

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՓԻԼՈՅԱՆ ԱՐՏԱԿ ՍԱՐԳՍԻ

ԳԵՈՄՈՐՖՈՄԵՏՐԻԱԿԱՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ ՌԵԼԻԵՖԻ ՇՐՋԱՆԱՑՈՒՄ  
ԵՎ ՇՐՋԱՆԱԶԵՎ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԻ ՏԱՐԱՆՋԱՏՈՒՄ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ  
ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ՝ ԱՏՀ ՄԵԹՈՂՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ

ԻԴ. 03.01 – «Աշխարհագրություն» մասնագիտությամբ աշխարհագրական  
գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ-2018

---

ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ПИЛОЯН АРТАК САРГИСОВИЧ

КЛАССИФИКАЦИЯ ФОРМ РЕЛЬЕФА И ИДЕНТИФИКАЦИЯ КРУГОВЫХ СТРУКТУР В  
РЕСПУБЛИКЕ АРМЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОМОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ГИС

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук по  
специальности

24.03.01 – «География»

ЕРЕВАН-2018

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Երևանի պետական համալսարանում:

**Գիտական ղեկավար.**

աշխարհ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր՝

**Վլադիմիր Ռուբենի Բոյնագրյան**

**Պաշտոնական ընդդիմախոսներ.**

աշխարհ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր՝

աշխարհ. գիտ. թեկնածու՝

**Թրահել Գերասիմի Վարդանյան**

**Լևոն Մովսեսի Մարտիրոսյան**

**Առաջատար կազմակերպություն.**

**«Ճարտարապետության և շինարարության  
Հայաստանի ազգային համալսարան»  
հիմնադրամ**

Պաշտպանությունը կայանալու է **2018թ. ապրիլի 6-ին՝ ժամը 14<sup>30</sup>-ին**, ԵՊՀ-ում գործող «Երկրագիտության» 005 մասնագիտական խորհրդի նիստում, Երևան 0025, Ալեք Մանուկյան 1 հասցեով:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՊՀ գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է **2018թ. մարտի 6-ին**

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,

երկաթ.-հանք գիտ. թեկնածու, դոցենտ

Մարատ Արիսի Գրիգորյան

Тема диссертации утверждена в Ереванский государственный университете.

**Научный руководитель:**

доктор геогр. наук, профессор

**Владимир Рубенович Бойнагрян**

**Официальные оппоненты:**

доктор геогр. наук, профессор

кандидат геогр. наук, доцент

**Траел Герасимович Варданян**

**Левон Мовсесович Мартиросян**

**Ведущая организация:**

**фонд «Национального университета  
архитектуры и строительства Армении»**

Защита состоится **6-ого апреля 2018 г. в 14<sup>30</sup>** на заседании Специализированного совета 005 «Науки о Земле» при Ереванском государственном университете по адресу: ул. Алека Манукяна 1, 0025 Ереван.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕГУ.

Автореферат разослан **6-ого марта 2018г.**

Ученый секретарь Специализированного совета,

кандидат геол.-мин. наук

Марат Арисович Григорян

## ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

**Աշխատանքի արդիականությունը:** Ռեյիեֆը հանդիսանում է Երկրի մակերևույթի վրա տարաբնույթ բնական պրոցեսների զարգացումն ապահովող կարևորագույն գործոններից մեկը: Այն մեծ հաշվով վերաբաշխում է Երկրի մակերևույթին հասնող արևային ռադիացիան, որոշում է մակերևույթային հոսքի ձևավորման առանձնահատկությունները և լանջային պրոցեսների ամբողջ սպեկտրը՝ դրանով պայմանավորելով լանդշաֆտային դիֆերենցիացիան՝ անգամ լոկալ տարածքներում:

Գեոհամակարգերի ֆունկցիոնալության մեջ ռեյիեֆի ունեցած դերի վերլուծությունը պահանջում է դրա քանակական բնութագրումը: Այս տեսանկյունից ամենից արդյունավետ մեթոդներից է հանդիսանում ռեյիեֆի գեոմորֆոմետրիական (երկրաձևաչափական) վերլուծությունը: Հենց այս մեթոդն է լայնորեն օգտագործվում գեոմորֆոլոգիայում և նախատեսված է հետազոտվող օբյեկտների էության փոփոխությունը՝ օբյեկտի ձևի միջոցով քանակական հաստատման համար: Սակայն գեոմորֆոմետրիական վերլուծության շրջանակները չեն սահմանափակվում միայն գեոմորֆոլոգիայով. դրա կիրառումը ավելի լայն է: Մասնավորապես, այն կիրառվում է տարաբնույթ գեոէկոլոգիական խնդիրները լուծելիս:

Ռեյիեֆն ամենից լավ ձևով կարող է բնութագրվել գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշներով՝ որոնք հաշվարկվում են համապատասխան ելակետային քարտեզագրական նյութի վրա: Սակայն, ռեյիեֆի քանակական ցուցանիշների հաշվարկումը և համապատասխան թեմատիկ քարտեզների կազմումը մեծ տարածքների համար ավանդական «ձեռքային» եղանակով զուգակցվում է մեծ աշխատատարությամբ:

Ներկայումս քարտեզագրական թեմատիկ շերտերի, տվյալների շտեմարանների ստեղծումը, տարբեր հիերարխիկ մակարդակների և տարածական ընդգրկման տեղեկատվական համակարգերի ներդրումն անհնար է պատկերացնել առանց ժամանակակից տեղեկատվական տեխնոլոգիաների օգտագործման: Դրանց կիրառումը հնարավորություն է ընձեռել գեոմորֆոմետրիական խնդիրների լուծումը բերել որակական նոր մակարդակի: Գեոտեղեկատվական տեխնոլոգիաների ինտենսիվ զարգացումը թույլատրում է զգալիորեն պարզեցնել ռեյիեֆի մասին քանակական մեծածավալ ինֆորմացիայի ստացումը:

Ռեգիոնալ առումով աշխատանքի արդիականությունը որոշվում է նրանով, որ Հայաստանի Հանրապետության տարածքի համար բավականին երկար ժամանակ իրականացված չէր ռեյիեֆի քանակական բնութագրիչների համապարփակ վերլուծություն՝ տարածքների շրջանացման համատեքստում, իսկ Աշխարհագրական Տեղեկատվական Համակարգերի (ԱՏՀ) կիրառմամբ իրականացված վերլուծությունը գրեթե բացակայում է: Մինչդեռ նման հետազոտությունների արդյունքները կիրառական նշանակություն ունեն տարածքների արդյունավետ կառավարման գործընթացում:

**Աշխատանքի նպատակն ու խնդիրները:** Աշխատանքի նպատակն է գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշների հիման վրա համակարգչային մոդելավորման կիրառմամբ՝ ՀՀ տարածքում ռեյիեֆի ձևերի տարանջատում՝ ռեյիեֆի շրջանացման համատեքստում, և գեոմորֆոմետրիական քարտեզների միջոցով ՀՀ ռեյիեֆի շրջանաձև կառուցվածքների հայտնաբերում և քարտեզագրում:

Աշխատանքի ընթացքում փորձ է կատարվել լուծել հետևյալ խնդիրները՝

- համեմատական գնահատման միջոցով հիմնավորել սկզբնաղբյուր հանդիսացող Ռելիեֆի Թվային Մոդելների (ՌԹՄ) ընտրությունը,
- գեոտեղեկատվական մեթոդների կիրառմամբ իրականացնել ՀՀ ռելիեֆի գեոմորֆոմետրիական համալիր վերլուծություն,
- նախօրոք ընտրված և հիմնավորված գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշների բազմաչափ համադրման հիման վրա իրականացնել ՀՀ տարածքի ռելիեֆի ձևերի շրջանացում՝ k-միջինների առանց սուպերվիզորի ուսուցման ալգորիթմի կիրառմամբ,
- մշակել և կիրառել ռելիեֆի ձևերի դասակարգման նոր սխեմա,
- գեոմորֆոմետրիական մոտեցման միջոցով հայտնաբերել և քարտեզագրել ՀՀ մակերևույթի շրջանաձև կառուցվածքներ:

**Օգտագործված ելակետային տվյալները:** Աշխատանքում հետազոտություններ իրականացնելու համար որպես սկզբնաղբյուր օգտագործվել է ԱՄՆ Ազգային տիեզերական ծառայության կողմից ստեղծված SRTM (Shuttle radar topographic mission) 90 մ լուծաչափով ՌԹՄ-ն: Բացի այդ SRTM ՌԹՄ-ի ճշտությունը գնահատելու նպատակով օգտագործվել է նաև ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ-ի Երկրատեղեկատվության լաբորատորիայի աշխատակիցների կողմից ստեղծված 1:200000 մասշտաբի տեղագրական քարտեզի թվայնացման ճանապարհով ստացված ՌԹՄ-ն:

**Հետազոտության մեթոդները:** Աշխատանքում կիրառվել են քարտեզագրական, համեմատա-աշխարհագրական, աշխարհատեղեկատվական, աշխարհավիճակագրական, տարածական վերլուծության և կլաստերային վերլուծություն հետազոտության մեթոդները:

**Ծրագրային միջոցները:** Հաշվարկները, քարտեզագրական, տարածական, կլաստերային վերլուծությունները իրականացնելու համար կիրառվել են ArcGIS 10.2, QGIS 2.12 “Lyon”, SAGA 2.12, Withbox GAT 2.2 “Iguazu” ծրագրային փաթեթները և ET Surface, TAPES-GIS, DEM Surface Tools ծրագրային հավելվածները:

**Աշխատանքի հետազոտության օբյեկտն ու առարկան:** Հետազոտության օբյեկտն է հանդիսանում ՀՀ ռելիեֆը, հետազոտության առարկան՝ դրա առանձին ձևաչափական տարրերը և դրանց տարածական փոփոխության օրինաչափությունները:

**Գիտական նորույթը:**

- ՀՀ տարածքում իրականացվել է ռելիեֆի գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշների համապարփակ տարածական վերլուծություն:
- Գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշների հիման վրա k-միջինների առանց սուպերվիզորի ուսուցման ալգորիթմի կիրառմամբ իրականացվել է ռելիեֆի ձևերի բազմաչափ տիպոլոգիական դասակարգում և շրջանացում:
- Դասակարգման հիմքում ընկած գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշների ներկայացված համադրումը գեոմորֆոմետրիական հետազոտություններում կիրառվել է առաջին անգամ:
  - Կիրառվել է ռելիեֆի ձևերի դասակարգման նոր սխեմա, որը ՀՀ համար ադապտացվել է մի քանի հեղինակների տարբեր սխեմաների համադրման արդյունքում:
  - Գեոմորֆոմետրիական մոտեցման կիրառմամբ ՀՀ տարածքում հայտնաբերվել և քարտեզագրվել են շուրջ 50 շրջանաձև կառուցվածքներ: Փորձ է կատարվել նկարագրել դրանք երկրաբանական և գեոմորֆոլոգիական կառուցվածքի տեսանկյունից:

**Աշխատանքի գործնական նշանակությունը:** Տվյալ աշխատանքի արդյունքները կարող են օգտագործվել աշխարհագրական տարաբնույթ բնագավառներում: Ռելիեֆի ձևերի դասակարգման արդյունքները կարող են օգտագործվել հողի պոտենցիալ էրոզիան և կորուստները հաշվարկելիս, բնական աղետների վտանգների և ռիսկերի գնահատման ընթացքում (մասնավորապես ջրհեղեղների ընթացքում ջրածածկվող տարածքները որոշելիս, էկզոգեն պրոցեսների նկատմամբ լանջերի կայունությունը հաշվարկելիս և այլն) տարածքների էներգետիկ պոտենցիալը գնահատելու ընթացքում լանջերի վրա արևային ռադիացիայի ինտենսիվությունը հաշվարկելիս, ինչպես նաև տարածքների լանդշաֆտային շրջանացման ու պլանավորման ընթացքում:

Ներկայացված գեոմորֆոմետրիական մոտեցումը հնարավոր է կիրառել կառուցվածքային երկրաբանության այնպիսի հիմնարար խնդիրներ լուծելիս, ինչպիսին են գծային և շրջանաձև կառուցվածքների հայտնաբերելը և քարտեզագրելը:

Մշակված մեթոդաբանությունը կարելի է օգտագործել բոլոր տեսակի և մասշտաբի ՌԹՄ-ների կիրառմամբ:

### **Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները:**

Պաշտպանության են ներկայացվում հետևյալ դրույթները՝

- Ցույց է տրված, որ ՀՀ տարածքում փոխադարձ կապ է նկատվում ռելիեֆի ծագումնա-տարիքային բնութագրի և դրա գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշների տարածական տեղաբաշխման միջև:

- Ապացուցված է, որ բազմաչափ տվյալների հավաքածուների դասակարգման մոդելի (k-միջինների ալգորիթմ) կիրառմամբ գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշների համադրումը թույլատրում է իրականացնել ռելիեֆի տիպոլոգիական դասակարգում և շրջանացում:

- Ապացուցված է, որ մակերևույթների կողմնադրությունը՝ չնայած այն փաստին, որ հանդիսանում է բարձրությունների զանգվածի առաջին կարգի ածանցյալներից մեկը, մեր դեպքում չի կարող մասնակցել ռելիեֆի ձևերի դասակարգմանը, քանի որ դասակարգման արդյունքում այն առաջացնում է ռելիեֆի հավելյալ, կեղծ զոնավորում:

- Ցույց է տրված, որ գեոմորֆոմետրիական մոտեցումը արդյունավետ միջոց է հանդիսանում մակերևույթի շրջանաձև կառուցվածքների հայտնաբերման և քարտեզագրման համար:

### **Աշխատանքի փորձահավանությունը և հրատարակումները:**

Աշխատանքի մեջ ներառված ուսումնասիրությունների և հետազոտությունների մասին զեկուցվել է՝

- Ռուսաստանի Դաշնության Մոսկվա քաղաքում կայացած «Геоморфологические процессы и их прикладные аспекты» 6-րդ միջազգային կոնֆերանսում (2010 թ.),

- Սլովակիայի Տաորանսկա Լոմնիցա քաղաքում կայացած «Carpatho-Balkan-Dinaric Conference on Geomorphology held on the occasion of the 50th anniversary of foundation of the Carpatho-Balkan Geomorphological Commission» միջազգային կոնֆերանսում (2013 թ.),

- Սանկտ Պետերբուրգում կայացած «III Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского» միջազգային կոնֆերանսի շրջանակներում (2013 թ.),

- ԵՊՀ Աշխարհագրության և երկրաբանության ֆակուլտետում և Չեխիայի Հանրապետության Բոնո քաղաքի Մասարիկի Համալսարանի Աշխարհագրության

դեպարտամենտում կայացած սեմինարներում:

Ատենախոսության առանձին դրոյթներ և արդյունքներ ներդրման են ընդունվել ՀՀ Ազգային Վիճակագրական ծառայության և «Գեոմիներալ» ՍՊԸ կողմից:

### **Տպագրված աշխատանքները**

Ատենախոսության թեմայով տպագրվել է 5 գիտական հոդված, 2 թեզիս:

### **Աշխատանքի ծավալը:**

Ատենախոսությունը տպագրված է 132 էջերի վրա, բաղկացած է ներածությունից, 4 գլխից, եզրակացություններից, 58 նկարներից, 10 աղյուսակներից, 165 անուն գրականության ցանկից:

### **Երախտագիտություն:**

Ատենախոսության հեղինակն իր խորին շնորհակալությունն է հայտնում իր գիտական ղեկավար՝ աշխարհագրական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Վլադիմիր Բոյնագրյանին, Քարտեզագրության համաշխարհային ասոցիացիայի նախկին նախագահ, Չեխիայի Հանրապետության Մասարիկի Համալսարանի Աշխարհագրության դեպարտամենտի Գեոինֆորմատիկայի լաբորատորիայի տնօրեն, աշխարհագրական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Միլան Կոնեչնիին, ինչպես նաև ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ Երկրատեղեկատվության լաբորատորիայի վարիչ, երկրաբանահանքաբանական գիտ. թեկնածու Արշավիր Ավագյանին, ԵՊՀ Քարտեզագրության և գեոմորֆոլոգիայի ամբիոնի դասախոս Սամվել Նահապետյանին՝ աշխատանքի տարբեր փուլերի ընթացքում ցուցաբերած գիտական խորհրդատվության, իրականացված հետազոտությունների աջակցման և օգնության համար:

Մեր առանձնակի երախտագիտությունն ենք ցանկանում նաև հայտնել ԵՊՀ Քարտեզագրության և գեոմորֆոլոգիայի ամբիոնի վարիչ՝ աշխարհագրական գիտությունների թեկնածու, դոցենտ Պետրոս Դավթյանին, Աշխարհագրության և երկրաբանության ֆակուլտետի ղեկան՝ երկրաբանական գիտությունների թեկնածու, դոցենտ Մարատ Գրիգորյանին և ղեկանի տեղակալ՝ տեխնիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր Վահրամ Վարդանյանին:

## **Ատենախոսության համառոտ բովանդակությունը**

**Ներածություն:** Յուրաքանչյուր գիտություն իր զարգացման տարբեր փուլերում ունենում է մեկ կամ մի քանի հիմնարար, համընդհանուր նպատակներ՝ ա) օբյեկտների կամ երևույթների նկարագրություն, բ) օբյեկտների կամ երևույթների առանձնահատկությունների և հատկանշների բացահայտում, գ) զարգացումների կանխատեսում, դ) կառավարում, ե) նոր օբյեկտի կամ երևույթի ստեղծում՝ համաձայն նախօրոք տրված հատկանիշների կամ առանձնահատկությունների:

Գեոմորֆոմետրիան ներկայումս իր առջև կարող է դնել վերոհիշյալ նպատակներից առաջին երեքը: Նպատակներին համաձայն էլ ձևավորվում են խնդիրների խմբերը՝ ռելիեֆի նկարագրման խնդիրների խումբ, ռելիեֆի առանձնահատկությունների և հատկանիշների բացատրման խնդիրների խումբ, ռելիեֆի զարգացումների կանխատեսման խնդիրների խումբ:

Տվյալ աշխատանքում իրականացվել է տարածքի գեոմորֆոմետրիական վերլուծություն՝ ռելիեֆի առանձնահատկությունների բնութագրման նպատակով: Բացի այդ, փորձել ենք ցույց տալ ստացված տվյալների պրակտիկ կիրառման

հնարավորությունը՝ ռելիեֆի գեոմորֆոլոգիական շրջանացման խնդիրներ լուծելու ճանապարհով, մասնավորապես, ռելիեֆի ձևերի առանձնացում՝ գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշների հիման վրա:

**Առաջին գլխում, Ռելիեֆի գեոմորֆոմետրիական վերլուծության էությունը,**

համառոտ կերպով ներկայացված է գեոմորֆոմետրիական վերլուծության էությունը, նպատակները և խնդիրները, գեոմորֆոմետրիական վերլուծության փուլերը, ինչպես նաև թվային միջավայրում ռելիեֆի ներկայացման մեթոդները:

Ռելիեֆի՝ թվային միջավայրում մոդելավորման արդյունքում ստացված բարձրությունների զանգվածների վերլուծությունը վաղուց դարձել է Երկրի մասին գիտություններում (գեոմորֆոլոգիա, երկրաֆիզիկա, տեկտոնիկա, հիդրոլոգիա և այլն), էկոլոգիայում, հողային կադաստրում, տարածա-ինժեներական նախագծերում իրականացվող հետազոտությունների բաղկացուցիչ մաս:

Նշվածից երևում է, որ վերհիշյալ ուղղություններով որոշակի հետազոտություններ իրականացնելիս առաջին հերթին որևէ կերպ պետք է ստանալ պահպանել և վերլուծել ռելիեֆի վերաբերյալ ինֆորմացիան: Նմանատիպ խնդիրներ լուծելուն են միտված Աշխարհագրական տեղեկատվական համակարգերը (ՄՏՀ):

Ռելիեֆը ՄՏՀ համատեքստում ներկայացվում են թվային տվյալների 2 տիպի մոդելների ձևով՝ ռաստրային մոդելների միջոցով (ռելիեֆի թվային մոդել (Digital Terrain Model – DTM)), վեկտորային մոդելների միջոցով (հորիզոնականների միջոցով կամ անկանոն եռանկյունավորման ցանցերի (Triangulated Irregular Network - TIN)):

Եթե վեկտորային մոդելները թույլատրում են ցուցադրել հիմնականում դիսկրետ, հստակ սահմանազատում ունեցող օբյեկտներ, ապա ռաստրային մոդելների միջոցով հնարավոր է ներկայացնել շարունակական՝ տարածական միավորի ամբողջ տարածքում անընդհատ երևույթներ, օրինակ, բացարձակ բարձրությունների կամ օդի ջերմաստիճանի տարածական տեղաբաշխումը: Ուստի գեոմորֆոմետրիական հետազոտություններում միանշանակորեն կիրառվում են ռելիեֆի ներկայացման ռաստրային մոդելներ՝ հատկապես՝ Ռելիեֆի թվային մոդելներ:

Ներկայումս կան ՌԹՄ-ների ստեղծման երկու սկզբունքորեն տարբեր եղանակներ:

Առաջին եղանակը դիստանցիոն զոնդավորման, ֆոտոգրամմետրիայի, ռադարգրամմետրիայի և լազերային սքանավորման (LIDAR) մեթոդներն են: Այս ոլորտում գոյություն ունեն բազմաթիվ մշակված տեխնոլոգիաներ և մոտեցումներ: Վերջին տասնամյակի ընթացքում Երկրի մակերևույթի դիստանցիոն զոնդավորման և չափագրման մեթոդների զարգացումը ընթանում է շատ արագ և դրանց արդյունքների հիման վրա ստեղծվող բարձրությունների թվային զանգվածները համարվում են առաջնային ելակետային տվյալներ Երկրի մասին գիտություններում անցկացվող հետազոտություններում: Մեր աշխատանքի մեջ ևս մենք օգտվել ենք նման մեթոդներով ստեղծված՝ ազատ օգտագործման ռելիեֆի թվային մոդելից: Երկրորդ եղանակը՝ թվայնացված տոպոգրաֆիական քարտեզների ինտերպոլյացիայի միջոցով ՌԹՄ-ների կառուցումն է: Նման մոտեցումը ևս նոր չէ, և նույնպես ունի իր դրական և բացասական կողմերը: Մասնավորապես, ի տարբերություն առաջինի, այս եղանակը բավական աշխատատար է:

**Երկրորդ գլխում, Գեոմորֆոմետրիական հեթազոտությունների ընթացքում կիրառված ՌԹՄ-ի և գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշների հավաքածուի ընտրության հիմնավորում,** բերված են աշխատանքում կիրառված ՌԹՄ-ի և ՀՀ

նելիեֆի դասակարգման համար որպես դասակարգիչներ օգտագործված գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշների ընտրության հիմնավորումները:

«Վ տարածքի նելիեֆի համալիր գեոմորֆոմետրիական վերլուծության համար անհրաժեշտ է նելիեֆի թվային մոդել, որն ամբողջական, բավարար ճշգրտության ինֆորմացիա կպարունակի նելիեֆի մորֆոլոգիայի վերաբերյալ: Այսօրվա դրությամբ ամենից տարածված ազատ օգտագործման գլոբալ մոդելներն են դարասկզբին ստեղծված SRTM 90 մ լուծաչափով ՌԹՄ-ն և, համեմատաբար ավելի նոր, 30 մ լուծաչափով ASTER GDEM-ը: Չնայած ավելի փոքր լուծաչափին SRTM-ի մոդելի դեպքում որակը անփոփոխ է բոլոր տարածքների համար, իսկ ահա ASTER GDEM-ի դեպքում այն ըստ տարածքի փոփոխական է: Այս տարբերությունը մասամբ պայմանանորված է տվյալ համակարգերում օգտագործվող ալիքների երկարությունից: ASTER սենսորը հանոյթն իրականացնում է մոտ ինֆրակարմիր հաճախականության տիրույթում, որը ենթակա է ամպերի ազդեցությամբ պայմանավորված աղավաղումներին, իսկ ահա SRTM-ն աշխատում է միկրոալիքային հաճախականության տիրույթում և գերծ է ամպերի որևէ ազդեցությունից: Իհարկե, SRTM ՌԹՄ-ի փոքր լուծաչափը նվազեցնում է նելիեֆի փոքր տարրերի ուսումնասիրման հնարավորությունները, սակայն պետք է շեշտել, որ նելիեֆի մեծ տարրերը ներկայացված են պատշաճ կերպով, ինչը մեր կարծիքով լիովին բավարար է «Վ ամբողջ տարածքի գեոմորֆոմետրիական վերլուծության համար:

Ելնելով շարադրվածից՝ մեր աշխատանքի շրջանակներում իրականացված բոլոր ուսումնասիրությունների համար՝ որպես ելակետային հիմնարար ինֆորմացիայի աղբյուր ընտրվել է SRTM նելիեֆի թվային մոդելը:

Shuttle radar topographic mission (SRTM)-ը Երկրի մակերևույթի ռադարային հանոյթ է, որն իրականացվել է 2000թ. Փետրվարին՝ 11 օրերի ընթացքում՝ ամերիկյան «Endeavour» տիեզերական մաքրքի վրա տեղակայված SIR-C և X-SAR (Spaceborne Imaging Radar-C/X-band Synthetic Aperture Radar) ռադիոլուկացիոն սենսորների միջոցով: Հանոյթն իրականացված է Երկրի գրեթե ամբողջ տարածքով՝ հյուսիսային լայնության 60° և հարավային լայնության 56° միջակայքում: Արդյունքում ստացվել է Երկրի մակերևույթի 85%-ի նելիեֆի թվային մոդելը:

Մեր կողմից «Վ նելիեֆի քանակական բնութագրման համար՝ բացի բացարձակ բարձրություններից, առաջարկվում է նաև հաշվարկել այնպիսի ցուցանիշներ, ինչպիսիք են մակերևույթի թեքությունները, կողմնադրությունները, պրոֆիլային և պլանային կորությունները և հոսքի հետագծի երկարությունը: Ի. Էվանսի, Ա. Լաստոչկինի, Յու. Սիմոնովի կարծիքով նելիեֆի գեոմորֆոմետրիական վերլուծության ընթացքում պարտադիր են բացարձակ բարձրությունների, մակերևույթի թեքությունների և կողմնադրությունների քարտեզները: Սակայն մի շարք գեոմորֆոլոգիական և գեոէկոլոգիական խնդիրներ լուծելիս անհրաժեշտ է նաև նելիեֆի պլանային կորության հաշվարկը, որի քարտեզը ցույց է տալիս նյութի մակերևույթային հոսքի կոնցենտրացիայի կամ ցրման ուղղությունը, ինչպես նաև նելիեֆի պրոֆիլային կորության, որի քարտեզն էլ ցույց է տալիս հոսքի հարաբերական արագացման և դանդաղեցման տարածքները: Անվիճելի է նաև հոսքի հետագծի երկարության քարտեզի արդյունավետությունը, քանի որ տվյալ ցուցանիշը լանջային էրոզիայի հաշվարկի բազմաթիվ էմպիրիկ հավասարումների բաղկացուցիչ մաս է կազմում: Այսպիսով՝ տվյալ աշխատանքում վերլուծությունների համար որպես հիմնական ցուցանիշներ կիրառվել են բացարձակ բարձրությունը, մակերևույթի



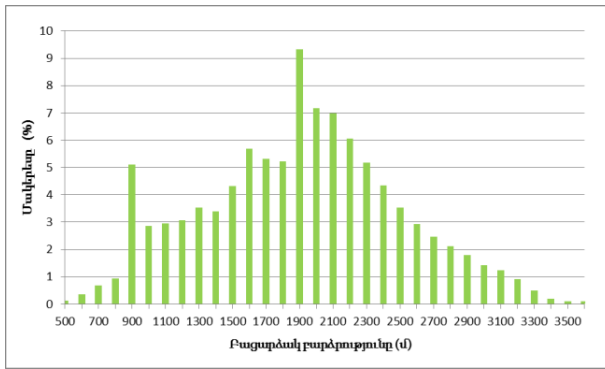
թեքություններն ու կողմնադրությունները, պլանային և պրոֆիլային կորությունները, հոսքի հետագծի երկարությունը:

**Երրորդ գլխում, «Նեյլեֆի գեոմորֆոմետրիական վերլուծություն»,** համառոտ կերպով ներկայացված է «-ում գեոմորֆոմետրիական վերլուծությունների պատմությունը, մանրակրկիտ կերպով հաշվարկվել են « տարածքի գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշները և դրանցից յուրաքանչյուրի համար ստեղծվել են քարտեզների հավաքածուներ:

Գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշների տարածական փոփոխականության վերլուծությունն իրականացվել է համաձայն Լ. Չոհրաբյանի կողմից առաջարկված «Չ գեոմորֆոլոգիական շրջանացման: Մեր կողմից խնդիր էր դրված գեոմորֆոլոգիական զոնաների նեյլեֆի առանձնահատկությունների տարածական վերլուծություն՝ հիմնված նեյլեֆի քանակական բնութագրիչների վրա: Այլ կերպ ասած, դիտարկել նեյլեֆի քանակական բնութագրիչների փոփոխականությունն ու վարքը՝ ոչ համասեռ տարածության մեջ: Յուրաքանչյուր գեոմորֆոլոգիական զոնայի համար՝ ՌԹՄ-ի հիման վրա որոշված են մակերևույթի թեքությունների, կողմնադրությունների, պլանային և պրոֆիլային կորությունների այս կամ այն հաճախականության տարածական տեղաբաշխումը, քանզի հենց այս գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշներով են մեծ չափով պայմանավորված նեյլեֆի էրոզիոն պրոցեսները և նյութի տեղափոխման դինամիկան: Բացարձակ բարձրությունների առանձնահատկությունները մեր կողմից դիտարկվել են « ամբողջ տարածքի համար, քանի որ այն հանդիսանում բազային քանակական տվյալ, որի վիճակագրությունը, գեոմորֆոլոգիայում և նրա կիրառական հավելվածներում օգտագործվում է որպես նեյլեֆի ամենից ընդհանուր բնութագրիչներ: Ելենելով այն հանգամանքից, որ հոսքի հետագծի երկարության տարածական տեղաբաշխման առանձնահատկությունները ցայտուն կերպով տարբերակված են տարբեր ծագմանաբանություն ունեցող գեոմորֆոլոգիական զոնաների միջև, դրանց տարածական տեղաբաշխումը ևս դիտարկվում է « ամբողջ տարածքի համար:

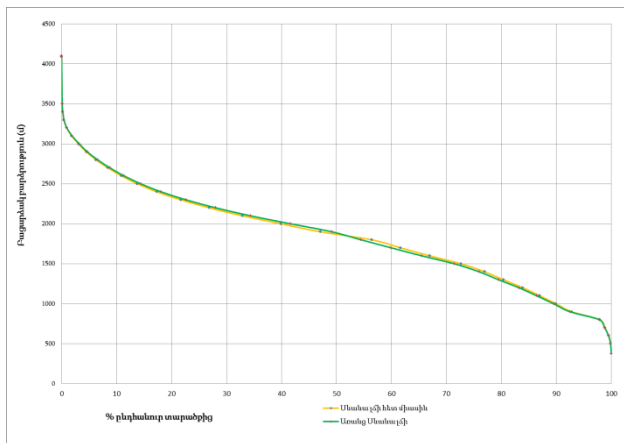
Հաշվի առնելով, որ բարձրունքային բնութագրիչներին տրվում է զգալի գեոմորֆոլոգիական իմաստ, մեր կողմից ՌԹՄ-ի հիման վրա հաշվարկվել են « բացարձակ բարձրությունների հիմնական վիճակագրական տվյալները: « տարածքի տեղաբաշխումը ըստ բարձրության գոտիների հաշվարկված է համաձայն բացարձակ բարձրությունների խմբավորված արժեքների և ներկայացված է ստորև բերված՝ հիստոգրամի (Նկ. 1) և կումուլյատիվ հիպսոմետրիկ կորի տեսքով (Նկ. 2):

Հիստոգրամն իրենից ներկայացնում է բացարձակ բարձրությունների արժեքների հաճախականության տեղաբաշխման գրաֆիկ՝ ըստ տրված միջակայքի: « տարածքի բացարձակ բարձրությունների տեղաբաշխման հիստոգրամին հատուկ է բացասական ասիմետրիա, որն արտահատված է նրանով, որ հիստոգրամի աջ մասը ավելի հարթ և կտրուկ է, իսկ ձախ մասը՝ խորդուբորդ, սակայն մեղմ: Բացարձակ բարձրությունների տեղաբաշխման առանձնահատկությունների գեոմորֆոլոգիական մեկնաբանումը՝ այլ տարածքների հետ անալոգիայի կիրառմամբ, թույլ է տալիս ենթադրել նմանատիպ բացասական ասիմետրիայի պատճառների մասին: Յու. Սիմոնովը նման տեղաբաշխումն բացատրում է նեյլեֆի բացասական ձևերով (ծորակային ցանց) մասնատված, բացարձակ բարձրության տեսակետից բարձր տեղակայում ունեցող հարթեցված մակերևույթների առկայությամբ, որոնցում հանդիպում են նաև ոչ բարձր մնացորդային ձևեր:



**Նկ. 1 ՀՀ բարձրունքային գոտիների հաճախականության հիստոգրամ (Սևանա լճի մակերեսը ներառյալ)**

Հիստոգրամի աջ և ձախ մասերը կտրուկ տարբերվում են նաև տեղաբաշխման այլ առանձնահատկությունով: Նվազագույն բացարձակ նիշերից մինչ տարածքի առումով գերակշիռ բարձրունքային գոտին ընկած (1800-1900 մ) հատվածում բարձրունքային գոտիների տարածքները մեծանում են ոչ հետևողականորեն՝ կտրուկ թռիչքներով: Հատկապես աչքի է ընկնում 800-900 մ բարձրունքային գոտին՝ որի միջակայքին է համապատասխանում Արարատյան դաշտի բացարձակ բարձրությունը և 1400-1600 մ բարձրունքային գոտին, որի սահմաններում են տեղաբաշխված համեմատաբար խոշոր Լոռու (1400-1700 մ, 200 կմ<sup>2</sup>) և Շիրակի (1550-1600 մ, 60 կմ<sup>2</sup>) դաշտերը: Պարզ է, որ գոտիների մակերեսների հետևողական աճման այլ խախտումները ևս բացատրվում է իրական գեոմորֆոլոգիական միավորների առկայությամբ:



**Նկ. 2 ՀՀ տարածքի հիպսոմետրի կորը**

Հակառակ պատկերն է նկատվում բարձր բացարձակ նիշերից դեպի տարածքով գերակշռող բարձրունքային գոտի ընկած հատվածում: Այստեղ բարձրունքային գոտիների մակերեսները հետևողականորեն մեծանում են: Հնարավոր է դա բացատրվում է նրանով, որ ՀՀ տարածքում բացակայում են 2250-2300 մ գոտիներից բարձր, համեմատաբար խոշոր, հարթ տարածքները: Ամենաբարձր միջլեռնային

գոգավորությունները (Ակնադաշտի և Արգիճի) տեղակայված են 2200-2250 մ բացարձակ բարձրություններում:

Հենվելով հիստոգրամների տվյալների վրա՝ կարելի է ասել որ Հայաստանի Հանրապետության տարածքը իրենից ներկայացնում է միջին բարձրության լեռնային երկիր, որտեղ գերիշխում են 1500-2300 մ բացարձակ բարձրությունները:

Հիպսոմետրիկ կորը կառուցված է կոմուլյատիվ գրաֆիկի սկզբունքով և իրենից ներկայացնում է ըստ միջակայքերի բարձրությունների տեղաբաշխում՝ հետևողականորեն ավելացող հաճախականություններով:

Ապացուցված է, որ հիպսոմետրիկ կորի ձևը մեծ հաշվով կախված է ջրահավաք ավազանի գեոմորֆոլոգիական զարգացման փուլից և այն բնութագրում է տվյալ տարածքի ռելիեֆի առանձնահատկությունները: Մասնավորապես, հաստատված է, որ հստակ կապ է առկա ռելիեֆի մորֆոլոգիական առանձնահատկությունների, հիստոգրամի և հիպսոմետրիկ կորի ձևի միջև: Երբ ռելիեֆում գերակշռում են մեծ բարձրությունները, ապա հիստոգրամն ունենում է ծախսակողմյան ասիմետրիա, իսկ հիպսոմետրիկ կորը ունենում է ուռուցիկ ձև: Ռելիեֆում միջին և ցածր բարձրությունների գերակշռման դեպքում գրաֆիկները համապատասխանորեն ունենում են աջակողմյան ասիմետրիա և զոգավոր ձև: ՀՀ տարածքի բարձրությունների հիստոգրամն ունի թեթևակի ծախսակողմյան ասիմետրիա և ըստ ձևի՝ «չեզոք» հիպսոմետրիկ կոր, ինչը, սակայն չի հակասում այն փաստին, որ ՀՀ տարածքում գերակշռող բարձրությունները գտնվում են 1500-3000 մ հատվածում:

Հիստոգրամի և հիպսոմետրիկ կորի վերուծությունը ցույց է տալիս, որ ՀՀ տարածքի 10,49% գտնվում է մինչև 1000 մ բարձրություններում, գրեթե կեսը (47.84%)՝ 1000-2000 մ բարձրություններում: 2500 մ բարձր տարածքները զբաղեցնում են ընդհանուրի միայն 14.41 %: Հանրապետության տարածքը բաժանվում է հետևալ օրոգրաֆիական բարձրունքային զոնաների. 68.23 % զբաղեցնում են միջին բարձրության լեռներ (1500-3000 մ), քառորդից ավելին (28,56 %)՝ ցածր լեռներ և միջլեռնային հատվածներ: Տարածքի ոչ մեծ մասնաբաժինն են կազմում սահմանային բարձրությունները. միայն 3.21 % բարձր լեռներ, որոնք հանդիսանում են ՀՀ տարածքի ամենաբարձր գագաթները և 0.12 %՝ մինչև 500 մ բարձրության վրա գտնվող ցածր տարածքներ: ՀՀ տարածքի միջին բացարձակ բարձրությունը կազմում է 1853.32 մ:

Բարձրությունների զանգվածից ածանցվող նախօրոք ընտրված մյուս ցուցանիշների համար ևս իրականացվել են մանրակրկիտ հաշվարկներ և ստեղծվել են քարտեզների հավաքածուներ դրանցից յուրաքանչյուրի համար: Դրանց տարածական տեղաբաշխման վերլուծության արդյունքում առաջ են գալիս հստակ օրինաչափություններ: Մասնավորապես, ծագումնաբանական հատկանիշների հիման վրա շրջանացված ՀՀ ռելիեֆի խոշորագույն միավորներն ունեն նաև գեոմորֆոմետրիական բնութագրիչների հստակ տարբերություն: Խիստ մասնատված էրոզիոն-դենուդացիոն ծայրա-բեկորավոր զոնաներից դեպի թույլ մասնատված հրաբխային բարձրավանդակ անցում կատարելիս տեղի է ունենում մակերևույթի թեքությունների, պլանային և պրոֆիլային կորությունների արժեքների օրինաչափ փոքրացում և հոսքի հետագծի արժեքի ավելացում:

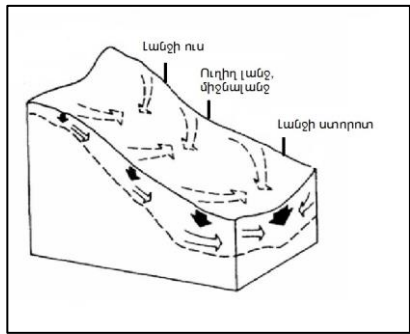
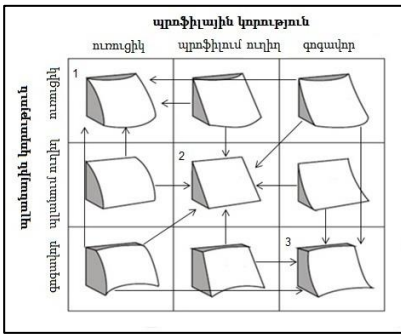
**Չորրորդ գլխում, Գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշների հիման վրա ՀՀ ռելիեֆի շրջանացում և շրջանաձև կառուցվածքների բացահայտում**, ժամանակակից մեքենայական ուսուցման մեթոդների կիրառմամբ իրականացվել է ՀՀ ռելիեֆի դասակարգում՝ հիմնված ելակետային բազմաչափ տվյալների հավաքածույի վրա,

ինչպես նաև փորձ է կատարված ցույց տալ գեոմորֆոմետրիական մեթոդի արդյունավետությունը՝ ռեյիեֆի շրջանաձև կառուցվածքների հայտնաբերման և քարտեզագրման ժամանակ:

« Ռեյիեֆի բազմաչափ կիսավտոմատ մեթոդով դասակարգման համար մեր աշխատանքում կիրառել ենք k-միջինների ալգորիթմը (k-means): Մեր կողմից նախօրոք ընտրված գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշները (բացարձակ բարձրություն, լանջի թեքություն, կողմնադրություն, պլանային և պրոֆիլային կորություններ, հոսքի հետագծի երկարություն) դիտարկվել են որպես մեկ դիսպազոնով նկարներ, և k-միջինների առանց սուպերվիզորի ուսուցման ալգորիթմի կիրառմամբ այդ ցուցանիշների հիման վրա կատարվել է ռեյիեֆի ձևերի դասակարգում:

k-միջինների առանց սուպերվիզորի ուսուցման ալգորիթմը իտերատիվորեն կրկնվող պրոցես է: Ալգորիթմի էությունը կայանում է նրանում, որ վերլուծության արդյունքում բազմասպեկտրալ միջավայրում այն փնտրում, գտնում և առանձնացնում է օգտագործողի կողմից տրված k քանակի, վիճակագրորեն նմանատիպ կլաստերներ: Ալգորիթմը սկսվում է սպեկտրալ միջավայրում պատահականության սկզբունքով k քանակի խմբերի լոկալիզացիայից: Հաջորդ քայլում մուտքագրված պատկերների խմբերում յուրաքանչյուր պիքսելն ամրագրվում է կլաստերի մոտակա կենտրոնին: Յուրաքանչյուր կլաստերի կենտրոն (հաշվի առնելով ներմուծվող օբյեկտի ատրիբուտային արժեքները) հաշվարկվում է որպես օբյեկտի ատրիբուտային արժեքի կշռային միջինը: Նման կերպով դասակարգումը շարունակվում է այնքան, մինչև որ չի հասնում պրոցեսի կանգ առման կայուն պայմանին, որի համաձայն բոլոր միանման օբյեկտները խմբավորվում են մեկ կլաստերում: Պրոցեսի կանգ առման պայմանը կարող է լինել կամ իտերացիաների առավելագույն քանակը, կամ թույլատրելի շեմային արժեքը (tolerance treshhold), որը դիտարկում է մինչ իտերացիայի կանգ առը կլաստերի կենտրոնի տեղաշարժման հնարավոր նվազագույն հեռավորությունը: Մեր պարագայում որոշիչ պարամետրերն էին՝ 7, 25 և 2% համապատասխանաբար՝ դասերի կանխատեսված քանակի, իտերացիաների քանակի և պիքսելների փոփոխման թույլատրելի շեմային արժեքի համար:

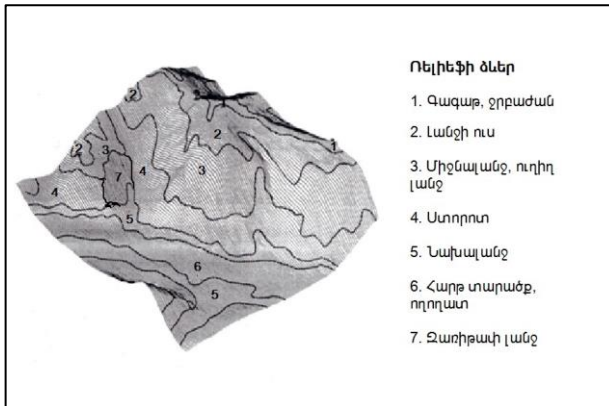
Թվային գեոմորֆոլոգիայում ներկա պահին գոյություն ունեն ռեյիեֆի ձևերի տարանջատման և դասակարգման բազմաթիվ մոտեցումներ և մեթոդներ: Մեր դեպքում կիրառվել է Dikau 1989թ. և Dragut and Blaschke 2006թ. համակարգերի համադրումը: Պետք է շեշտել, որ լանջերի կողմնադրությունը չի ընդգրկվել ելակետային ինֆորմացիայի աղբյուրների մեջ՝ չնայած այն բանին որ հանդիսանում է բարձրությունների զանգվածի առաջնային ածանցյալներից մեկը: Չօգտագործման պատճառն այն է, որ դասակարգման ընթացում այն առաջացնում է հավելյալ զոնավորում: Օրինակ, երբ կողմնադրությունը փոփոխվում է հարավից դեպի արևմուտք, կամ հյուսիսից դեպի արևելք: Նման զոնավորումը դասակարգման արդյունքները դարձնում է չափազանց խճճված: Հատկապես այդ տարբերակումները նկատվում են ռեյիեֆի հյուսիսահայաց լանջերին, որտեղ պիքսելների արժեքների տարբերությունը բավականին մեծ է (օրինակ հարևան պիքսելների արժեքները կարող են լինել է 1° և 360°): Սակայն, պետք է նշել, որ լանջերի կողմնադրության ինֆորմացիան հեշտությամբ կարելի է կիրառել գեոէկոլոգիական և գեոմորֆոլոգիական խնդիրներ լուծելիս՝ մասնավորապես հողերի պոտենցիալ էրոզիայի, լանջերի կայունության գնահատման, գծային կամ շրջանաձև մորֆոկառուցվածքների նույնականացման ընթացքում:



ա

բ

**Նկ. 3 Ռելիեֆի հիմնարար դասերի Dikau-ի սխեման՝ հիմնված պլանային և պրոֆիլային կորությունների վրա: ա) 9 տոպոլոգո-մորֆոլոգիական դասերը՝ հիմնված մակերևույթի ուռուցիկ, գոգավոր և հարթ ձևերի կոմբինացիայի վրա: Սլաքները ցույց են տալիս դասակարգման հնարավոր տարբերակները: բ) 1. Լանջի ուռուցիկ ձևեր՝ լանջի ուսեր, 2. լանջի հարթ ձևեր՝ ուղիղ լանջեր, միջնալանջեր, 3. լանջի գոգավոր ձևեր՝ ստորոտներ**



**Նկ. 4 Ռելիեֆի ձևերի 7 դասերի տեսական դասավորվածությունը լանջի մակերևույթին**

Dikau-ն առանձնացնում է 9 տոպոլոգո-մորֆոլոգիական դասեր՝ հիմնված մակերևույթի ուռուցիկ, գոգավոր և հարթ ձևերի կոմբինացիայի վրա (Նկ. 3ա): Պետք է նշել, որ այս բոլոր ձևերը տեսականորեն հնարավոր են բնության մեջ: Սակայն տարբերակներից 3-ը շատ ավելի հաճախ են հանդիպում, քան մյուս հնարավոր համակցությունները: Այսպիսով, հիմնական դասերն են՝ 1) լանջի ուռուցիկ ձևեր՝ մերձջրբաժանային լանջեր, լանջի ուսեր (Shoulders), 2) լանջի հարթ ձևեր՝ ուղիղ լանջեր, միջնալանջեր (Planar slopes), 3) լանջի գոգավոր ձևեր՝ ստորոտներ (Footslopes) (Նկ. 3բ): Հաշվի առնելով ելակետային ՌԹՄ-ի լուծաչափը (90մ) և ուսումնասիրվող տարածքի մեծությունը, նպատակահարմար ենք գտնում մեր դասակարգման մեջ ընդգրկել երեք առավել հնարավոր համակցությունները՝ մնացած վեց դասերը ընդունելով այնպես, որ դրանք հավանականության տարբեր աստիճաններով կարող են ընդգրկվել մեկ կամ ավելի հիմնական դասերի կազմում (Նկ. 3ա – ում այդ հավանականությունները ներկայացված են սլաքների միջոցով):

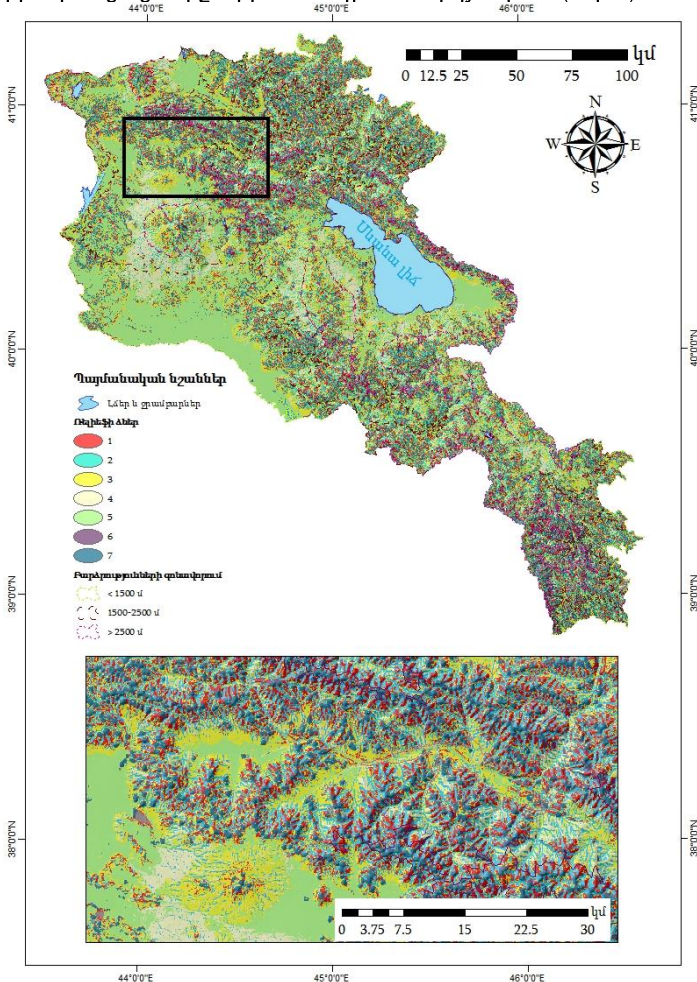
Ռելիեֆի ձևերի դասակարգման համար կիրառված գեոմորֆոմետրական ցուցանիշները (ՉՍ – Չի սահմանված)

Ռելիեֆի ձևեր				Գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշ				
№	Անվանում	Անվանումը անգլերենով	Նկարագրություն	Պլանային կորություն (1/ճ)	Պրոֆիլային կորություն (1/ճ)	Թեքություն (°)	Բացարձակ բարձրություն (Մ)	Հոսքի հետագծի երկարություն (Մ)
1	Գագաթներ, ջրբաժաններ	Peaks, Ridges	Որոշակի թեքություն (հակոմ) ունեցող էլեմենտներ, որոնք հստակորեն տարանջատվում են լանջից կրակով, որ տեղակայված է դրանից բարձր	ՉՍ	ՉՍ	ՉՍ	Բարձր քան հարևան էլեմենտները	<500
2	Չափազանց լանջեր	Steep slopes	Լանջի՝ մեծ մակերևութային թեքությամբ, խիստ զառիթափ հատվածներ	ՉՍ	ՉՍ	>35°	ՉՍ	ՉՍ
3	Լանջի ուսեր	Shoulders	Ջրբաժանի և միջնալանջերի միջև ընկած ուռուցիկ էլեմենտներ	+	+	ՉՍ	ՉՍ	ՉՍ
4	Ուղիղ լանջեր, միջնալանջեր	Planar slopes, Backslopes	Լանջի թեք, որպես կանոն թե՛ պրոֆիլում, թե՛ պլանում ուղիղ գծային տեսք ունեցող հատված	± 0	± 0	ՉՍ	ՉՍ	ՉՍ
5	Ստորոտներ	Footslopes	Լանջի ստորին հատվածի գոգավոր էլեմենտներ, որոնք հաջորդում են միջնալանջին, և կարող են հանդիսանալ և էրոզիոնալ, և նստվածքային մակերևույթներ	-	-	ՉՍ	ՉՍ	ՉՍ
6	Նախալանջեր	Toeslopes	Տարածք, որն սկսվում է լանջի ստորոտից և ունի դեպի ավելի ցածր կիշեր ուղղվածություն: Որպես կանոն ծածկված է նստվածքային շերտով	ՉՍ	ՉՍ	<2°	Ցածր քան հարևան էլեմենտները	ՉՍ
7	Հարթ տարածքներ, ողողատներ, տերաաներ	Flat areas, Valleys, Floodplains	Ռելիեֆի հարթ ձևեր, որոնք կարող են հանդիպել լանջի վերին, թե՛ ստորին հատվածներում	ՉՍ	ՉՍ	<2°	ՉՍ	ՉՍ

Սակայն հասկանալի է, որ միայն կորությունների արժեքներ վրա հիմնված ռելիեֆի դասակարգումը թերի կլիներ: Dragut and Blaschke -ի մոտեցմամբ առաջարկվում է Dikau -ի ինը դասին ավելացնել նաև չորս՝ կորության արժեքից անկախ դասեր, որոնք դուրս են բերվում լանջի թեքության արժեքից և հավելյալ՝ հարաբերական բարձրության արժեքից: Սակայն մենք մեր մոտեցման դեպքում որպես հավելյալ արժեք կիրառել ենք հոսքի հետագծի երկարության արժեքը, որը իր էության մոտ է հարաբերական բարձրությանը, սակայն առավել հեշտ է այն ածանցել ելակետային բարձրությունների զանգվածից: Այս չորս դասերն են 1) «գագաթներ» և «ջրբաժաններ» (Peaks, Ridges), որոնք բնութագրվում են որպես շրջապատից բարձր օբյեկտներ 2) «նախալանջեր» (Toeslopes)՝ արտաբերման կոներ, այլուվիալ հարթություններ, որոնք բնութագրվում են որպես շրջապատող ձևերից ցածր տեղակայված օբյեկտներ: Այն ձևերը, որոնք մակերևույթի թեքությունները փոքր են 2°, սահմանվում են որպես 3) «հարթ տարածքներ» (Flat areas, Floodplains)՝ դարավանդներ, ողողատներ, և նրանք որոնք թեքությունը մեծ է 35°, 4) «զառիթափ լանջեր» (Steep slopes)՝ ուղղաձիգ լանջեր,

կանիոնների պատեր: Ի վերջո հանրագումարում ստացվում է ռելիեֆի ձևերի 7 դաս (Աղյուսակ 1):

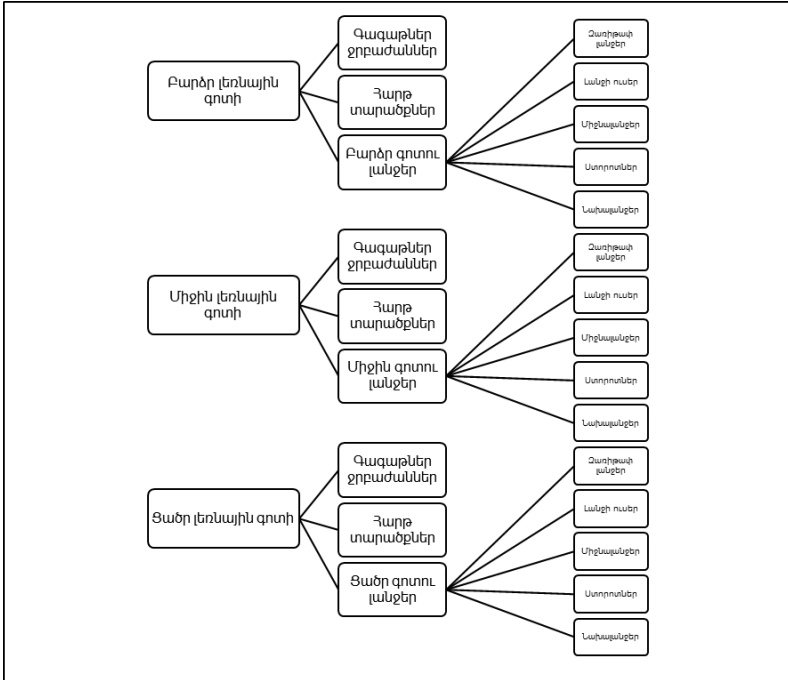
Ռելիեֆի ձևերի 7 դասերի տեսական դասավորվածությունը լանջի մակերևույթին սխեմատիկորեն ներկայացված է Նկ. 4-ում: Տվյալ 7 դասերը քարտեզագրվել են k-միջինների առանց սուպերվիզորի ուսուցման ալգորիթմի կիրառմամբ՝ ՀՀ տարածքի գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշների համադրման արդյունքում (Նկ. 5):



**Նկ. 5 ՀՀ ռելիեֆի դասակարգված ձևերը՝ 1) Լանջի ուտեր, 2) Սլորորոտներ, 3) Ուղիղ լանջեր, միջնալանջեր, 4) Նախալանջեր, 5) Հարթ տարածքներ, 6) Զառիթափ լանջեր, 7) Գագաթներ, ջրբաժաններ**

Աղյուսակ 1-ում ներկայացված 7 դասերը իրենց հերթին հիերարխիկորեն դասակարգված և խմբավորված են միանման խմբերի մեջ (Նկ. 6): Ընդհանուր առմամբ, ռելիեֆի ձևերի շրջանացումը իրականացված է եռաստիճան հիերարխիկ սխեմայի տեսքով: Առաջին աստիճանում դրանք դասակարգված են համաձայն

բացարձակ բարձրությունների զոնավորման՝ բարձրալեռնային գոտի, միջին լեռնային գոտի և ցածր լեռնային (նախալեռնային) գոտի:



**Նկ. 6 Ռելիեֆի ձևերի դասակարգման հիերարխիկ սխեմա**

Հիերարխիկ միջին աստիճանի դասակարգումն իրականացվել է համաձայն լանջի մեզոռելիեֆի էլեմենտների՝ յուրաքանչյուր բարձրության գոտու համար: Մեզոռելիեֆի էլեմենտներն են՝ գագաթ կամ ջրբաժան, հարթ տարածք կամ դարավանդներ, և բուն լանջ: Պետք է նշել, որ այս մակարդակում, օրինակ, գագաթներ առանձնացված են ոչ միայն բարձրալեռնային գոտում, այլ նաև միջին և ցածր լեռնային գոտիներում, որտեղ դրանք կարող են արտահայտված լինել տեղական բնույթի բարձրացումների գագաթներով: Նույն տրամաբանությունը գործում է նաև հարթ մակերևույթների համար:

Եվ հիերարխիայի երրորդ աստիճանում դասակարգված են միայն երկրորդ աստիճանի դասակարգման մեջ ընդգրկված լանջերը՝ համաձայն գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշների արժեքների հիման վրա իրականացված տարանջատման: Միավորները հինգն են՝ «գառիթափ լանջեր», «լանջի ուսեր» «միջնալանջեր», «ստորոտներ», «ստորոտներ» կամ «նախալանջեր»:

Աղյուսակ 2-ում ներկայացված է ռելիեֆի ձևերի տարածական բաշխման հաճախականությունը ըստ լեռնային զոնաների և ՀՀ ամբողջ տարածքի համար՝ տոկոսային արտահայտվածությամբ: Այն փաստը, որ ամբողջ տարածքում գերակշռող ձևերն են ստորոտները, միջնալանջերը, և լանջերի ուսերը՝ վկայում է ՀՀ ռելիեֆի էրոզիոն-մասնատված բնույթի մասին, որին բնորոշ են ռելիեֆի գոգավոր և ուռուցիկ ձևերի հաջորդականությունը: Զառիթափ լանջերը հիմնականում տարածվում են



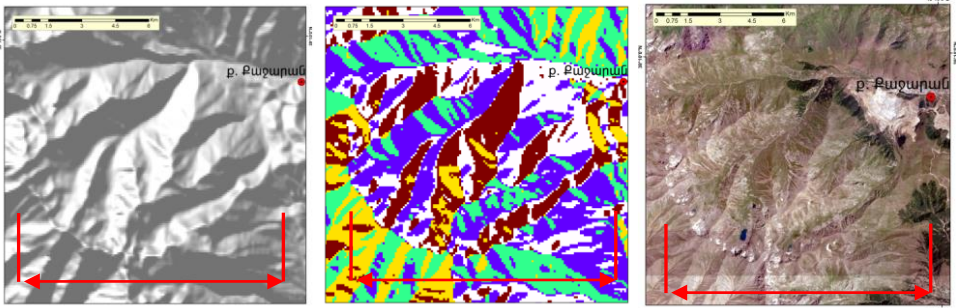
Հյուսիսային և Հարավային ծալքաբեկորավոր լեռների զոնաներում և ռելիեֆում հիմնականում ներկայացված են խոշոր կանիոնների և ձորերի լանջերի տեսքով:

**Աղյուսակ 2**

**Տարանջատված ռելիեֆի ձևերի մակերեսների բաշխումն ըստ բարձրություն տարբեր գոտիների**

Ռելիեֆի ձևեր	Բարձր գոտի	Միջին գոտի	Ցածր գոտի	Ընդհանուր
Լանջի ուսեր	3.11	9.75	4.01	16.86
Ստորոտներ	3.82	14.29	5.99	24.10
Միջնալանջեր	3.35	12.04	5.35	20.74
Նախալանջեր	1.66	7.41	2.22	11.29
Հարթ տարածքներ	0.25	6.99	8.08	15.32
Զառիթափ լանջեր	0.61	1.41	0.61	2.64
Գագաթներ	1.67	5.18	2.20	9.05
<b>Ընդհանուր</b>	<b>14.47</b>	<b>57.07</b>	<b>28.46</b>	<b>100.00</b>

«Վ տարածքում բացի Արարատյան դաշտից հարթ տարածքները նաև տարածվում են Միջին բարձրության լեռնային զոնայում, որտեղ դրանք իրենցից ներկայացնում են հիմնականում միջլեռնային գոգավորությունների հատակներ, հրաբխային սարավանդներ, գետահովիտների ողողատային հատվածներ, որոշ դեպքերում նաև առանձնակի խոշոր էրոզիոն դարավանդներ:



ա

բ

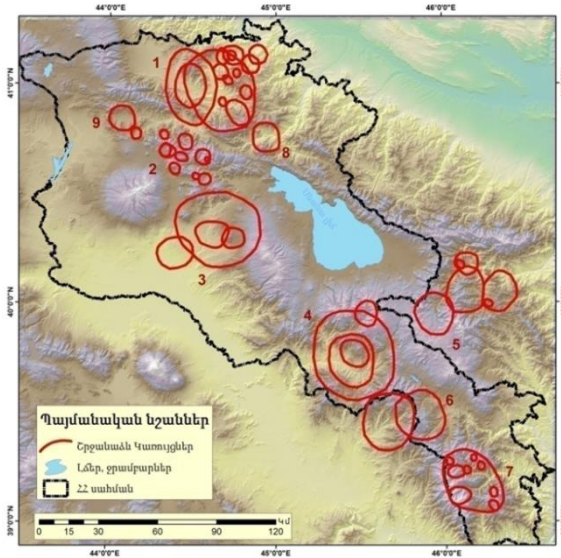
գ

**Նկ. 7 Չրջանաձև կառուցվածք Հարավային Հայաստանում ներկայացված՝ ա) ռելիեֆի ստվերային, բ) կողմնադրությունների քարտեզների և գ) Landsat 8 փիեզերական նկարի (աղբյուրը՝ ArcGIS basemaps) վրա**

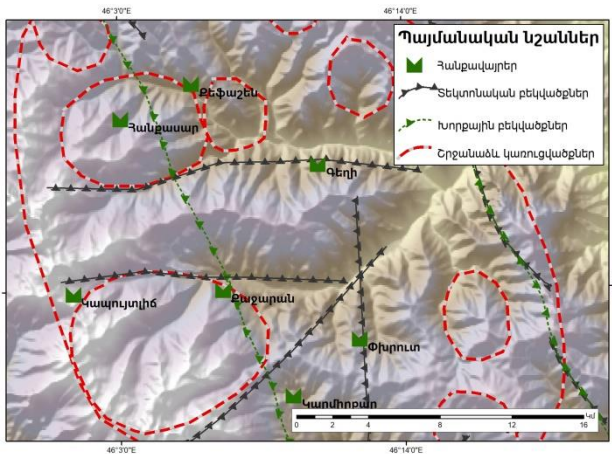
Չորրորդ գլխի երկրորդ մասում փորձ է կատարվել գեոմորֆոմետրիական մեթոդի կիրառմամբ հայտնաբերել և քարտեզագրել «Վ մակերևույթի շրջանաձև կառուցվածքները: Մեր կողմից շրջանաձև կառուցվածքների հայտնաբերման և քարտեզագրման համար կիրառվել են գեոմորֆոմետրիական քարտեզների շարք՝ ստվերային ռելիեֆի, լանջերի թեքության, կողմնադրության, հորիզոնական կորությունների: Ռելիեֆի շրջանաձև ձևերը ի հայտ են գալիս նշված բոլոր քարտեզների վրա, սակայն ամենից էֆեկտիվ դրանք նույնականացվում են կողմնադրությունների և ստվերային ռելիեֆի գունավոր քարտեզների վրա: Այս քարտեզների արդյունավետությունը կայանում է նրանում, որ քարտեզի վրա գույների ինտենսիվությունը ցույց է տալիս լանջի հորիզոնական կողմնորոշման

(կողմնադրության) աստիճանական փոփոխությունը, ինչի շնորհիվ քարտեզի վրա երևակվում են շրջանաձև կառուցվածքի սահմանները (Նկ. 7):

Այսպիսով ՀՀ տարածքում հստակորեն առանձնանում են մոտ 50 շրջանաձև կառուցվածքներ, որոնց շրջագիծը տատանվում է 3-45 կմ սահմաններում: Սրանք տեղաբաշխված են թե Հյուսիսային և Հարավային ծալքաբեկորավոր լեռների մարզերում, թե Հրաբխային բարձրավանդակում (Նկ. 8):



**Նկ. 8 ՀՀ ռելիեֆի եռաչափ քարտեզ (օրիգինալ մասշտաբը 1:200000): Շրջանաձև կառուցվածքների խմբեր՝ 1. Գուգարք-Վիրահայոց, 2. Փամբակ-Ճաղկունյաց, 3. Հրազդան-Գեղամա, 4. Վայքի, 5. Քաշաթաղի, 6. Հյուսիսային Զանգեզուրի, 7. Մեղրի-Բարգուշարի: Առանձին շրջանաձև կառուցվածքներ՝ 8. Միջին Աղսուխի, 9. Շիրակ-Փամբակի**



**Նկ. 9 Մեղրի-Բարգուշարի շրջանաձև կառուցվածքների խմբի տարածական կապը հանքավայրերի հետ**

ՀՀ-ում շրջանաձև կառուցվածքները տեղակայված են յոթ հիմնական խմբերով, հնչպես նաև կան երկու առանձին կառուցվածքներ: Դրանք մեր կողմից անվանվել են տեղանքի գեոմորֆոլոգիական միավորների անուններով՝ 1. Գուգարք-Վիրահայոց, 2. Փամբակ-Ծաղկունյաց, 3. Հրազդան-Գեղամա, 4. Վայքի, 5. Քաշաթաղի, 6. Հյուսիսային Զանգեզուրի, 7. Մեղրի-Բարգուշատի, 8. Միջին Աղստևի և 9. Շիրակ-Փամբակի:

Բազմաթիվ հեղինակներ ընդգծում են շրջանաձև կառուցվածքների և հանքավայրերի տարածական տեղաբաշխման միջև առկա կապը: Մասնավորապես, Կացը և իր համահեղինակները, նշել են, որ Երկրի վրայի հայտնի հանքավայրերի 70-75% կապված են շրջանաձև կառուցվածքների հետ: Փորձել ենք նաև ցույց տալ այդ կապը ՀՀ հանքավայրերի և շրջանաձև կառուցվածքների միջև (Նկ 9):

Ամփոփելով, կարող ենք նշել, որ շրջանաձև կառուցվածքները մարդկությանը հայտնի էին շատ վաղուց, սակայն դրանց ինտենսիվ հետազոտությունները իրականացվել են սկսած 1970-ական թվականներից, երբ հնարավոր եղավ Երկրի մասին գիտություններում կիրառել հեռահար զոնդավորման արդյունքում ստացված տվյալները: Ներկայումս գեոմորֆոմետրիական վերլուծության մեթոդի զարգացումը Երկրի մակերևույթի ձևերի նույնականացման հավելյալ հնարավորություն է տալիս: Կիրառելով այս մոտեցումը ՀՀ տարածքում քարտեզագրվել են շուրջ 50 շրջանաձև կառուցվածքներ: Հիմնվելով վերոնշյալ նկարագրումների ու փաստերի վրա՝ վստահությամբ կարելի է ասել, որ շրջանաձև կառուցվածքները հանդիսանում են ՀՀ տարածքի գեոմորֆոլոգիական ու երկրաբանական բնութագրի անբաժան ու կարևորագույն մասնիկները:

## **ԵՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ**

Իրականացնելով ՀՀ ռելիեֆի գեոմորֆոմետրիական համապարփակ վերլուծություն հանգել ենք հետևյալ եզրակացություններին.

1. Ծագումնաբանական հատկանիշների հիման վրա շրջանացված ՀՀ ռելիեֆի խոշորագույն միավորներն ունեն նաև գեոմորֆոմետրիական բնութագրիչների հստակ տարբերություն: Խիստ մասնատված էրոզիոն-դենուդացիոն ծալքաբեկորավոր զոնաներից դեպի թույլ մասնատված հրաբխային բարձրավանդակ անցում կատարելիս տեղի է ունենում մակերևույթի թեքությունների, պլանային և պրոֆիլային կորությունների արժեքների օրինաչափ փոքրացում և հոսքի հետագծի արժեքի ավելացում:

2. Գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշների համադրման արդյունքում՝ բազմաչափ տվյալների հավաքածուների դասակարգման մոդելի կիրառմամբ ռելիեֆի տիպոլոգիական շրջանացման մոտեցումը կարելի է կիրառել թե՛ հանրապետության ամբողջ տարածքի համար, թե՛ գեներալիզացիայի ռեգիոնալ մակարդակներում (առանձին վարչական կամ ֆիզիկաաշխարհագրական միավորի մակարդակում):

3. Չնայած այն փաստին, որ մակերևույթների կողմնադրությունը հանդիսանում է բարձրությունների զանգվածի առաջին կարգի ածանցյալներից մեկը, այն չի կիրառվել դասակարգման ընթացքում: Չկիրառման պատճառն այն է, որ դասակարգման ընթացքում այն առաջացնում է հավելյալ զոնավորում, պատճառ է հանդիսանում դասակարգման արդյունքների աղավաղման:

4. Շրջանացման հիմքում ընկած գեոմորֆոմետրիական ցուցանիշների ներկայացված համադրումը գեոմորֆոմետրիական հետազոտություններում կիրառվել է

առաջին անգամ: Շրջանացման արդյունքները ներկայացվել են, ռեյինֆի ձևերի (դասերի) եռաստիճան հիերարխիկ-տիպոլոգիական սխեմայի տեսքով:

5. Սովերային ռեյինֆի և մակերևույթի կողմնադրությունների քարտեզների կիրառմամբ ՀՀ տարածքում հայտնաբերվել և քարտեզագրվել են մակերևույթի շրջանաձև կառուցվածքներ: Դրանց հատկանիշները մեծ մասամբ համապատասխանում են առ այսօր հրատարակված աղբյուրներում շրջանաձև կառուցվածքների նկարագրություններին: Նշված փաստերը թույլ են տալիս ենթադրել, որ շրջանաձև կառուցվածքները հանդիսանում են ՀՀ ռեյինֆի կարևոր տարրեր:

6. Նկատվում է նաև շրջանաձև կառուցվածքների և հանքավայրերի տարածական կապ: Այդ կապն արտահայտվում է նրանով, որ շրջանաձև կառուցվածքների սահմաններում առկա են ընդհանուր ֆորմացիոն դասի (Cu-Mo, Cu-պիրիտ, Au-բազմամետաղային և այլն) արդյունաբերական հանքավայրեր:

### **Ատենախոսության թեմայով հրատարակվել են հեղինակի հետևյալ աշխատանքները**

1. Авакян А.А., Ерицян Г.Г., Пилоян А.С. Опыт исследования продольных профилей рек бассейна озера Севан как индикаторов новейших процессов рельефообразования // Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 255-летию Московского университета и 125-летию со дня рождения И.С.Шукина «Геоморфологические процессы и их прикладные аспекты», Москва, 18-21 мая 2010 г., с. 27-28

2. Авакян А.А., Ерицян Г.Г., Пилоян А.С. О высотных характеристиках рельефа территории Армении и методах их вычисления на основе цифровой модели рельефа масштаба 1:200000 // Известия НАН РА, Науки о Земле, 2010, 63, №3, с. 48-58.

3. Пилоян А. С. О некоторых геоморфометрических показателях бассейна р. Агстев в пределах РА // Ученые записки ЕГУ. Геология и география, 2012, №1, с. 32-39.

4. Пилоян А.С., Авакян А.А. Кольцевые структуры Армении // III Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского. Материалы конференции, Санкт-Петербург, ФГУП «ВСГЕИ», 11-15 февраля 2013 г., с. 84-88

5. Piloyan A., Avagyan, A. Circular Features of Armenia // Carpatho-Balkan-Dinaric Conference on Geomorphology held on the occasion of the 50th anniversary of foundation of the Carpatho-Balkan Geomorphological Commission, Stará Lesná, Tatranská Lomnica, Slovakia, June 24 – 28, 2013, p. 63

6. Piloyan A., Avagyan, A. The Circular Structures of the Republic of Armenia Based on a Digital Elevation Model // European Journal of Geography. Volume 7, Number 3: 2016, pp. 57-69

7. Piloyan A., Konečný M. Semi-automated classification of landform elements in Armenia based on SRTM DEM using k-means unsupervised classification. Quaestiones Geographicae 36(1): 2017, pp. 93-103.

### **Классификация форм рельефа и идентификация круговых структур в Республике Армения на основе геоморфометрических параметров с использованием методов ГИС**

В последние десятилетия Географические информационные системы (ГИС) позволили провести детальный анализ поверхности суши, тогда как новейшие разработки в дистанционном зондировании предложили все более детализированные цифровые модели рельефа (ЦМР) и мультиспектральные изображения. Анализ вклада

рельефа в функционирование геосистем требует его количественной характеристики. В этом аспекте, одним из самых эффективных методов является геоморфометрический анализ. Именно он широко используется в геоморфологии и предназначен для количественного подтверждения изменения сущности изучаемых объектов через их форму.

Для проведения геоморфометрического анализа нужна ЦМР, с достаточной точностью содержащая информацию о морфологии рельефа. В течение последних двух десятилетий доступность данных ЦМР постоянно растет. Наш анализ основан на наборе высотых данных - SRTM (Shuttle radar topographic mission) с пространственным разрешением 90 м.

Для классификации форм рельефа были использованы следующие пространственные слои предварительной информации, полученные из ЦМР: абсолютная высота, плановая и профильная кривизны, крутизна и длина линий потока в качестве дополнительного слоя. Следует отметить, что экспозиция не была использована в качестве предварительного источника информации, несмотря на то, что является важной производной высоты. Причина неиспользования заключается в том, что она создает дополнительную зональность, например, когда экспозиция склона меняется с юга на запад или с севера на восток. Эта зональность делает результаты слишком запутанными.

На следующем этапе алгоритм k-средних использовался для классификации форм рельефа на основе этих морфометрических параметров. В результате полуавтоматической классификации определены семь классов форм рельефа: 1) «плечи склонов», 2) «подножья склонов», 3) «средние склоны», 4) «предсклоны», 5) «плоские области», «долины», 6) «крутые склоны», 7) «пики», «водоразделы». Семь классов были иерархически структурированы и сгруппированы в аналогичные группы. В конечном итоге, районирование рельефа было выполнено в виде трехуровневой иерархической схемы.

Результаты показывают, что можно для горных районов классифицировать формы рельефа на основе геоморфометрических параметров с использованием относительно простого алгоритма. Преимущество алгоритма заключается в том, что для него требуется относительно ограниченный набор параметров, которые напрямую связаны с элементами рельефа. Наконец, автоматизированные и полуавтоматические методы классификации форм рельефа являются важными составляющими во время многих геоэкологических исследований, в моделировании почвенных ресурсов, оползневых опасностей, морской и прибрежной геоморфологии. Принимая во внимание очень сложные и горные характеристики топографии Армении, мы утверждаем, что эта методология может быть очень важным в исследованиях, предназначенных для оценки и управления рисками бедствий.

При морфометрическом анализе цифровой модели рельефа обнаружены также круговые формы рельефа. Часть из них имеет определенные признаки морфоструктур. Рассмотрены выраженность в рельефе, особенности геологического и тектонического строения, связь с оруденением и возможный генезис некоторых кольцевых структур. Для выявления и картирования КС нами использованы морфометрические карты – теневого рельефа, углов наклона и экспозиций склонов, а также горизонтальной кривизны рельефа. Круговые формы рельефа обнаруживаются на всех перечисленных разновидностях карт, однако визуально наиболее наглядно они выявляются на цветной карте экспозиции склонов. Такая карта удобна для решения рассматриваемой задачи потому, что цветом или интенсивностью окраски показывает постепенную горизонтальную смену ориентации склона, в целом слагающую круговую форму рельефа. Границы структуры определяются линией перегиба рельефа в вертикальной плоскости, которая физически совпадает с тальвегами рек или водоразделом.

На территории РА достаточно четко выделяются более 50 КС, диаметр которых варьирует от 3 до 45 км. Они располагаются как в пределах Северного и Южного складчатых областей, так и на Вулканическом нагорье.

## **Classification of Landform Elements and Identification of Circular Structures in the Republic of Armenia based on Geomorphometric Parameters using GIS Methods**

In the last decades, Geographic Information Systems (GIS) allowed the detailed analysis of land surface, whereas the development in Remote Sensing (RS) offered increasingly detailed Digital Elevation Models (DEMs) and multispectral imagery. Landform elements have been used as basic landform descriptors in many science disciplines, including soil mapping, vegetation mapping, and landscape ecology. Automated and semi-automated terrain analysis from the DEM has become widely used in geomorphological researches and landform classifications during recent years.

To perform terrain analysis a DEM containing information about relief morphology in sufficient accuracy is very useful. During the last two decades the availability of DEM data has been continuously growing. Our analysis is based on the SRTM (Shuttle radar topographic mission) elevation dataset with 90 m spatial resolution.

The following spatial layers of preliminary information derived from DEM were used for landform classification: altitude, plan curvature, profile curvature, slope and an additional layer flow path length. It is worth mentioning that aspect have not been included in basic information sources in spite of the fact that it is an important derivative of elevation. The reason for not using is that aspect produces additional zonation, for instance when the aspect of hillslopes changes from south to west or north to east. This zonation makes the outputs too confusing. Moreover, north-facing slopes are artificially split due to the great difference between pixel values (e.g. 1 and 360°).

Then, k-means algorithm has been used for classifying landform elements based on these morphometric parameters. The classification has seven landform classes: 1) “shoulders”, 2) “footslopes”, 3) “planar slopes”, 4) “toeslopes”, 5) “flat areas”, “valleys”, 6) “steep slopes”, 7) “peaks”, “ridges”. The seven classes were structured in a hierarchy and grouped into similar groups. Overall, landform classification is performed in the form of a three-level hierarchical scheme.

The results show that it is possible to derive landforms for mountain regions based on geomorphometric parameters using a relatively simple algorithm. The advantage of the algorithm is that it requires a relatively limited set of parameters, which are directly related to landform features. Finally, automated and semi-automated landform classification methodologies are important parts for many ecological applications, soil resource modelling, landslide hazards, sea-floor and coastal geomorphology. Taking into account the very complicated and mountainous characteristics of the topography of Armenia we argue that this methodology can be important in applications dedicated to disaster risk assessment and management.

Through the geomorphometric analysis of a DEM of the RA, circular forms of the relief have been discovered as well. The largest and the most distinctive ones have forms which have specific features of geomorphological structures and are described herein. Exposure in relief, features of geological and tectonic structure, spatial proximity of ore deposits and possible origin of several circular structures are discussed. For identifying and mapping the circular features (CF) maps of morphometric parameters are used - shaded relief, slope, aspect and horizontal curvature of the relief. Circular forms of relief are found on all species of the maps, but usually they are well identified on the color map of aspect. Such maps are useful for solving this problem, because the color or intensity of the color indicates the gradual change of the horizontal orientation of the slope, the whole term on the circular form of relief.

In the territory of RA more than 50 CF-s are quite clearly seen, the diameter of which varies from 3 to 45 km. They are located both in the Northern and Southern fault-block mountain regions, and on the Volcanic plateau.