշտի կոնկրետ գոտիների յուրահատուկ պայմաններին: Այս մեթոդը հնարավոր է դառնում տարածական փոփոխականության մանրամասն քարտեզագրման շնորհիվ՝ օգտագործելով աշխարհատարածական տեխնոլոգիաներ, ինչպիսիք են ԱՏՀ-ն և հեռահար զոնդավորումը: Հողի կազմի, խոնավության մակարդակների և սննդանյութերի հասանելիության տարբերությունները հասկանալու միջոցով SSCM-ը հնարավորություն է տալիս յուրաքանչյուր գոտում իրականացնել անհատականացված միջամտություններ:

**Փոփոխական չափաբաժինների տեխնոլոգիան (Variable Rate Technology (VRT))** ճշգրիտ գյուղատնտեսության մեկ այլ հիմնարար բաղադրիչ է: Այն կարգավորում է մուտքային նյութերի, ինչպիսիք են սերմերը, պարարտանյութերը և թունաքիմիկատները, կիրառումը դաշտի տարբեր հատվածների ճշգրիտ պահանջներին համապատասխան: Այս տեխնիկան նվազեցնում է մուտքային նյութերի կորուստը, բարձրացնում է բերքատվությունը և նվազեցնում

գերձանրաբեռնված կիրառման վտանգը, որը կարող է ժառանգել հասցնել շրջակա միջավայրին:

**Հեռահար զոնդավորումը** կարևոր դեր ունի մշակաբույսերի առողջության, հողի խոնավության և բուսածածկի վիճակի վերաբերյալ իրական ժամանակի տվյալներ ապահովելու գործում: Արբանյակային, օդային կամ անօդաչու թռչող սարքերի պատկերների միջոցով հեռահար զոնդավորման տեխնոլոգիաները ֆերմերներին հնարավորություն են տալիս արագ վերահսկել մեծ տարածքներ և վաղ փուլում հայտնաբերել հնարավոր խնդիրներ, ինչպիսիք են սննդանյութերի պակասը, վասսատուների ներխուժումը կամ ջրի սթրեսը: Այս ժամանակին ստացված տեղեկատվությունը նպաստում է ավելի լավ որոշումների կայացմանը և նպատակային միջամտություններին:

**Բերքատվության քարտեզագրումը** ներառում է GNSS-ով ապահովված բերքատվության մոնիտորների օգտագործումը բերքահավաք տեխնիկայի վրա՝ դաշտի ամբողջ տարածքում մշակաբույսերի արտադրողականության տարածական տարբերությունները գրանցելու համար: Այս քարտեզները օգնում են նույնականացնել բարձր և ցածր արտադրողականությամբ գոտիները՝ տրամադրելով պատկերացումներ ապագա գյուղատնտեսական պրակտիկան օպտիմալացնելու և արտադրողականությունը սահմանափակող կոնկրետ խնդիրները լուծելու համար:

**Հողի և մշակաբույսերի սենսորային տեխնոլոգիաները** կարևոր են դաշտի ճշգրիտ պայմանները հասկանալու համար: Սենսորները չափում են կարևոր պարամետրեր, ինչպիսիք են հողի pH-ը, խոնավության մակարդակը, օրգանական նյութի պարունակությունը և սննդանյութերի հասանելիությունը: Մշակաբույսերի սենսորները գնահատում են բույսերի առողջությունն ու սննդային պահանջները՝ ուղղորդելով մուտքային նյութերի փոփոխական չափաբաժիններով կիրառումը:



*Ինտեգրված հողի սենսոր, որը չափում է հողի pH-ը, խոնավությունը, ջերմաստիճանը և հաղորդունակությունը:*

Որոշումների աջակցման համակարգերը (DSS) ինտեգրում են տվյալները տարբեր աղբյուրներից, ինչպիսիք են եղանակային կանխատեսումները, հողի վերլուծությունը և մշակաբույսերի աճի մոդելները, որպեսզի ապահովեն գործնական առաջարկություններ: Այս համակարգերը օգտագործում են առաջադեմ ալգորիթմներ՝ ֆերմերներին օգնելու համար տեղեկացված որոշումներ կայացնել սերմնացանի

ժամանակացույցների, ռոտզման ռազմավարությունների և փաստաթուղթերի դեմ պայքարի միջոցառումների վերաբերյալ:

**Աշխարհագրական վերլուծությունն ու քարտեզագրումը** բարձրացնում են գյուղատնտեսական պրակտիկաների ճշգրտությունը՝ ստեղծելով դաշտի հատկանիշների մանրամասն տարածքային շերտեր, ինչպիսիք են բարձրությունը, հողի տեսակը և ջրի պահման ունակությունը: Այս շերտերը աջակցում են պլանավորմանը և իրականացմանը՝ ապահովելով ռեսուրսների օպտիմալ բաշխում դաշտի ամբողջ տարածքում:

**Իրերի համացանցի (IoT) սարքերի և մեծ տվյալների վերլուծության** ինտեգրումը հեղափոխել է ճշգրիտ գյուղատնտեսությունը: IoT սարքերը, ինչպիսիք են հողի խոնավության զոնդերը և կլիմայական կայանները, անընդհատ հավաքում են դաշտային տվյալներ: Այս տվյալները մշակվում են մեծ տվյալների տեխնոլոգիաների միջոցով՝ նույնականացնելու օրինաչափություններն ու միտումները, ինչը բարելավում է գյուղատնտեսական միջամտությունների ժամանակացույցն ու ճշգրտությունը:

**Ավտոմատացումն ու ռոբոտիկան** ավելի ու ավելի են կիրառվում ճշգրիտ գյուղատնտեսությունում՝ հնարավորություն տալով բարձր ճշգրտությամբ իրականացնել սերմացան, ցողում և բերքահավաքի նման առաջադրանքներ: Ավտոմատացված տեխնիկան հաճախ գործում է GNSS ղեկավարման միջոցով՝ ապահովելով հետևողական արդյունավետություն և նվազեցնելով մարդկային սխալները:

Վերջում, դաշտային փորձարկումներն ու ադապտիվ կառավարումը անբաժան մասն են ճշգրիտ գյուղատնտեսության: Ֆերմերները տվյալների միջոցով փորձարկում և կատարելագործում են ռազմավարությունները՝ ապահովելով, որ պրակտիկաները արձագանքեն փոփոխվող պայմաններին և դաշտի յուրահատուկ դինամիկային:

Այս մեթոդների շնորհիվ ճշգրիտ գյուղատնտեսությունը հասնում է իր նպատակներին՝ բարձրացնել արտադրողականությունը, նվազեցնել ծախսերը և խթանել շրջակա միջավայրի կայունությունը: Դաշտերում եղած փոփոխականությունը հասցեագրելով և ռեսուրսները կիրառելով միայն անհրաժեշտ վայրերում՝ այս տեխնիկան ապահովում է, որ ժամանակակից գյուղատնտեսությունը բավարարի փոփոխվող աշխարհի աճող պահանջները:

USZ-ի դերը ճշգրիտ գյուղատնտեսության մեջ

Աշխարհագրական տեղեկատվական համակարգերը (USZ) կենտրոնական դեր ունեն ճշգրիտ գյուղատնտեսությունում՝ հնարավորություն տալով տարածական տվյալների արդյունավետ ինտեգրում, վերլուծություն և վիզուալիզացիա՝ գյուղատնտեսական պրակտիկան օպտիմալացնելու նպատակով: **Հեռահար զոնդավորման, Իրերի համացանցի (IoT) տվյալների վերլուծության, ամպային հաշվարկների և զարգացող GeoAI տեխնոլոգիաների հետ համատեղ՝ USZ-ն գյուղատնտեսական կառավարումը վերափոխում է տվյալահեն, կայուն և ապագային պատրաստ ոլորտի:**

USZ-ն աջակցում է տարածական քարտեզագրմանն ու վերլուծությանը՝ ստեղծելով մանրամասն քարտեզներ, որոնք բացահայտում են դաշտերի ներսում եղած փոփոխականությունը, օրինակ՝ հողի հատկությունները, խոնավության մակարդակները և մշակաբույսերի առողջությունը: Այս քարտեզները ուղղորդում են տարածք-հատուկ կառավարումը՝ հնարավորություն տալով իրականացնել ճշգրիտ միջամտություններ: Հեռահար զոնդավորումը լրացնում է USZ-ն՝ ապահովելով բարձր լուծաչափով պատկերներ արբանյակներից և անօդաչու թռչող սարքերից (UAV)՝ բուսածածկի առողջությունը մոնիտորինգի ենթարկելու, հիվանդությունները հայտնաբերելու և ջրային սթրեսը գնահատելու համար: Օրինակ, հեռահար զոնդավորումից ստացված բուսածածկի ինդեքսները, ինչպիսիք են NDVI-ն, մշակվում են USZ-ում՝ նույնականացնելու ցածր արտադրողականությամբ գոտիները և ուղղորդելու ռեսուրսները հենց այնտեղ, որտեղ դրանք առավել անհրաժեշտ են:

**Իրերի համացանցի (IoT) տվյալների վերլուծության** ինտեգրումը USZ-ում առավել ընդլայնում է դրա հնարավորությունները: IoT սարքերը, ներառյալ հողի խոնավության սենսորները, եղանակային կայանները և մշակաբույսերի առողջության մոնիտորները, արտադրում են իրական ժամանակի մեծածավալ տվյալներ: USZ-ն ծառայում է որպես հարթակ՝ այս տվյալները տարածական և ժամանակային կտրվածքով մշակելու ու վերլուծելու համար՝ վերածելով հում մուտքերը գործնական եզրակացությունների: Օրինակ.

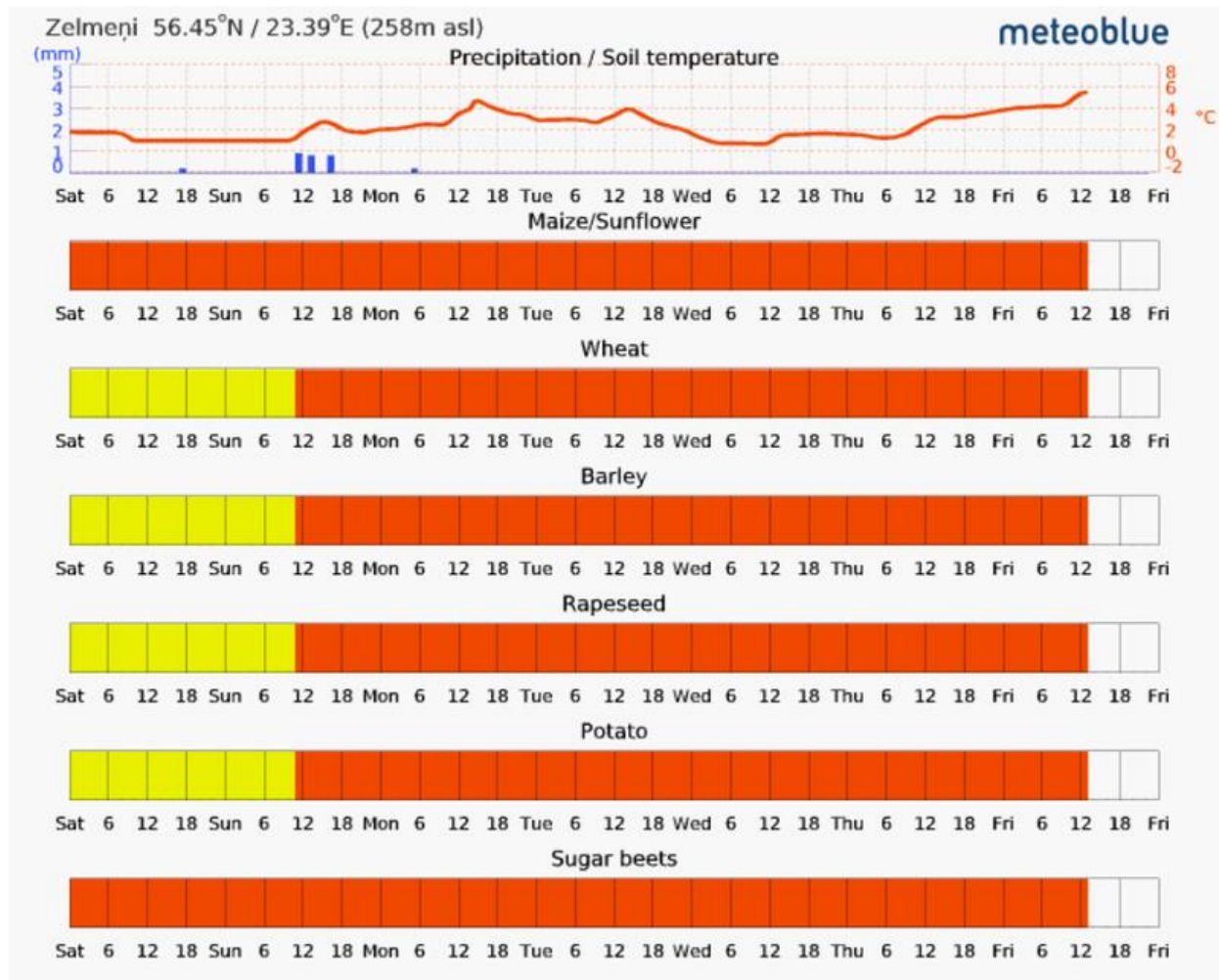
- **Հողի և եղանակի մոնիթորինգ** – IoT տվյալները հողի խոնավության և եղանակային պայմանների մասին համադրվում են USZ-ում՝ ռոտզման ժամանակացույցները օպտիմալացնելու համար:
- **Կանխատեսվող սպասարկում** – Գյուղտեխնիկայի վերաբերյալ տվյալները վերլուծվում են սպասարկման կարիքները կանխատեսելու և պարապուրդը կանխելու նպատակով:

- **Դինամիկ որոշումների կայացում** – Իրական ժամանակի IoT տվյալները մուտք են գործում ԱՏՀ-ով ղեկավարվող մոդելներ՝ դաշտային աշխատանքները փոփոխվող պայմաններին համապատասխան դինամիկ կերպով հարմարեցնելու համար:

**Տվյալների ինտեգրումն ու ամպային հաշվարկները** բարձրացնում են ԱՏՀ-ի մասշտաբայնությունն ու հասանելիությունը ճշգրիտ գյուղատնտեսությունում: Ամպում մեծածավալ dataset-ների պահպանումն ու մշակումը հնարավորություն է տալիս համագործակցային որոշումների կայացման և շահառուներին հեռակա կերպով կարևոր տեղեկությունների հասանելիության: Ամպային հաշվարկները նաև ապահովում են առաջադեմ վերլուծություններ, ինչպիսիք են մեծ տվյալների մշակումն ու կանխատեսող մոդելավորումը:

**ԱՏՀ-ն աջակցում է որոշումների կայացմանը և ռեսուրսների օպտիմալացմանը՝** տարածական տվյալները համադրելով առաջադեմ կանխատեսող մոդելների հետ: Սա ապահովում է մուտքային նյութերի՝ ինչպես պարարտանյութերի և թունաքիմիկատների ճշգրիտ կիրառումը՝ նվազեցնելով կորուստներն ու ծախսերը: Փոփոխական չափաբաժինների տեխնոլոգիան, որը ղեկավարվում է ԱՏՀ-ի վերլուծություններով, ռեսուրսները կիրառում է միայն անհրաժեշտ վայրերում՝ բարձրացնելով արդյունավետությունը: Սցենարային վերլուծության գործիքները ԱՏՀ-ում ֆերմերներին հնարավորություն են տալիս սիմուլացնել տարբեր ռազմավարություններ և գնահատել դրանց հնարավոր արդյունքները՝ մինչ կիրառելը:

# Sowing window



Հողի ջերմաստիճանի և տեղումների զարգացման հիման վրա սերմնացանի պատուհանը ցույց է տալիս, թե որքան հարմար են առաջիկա 7 օրերի ժամանակահատվածները տարբեր եզիպտացորենի տեսակների սերմնացանի համար տվյալ տարածքում: Սանդղակը տատանվում է հարմար (կանաչ) մինչև ոչ հարմար (կարմիր): Աղբյուր. <https://groundwater.smartagro.lv>

Շարունակական մոնիթորինգի և հետադարձ կապի միջոցով ԱՏՀ-ն, ինտեգրված IoT-ի և հեռահար զոնդավորման տվյալների հետ, ապահովում է դաշտային պայմանների դինամիկ պատկեր: Իրական ժամանակի պատկերացումները հնարավորություն են տալիս վաղ հայտնաբերել խնդիրներ, ինչպիսիք են փասսատուների տարածումը կամ սննդանյութերի պակասը: Բացի այդ, ԱՏՀ-ն գնահատում է կիրառված պրակտիկաների

արդյունավետությունը՝ նպաստելով դրանց շարունակական կատարելագործմանն ու բարելավմանը:

**ՄՏՀ-ն խթանում է շրջակա միջավայրի և տնտեսական կայունությունը՝** նվազեցնելով քիմիկատների օգտագործումը, խնայելով ջուրը և առավելագույնի հասցնելով արտադրողականությունը: Նպատակային միջամտությունները նվազեցնում են շրջակա միջավայրի վրա ազդեցությունները, մինչդեռ ռեսուրսների արդյունավետ օգտագործումը բարձրացնում է շահութաբերությունը՝ նվազեցնելով ծախսերը և բարձրացնելով բերքատվությունը:

Առաջ նայելով՝ **GeoAI-ն (Աշխարհագրական արհեստական բանականություն) հեղափոխում է ՄՏՀ-ն ճշգրիտ գյուղատնտեսության մեջ:** Մեքենայական ուսուցման և ԱԲ-ի կիրառման միջոցով GeoAI-ն հնարավորություն է տալիս իրականացնել աշխարհատարածական և IoT տվյալների առաջադեմ վերլուծություն՝ օրինաչափություններ նույնականացնելու, միտումներ կանխատեսելու և իրական ժամանակի որոշումների կայացմանը աջակցելու համար: Օրինակ.

- **Կանխատեսող վերլուծություն** – GeoAI-ն բարձր ճշգրտությամբ կանխատեսում է բերքատվությունը, վնասատուների տարածումը և եղանակային ազդեցությունները:
- **Ավտոմատացված տվյալների մշակում** – ԱԲ ալգորիթմները արագ մշակում են հեռահար զոնդավորման և IoT տվյալները՝ ապահովելով գործնական եզրակացություններ առանց ձեռքով միջամտության:
- **Կլիմայական կայունություն** – GeoAI-ն կանխատեսում է կլիմայի փոփոխության երկարաժամկետ ազդեցությունները գյուղատնտեսության վրա՝ օգնելով ֆերմերներին կանխարգելիչ հարմարվել:

ՄՏՀ-ի, հեռահար զոնդավորման, IoT տվյալների վերլուծության, ամպային հաշվարկների և GeoAI-ի միավորումը վերափոխում է ճշգրիտ գյուղատնտեսությունը: Այս տեխնոլոգիաները հնարավորություն են տալիս ժամանակակից գյուղատնտեսությանը լինել ավելի արդյունավետ, կայուն և դիմացկուն՝ լուծելով ներկայիս խնդիրները և պատրաստվելով ապագայի պահանջներին:

Վարժություն. NDVI-ի վերլուծություն QGIS-ում

**Լուծվելիք խնդիր.** Ստեղծել փոփոխական կիրառման գոտիներ ճշգրիտ գյուղատնտեսության համար՝ վերլուծելով մշակաբույսերի առողջության փոփոխականությունը Նորմալիզացված Տարբերության Բուսականության Ինդեքսի

(NDVI) միջոցով, որը ստացվում է հեռահար զոնդավորման տվյալներից: Նույնականացնել ցածր, միջին և բարձր բուսականության առողջությամբ տարածքները:

### **Պահանջվող տվյալներ.**

- Հեռահար զոնդավորման տվյալներ – բազմաալիք պատկերներ առնվազն երկու ալիքով՝ կարմիր (R) և մոտ ինֆրակարմիր (NIR): Տվյալները կարող են ստացվել արբանյակներից (օր.՝ Sentinel-2) կամ անօդաչուներից:

### **QGIS Processing Toolbox-ի գործիքներ.**

- Raster Calculator – NDVI հաշվարկելու համար:
- Reclassify by Table – NDVI արժեքները գոտիների դասակարգելու համար:

### **Աշխատանքային ընթացակարգ.**

#### **1. Տվյալների բեռնում**

- Ներմուծեք բազմաալիք պատկերները (R և NIR ալիքներ) QGIS:
- Բեռնեք դաշտի սահմանների շերտը, եթե առկա է, որպեսզի վերլուծությունը սահմանափակվի ուսումնասիրության տարածքով:

#### **2. NDVI հաշվարկ**

- Օգտագործեք Raster Calculator-ը՝ NDVI-ն հաշվարկելու համար հետևյալ բանաձևով.  $(NIR - Red) / (NIR + Red)$
- Պահպանեք ելքը որպես նոր ռաստերային շերտ (օր.՝ "NDVI"):

#### **3. NDVI-ի դասակարգում գոտիների**

- Օգտագործեք Reclassify by Table գործիքը՝ NDVI արժեքները երեք կամ ավելի կատեգորիաների դասակարգելու համար (օր.՝ ցածր, միջին, բարձր բուսականության առողջություն):
- Սահմանեք շեմային արժեքներ NDVI-ի տիրույթով (օր.՝ ցածր՝ 0-0.3, միջին՝ 0.3-0.6, բարձր՝ 0.6-1.0):
- Պահպանեք ելքը որպես նոր ռաստերային շերտ (օր.՝ "NDVI\_Zones"):

#### 4. Նշանակման քարտեզի ստեղծում

- Դասակարգված NDVI ռաստերը փոխարկեք վեկտորային բազմանկյունների՝ օգտագործելով Raster to Polygon գործիքը:

#### 5. Արդյունքների արտահանում

- Արտահանեք նշանակման քարտեզը shapefile կամ GeoJSON ձևաչափով՝ փոփոխական կիրառման սարքավորումների մեջ օգտագործելու համար:

## Կառավարման գոտիների հաշվարկ\*

Կառավարման գոտիների հաշվարկի մեթոդներ

Կառավարման գոտիները գյուղատնտեսական դաշտում տարածականորեն սահմանված այնպիսի հատվածներն են, որոնք համեմատաբար միատեսակ բնութագրեր ունեն հողի հատկությունների, բուսականության առողջության և բերքատվության ներուժի տեսանկյունից: Այս գոտիները սահմանազատվում են դաշտի բնական փոփոխականության հիման վրա, որը պայմանավորված է այնպիսի գործոններով, ինչպիսիք են հողի կազմը, տեղագրությունը, խոնավության հասանելիությունը և մշակաբույսերի պատմական արտադրողականությունը: Այս գոտիների նույնականացումն ու կառավարումը հնարավորություն է տալիս ֆերմերներին օպտիմալացնել մուտքային նյութերի՝ օրինակ պարարտանյութերի, ջրի և թունաքիմիկատների կիրառումը՝ յուրաքանչյուր տարածքի հատուկ կարիքներին համապատասխան, ինչը հանգեցնում է արտադրողականության բարձրացման, ծախսերի կրճատման և շրջակա միջավայրի կայունության ապահովման:

Կառավարման գոտիների հասկացությունը կենտրոնական է ճշգրիտ գյուղատնտեսության մեջ, քանի որ այն անդրադառնում է դաշտերի բնածին անհամասեռությանը, որը հաճախ անտեսվում է ավանդական գյուղատնտեսական մեթոդների կողմից: Դաշտը միատեսակ մշակելու փոխարեն, կառավարման գոտիները հնարավորություն են տալիս տարածք-հատուկ միջամտությունների, ապահովելով, որ ռեսուրսները կիրառվեն այնտեղ, որտեղ դրանք առավել անհրաժեշտ են: Այս նպատակային մոտեցումը ոչ միայն բարելավում է մշակաբույսերի աճն ու բերքատվությունը, այլ նաև նվազեցնում է մուտքային նյութերի կորուստները և կրճատում է շրջակա միջավայրի վրա ազդեցությունները, ինչպիսիք են սննդանյութերի արտահոսքը կամ քիմիկատների գերբաղադրիչ կիրառումը:

Կառավարման գոտիների սահմանագատումը հիմնվում է տարբեր տվյալների աղբյուրների և վերլուծական մեթոդների վրա: GPS-ով և բերքատվության սենսորներով հագեցած բերքահավաք մեքենաներից ստացված բերքատվության քարտեզները տրամադրում են դաշտի արտադրողականության պատմական պատկեր: Այս քարտեզները օգնում են նույնականացնել այն տարածքները, որոնք մշտապես միջինից բարձր կամ ցածր արդյունքներ են ցուցաբերում: Հեռահար զոնդավորման տվյալները, օրինակ՝ արբանյակային պատկերները, օգտագործվում են բուսականության ինդեքսներ՝ NDVI և EVI հաշվարկելու համար, որոնք արտացոլում են բույսերի առողջությունն ու կենսազանգվածը: Այս ինդեքսները հատկապես օգտակար են աճի սեզոնի ընթացքում բուսականության տարածական փոփոխականությունը հայտնաբերելու համար:

Բերքատվության և բուսականության տվյալներից բացի, հողի նմուշառումը կարևոր դեր ունի կառավարման գոտիների սահմանման գործում: Հողի վերլուծությունները տրամադրում են մանրամասն տեղեկություն սննդանյութերի մակարդակների, pH-ի, օրգանական նյութի պարունակության, ինչպես նաև այլ ֆիզիկական և քիմիական հատկությունների վերաբերյալ, որոնք ազդում են մշակաբույսերի աճի վրա: Թվային բարձրությունների մոդելները (DEM) ապահովում են լրացուցիչ պատկերացում՝ բացահայտելով տեղագրական առանձնահատկություններ, ինչպիսիք են թեքությունը և դիրքադրությունը, որոնք ազդում են ջրի բաշխման և էրոզիայի օրինաչափությունների վրա:

Կառավարման գոտիները սովորաբար դասակարգվում են բարձր, միջին և ցածր արտադրողականության ներուժ ունեցող տարածքների: Օրինակ, բարձր արտադրողականությամբ գոտիները կարող են ստանալ պարարտանյութերի և ջրի ավելի մեծ չափաբաժիններ՝ բերքատվությունը առավելագույնի հասցնելու համար, մինչդեռ ցածր արտադրողականությամբ գոտիները կարող են կառավարվել այլ կերպ՝ լուծելու համար հիմքում ընկած սահմանափակումները, ինչպիսիք են սննդանյութերի պակասը կամ ջրահեռացման վատ պայմանները: Այս մոտեցումը կարող է ներառել նաև տարբեր մշակաբույսերի կամ դրանց սորտերի ընտրություն, որոնք ավելի լավ են համապատասխանում յուրաքանչյուր գոտու կոնկրետ պայմաններին:

Այս գոտիների սահմանագատումն ու կառավարումը ավելի է զարգացվում առաջադեմ տեխնոլոգիաների միջոցով, ինչպիսիք են աշխարհագրական տեղեկատվական համակարգերը (USZ) և մեքենայական ուսուցման ալգորիթմները: USZ-ն ինտեգրում և վերլուծում է տարածական տվյալների մի քանի շերտեր՝ ստեղծելով ճշգրիտ կառավարման գոտիների քարտեզներ: Մեքենայական ուսուցման մոդելները կարող են

նույնականացնել օրինաչափություններ և բարձր ճշգրտությամբ խմբավորել նմանատիպ տարածքները գոտիների՝ նույնիսկ մեծ և բարդ dataset-ներում:

Գործնականում կառավարման գոտիները ծառայում են որպես փոփոխական չափաբաժինների կիրառման (VRA) ռազմավարությունների հիմք, որտեղ մուտքային նյութերի կիրառումը հարմարեցվում է յուրաքանչյուր գոտու պահանջներին: Օրինակ՝ ազոտային պարարտացման դեպքում բարձր բերքատվության ներուժ ունեցող գոտիները կարող են ստանալ ազոտի ավելի բարձր չափաբաժիններ, մինչդեռ ցածր ներուժ ունեցող գոտիներին տրվում են ավելի ցածր չափաբաժիններ՝ կորուստներն ու շրջակա միջավայրի վնասը խուսափելու համար:

Ընդհանուր առմամբ, կառավարման գոտիները դաշտի փոփոխականությունը հաշվի առնելու համակարգված միջոց են, որը ֆերմերներին հնարավորություն է տալիս կայացնել տվյալահեն որոշումներ՝ բարձրացնելով գյուղատնտեսության արդյունավետությունն ու կայունությունը: Դաշտի յուրաքանչյուր մասի հատուկ կարիքների վրա կենտրոնանալով՝ այս մոտեցումը համապատասխանում է ժամանակակից ճշգրիտ գյուղատնտեսության նպատակներին՝ ապահովելով ինչպես տնտեսական, այնպես էլ էկոլոգիական օգուտներ:

- Գործնական վարժություններ QGIS/FieldCalc-ով կառավարման գոտիների հաշվարկման մեջ

FieldCalc-ը մասնագիտացված ծրագրային գործիք է, որը մշակված է ճշգրիտ գյուղատնտեսության համար՝ հնարավորություն տալով հաշվարկել, վիզուալիզացնել և կիրառել կառավարման գոտիները: Այն ապահովում է հարթակ տարբեր գյուղատնտեսական տվյալների ինտեգրման, տարածական փոփոխականության վերլուծության և գործնական արդյունքների ստեղծման համար, ինչպիսիք են փոփոխական կիրառման քարտեզները (VRA), որոնք ուղղակիորեն համատեղելի են ժամանակակից գյուղատնտեսական տեխնիկայի հետ:

FieldCalc-ի հիմնական հնարավորությունները

1. **Տարբեր տվյալների աղբյուրների ինտեգրում** – FieldCalc-ը աջակցում է տարբեր dataset-ների ինտեգրմանը, ներառյալ արբանյակային պատկերներ (օր. Sentinel-2, Landsat), հողի վերլուծության տվյալներ, բերքատվության քարտեզներ և տեղագրական տվյալներ, ինչպիսիք են DEM-երը: Այս տվյալները կարևոր են դաշտի փոփոխականությունը հասկանալու և համասեռ հատկանիշներով գոտիներ սահմանելու համար:

2. **Բուսականության ինդեքսների հաշվարկ** – FieldCalc-ը հնարավորություն է տալիս հաշվարկել բուսականության ինդեքսներ, օրինակ՝ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) և EVI (Enhanced Vegetation Index) արբանյակային պատկերներից: Այս ինդեքսները պատկերացում են տալիս բույսերի առողջության, կենսազանգվածի և սթրեսի մակարդակների մասին, ինչը կարևոր է տարբեր արտադրողական ներուժ ունեցող տարածքների նույնականացման համար:
3. **Կառավարման գոտիների կլաստերացում և սահմանագատում** – Կլաստերային ալգորիթմների, օրինակ՝ K-Means-ի միջոցով, FieldCalc-ը դաշտի տարածքները խմբավորում է նմանատիպ հատկանիշներով գոտիների: Այս գոտիները ճշգրտվում են օգտատիրոջ սահմանած պարամետրերով և ագրոնոմիական գիտելիքներով՝ ապահովելու գործնական և արդյունավետ կիրառում:
4. **Փոփոխական կիրառման քարտեզների (VRA) ստեղծում** – FieldCalc-ը կառավարման գոտիները վերածում է VRA քարտեզների, որոնք յուրաքանչյուր գոտու համար սահմանում են մուտքային նյութերի հատուկ առաջարկություններ (օր.՝ պարարտանյութերի չափաբաժիններ, ռոտզման ժամանակացույցներ): Այս քարտեզները ձևաչափվում են այնպես, որ օգտագործվեն փոփոխական կիրառման գյուղատնտեսական տեխնիկայում:
5. **Որոշումների կայացման աջակցում** – Տարածական տվյալները վերլուծելով և վիզուալ ելքեր ապահովելով, FieldCalc-ը օգնում է ֆերմերներին և ագրոնոմներին կայացնել տեղեկացված որոշումներ: Սա ներառում է միջամտությունների պլանավորում, որոնք հարմարեցված են յուրաքանչյուր կառավարման գոտու յուրահատուկ հատկանիշներին:
6. **Իրական ժամանակի և պատմական տվյալների վերլուծություն** – FieldCalc-ը հնարավորություն է տալիս ներառել իրական ժամանակի տվյալներ IoT սարքերից, օրինակ՝ հողի խոնավության սենսորներ կամ եղանակային կայաններ, որպեսզի գոտիները դինամիկ կերպով հարմարեցվեն: Բացի այդ, այն աջակցում է պատմական վերլուծությանը, օրինակ՝ բազմամյա բերքատվության փոփոխականության ուսումնասիրություններին՝ երկարաժամկետ դաշտային կառավարման ռազմավարությունները մշակելու համար:
7. **Օգտատիրոջ համար հարմար միջերես** – Ծրագրաշարը նախագծված է օգտագործման պարզության վրա կենտրոնանալով՝ տրամադրելով ինտուիտիվ գործիքներ տվյալների վիզուալիզացման, քարտեզների հարմարեցման և

արտահանման համար: Այն հասանելի է տարբեր տեխնիկական գիտելիքներով օգտատերերի համար:

8. **Ամպային և API ինտեգրում** – FieldCalc-ը կարող է միանալ ամպային հարթակներին և API-ներին՝ հեռահար գոնդավորման տվյալներին հասանելիություն ստանալու կամ արդյունքները տարածելու համար: Այս գործառույթը խթանում է համագործակցությունը շահառուների միջև, ինչպիսիք են ազրոնոմները, ֆերմերները և խորհրդատուները:

### **FieldCalc-ի կիրառությունները**

- **Ճշգրիտ պարարտացում** – Քարտեզների ստեղծում տարածք-հատուկ պարարտանյութերի կիրառման համար՝ սննդանյութերի պահանջների հիման վրա:
- **Ոռոգման կառավարում** – Ջրի օգտագործման օպտիմալացում՝ տարբեր խոնավության պահանջներով գոտիներ սահմանելով:
- **Բերքատվության օպտիմալացում** – Բարձր և ցածր բերքատվությամբ գոտիների նույնականացում և կառավարում՝ ընդհանուր արտադրողականությունը առավելագույնի հասցնելու համար:
- **Կայունության պրակտիկաներ** – Շրջակա միջավայրի ազդեցության նվազեցում՝ զգայուն տարածքներում մուտքային նյութերի ավելցուկային կիրառումը նվազեցնելով:

### **Եզրակացություն**

FieldCalc-ը կարևոր գործիք է ճշգրիտ գյուղատնտեսության համար՝ հնարավորություն տալով տվյալահեն դաշտերի կառավարում: Նրա գործառույթները հեշտացնում են տարածական փոփոխականության վերլուծության գործընթացը և պատկերացումների վերածումը գործնական գործողությունների՝ օգնելով ֆերմերներին օպտիմալացնել ռեսուրսների օգտագործումը, բարձրացնել բերքատվությունը և հասնել կայունության նպատակներին:

# Մենստրային տվյալների ցուցադրման և վերլուծության համար հավելվածների\*

- Մենստրային տվյալների հավաքագրում և ինտեգրում ԱՏՀ-ում
- Դեպքերի ուսումնասիրություններ՝ հավելվածների օգտագործմամբ տվյալների ցուցադրման և վերլուծության համար
- Գործնական վարժություններ SensLog Dashboard/FIE-ով

# Դեպքերի ուսումնասիրություններ և գործնական կիրառումներ\*

**Վարժություն.** Շրջակա միջավայրի և տնտեսական ազդեցության գնահատում

**Նպատակ.** Հաշվարկել ճշգրիտ պարարտացման կիրառման օգուտները՝ օգտագործելով ստեղծված գոտիները:

**Քայլեր**

- Յուրաքանչյուր գոտու մակերեսի հաշվարկ.
  - Բացեք պարարտանյութերի գոտիների շերտի հատկանիշների աղյուսակը:
  - Ավելացրեք նոր սյունակ մակերեսի համար.
    - Սեղմեք Field Calculator և օգտագործեք \$area արտահայտությունը՝ յուրաքանչյուր գոտու մակերեսը քառակուսի մետրերով հաշվարկելու համար:
  - Անհրաժեշտության դեպքում փոխարկեք հեկտարների՝ բաժանելով 10,000-ի:

- **Պարարտանյութի օգտագործման գնահատում.**
  - Յուրաքանչյուր գոտու մակերեսը բազմապատկեք տվյալ սննդանյութի մակարդակի համար առաջարկվող պարարտանյութի չափաբաժնով:
  - Հատկանիշների աղյուսակում ավելացրեք Fertilizer Needed սյունակ և հաշվարկեք ձեռքով բանաձևով:
- **Ծախսերի համեմատություն.**
  - Հաշվեք ընդհանուր պարարտանյութի ծախսերը ճշգրիտ կիրառման դեպքում և համեմատեք դաշտի ամբողջ տարածքի համասեռ կիրառման հետ:
  - Հաշվարկներում ավելացրեք նշումներ՝ հղման համար:
- **Շրջակա միջավայրի ազդեցության գնահատում.**
  - Քննարկեք սննդանյութերի արտահոսքի նվազեցման հնարավորությունը՝ բարձր սննդանյութերով գոտիներում պարարտանյութի կիրառման կրճատման հիման վրա:
  - Ընդգծեք երկարաժամկետ օգուտները, ինչպիսիք են հողի առողջության և ջրի որակի բարելավումը:
- **Ամփոփագիր գրեք.**
  - Ներառեք տնտեսական և բնապահպանական օգուտները կարճ հաշվետվության մեջ (1–2 պարբերություն):
  - Ներկայացրեք հաշվետվությունը քարտեզի դասավորությունների հետ միասին:
- Մանրամասն դեպքերի ուսումնասիրություններ ճշգրիտ գյուղատնտեսության մեջ
- Նախագծերի պլանավորում և իրականացում
- Իրական կիրառություններ և հաջողության պատմություններ
- Ուսանողների կողմից ներկայացված դեպքերի ուսումնասիրություններ