

**ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ  
ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ**

**ԲԱՐԽՈՐԴԱՐԻ ՋԱԼԱԼ ՆՈՐՈՒՋԱԼԻ**

**ԻՐԱՆԻ ՅԱԶԴԻ ՏԱՐԱԾԱՇՐՋԱՆԻ ՍԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ՀՈՍՔԻ  
ՀԱՇՎԱՐԿԸ ԵՎ ՍՏՈՐԳԵՏՆՅԱ ԱՄԲԱՐՏԱԿՆԵՐԻ ՎԱՅՐԻ  
ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ (RS,GIS ԵՎ DSS ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՄԻՋՈՑՈՎ)**

Ի.Գ. 03. 01 «Ֆիզիկական աշխարհագրություն» մասնագիտությամբ աշխարհագրական  
գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

**Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր**

ԵՐԵՎԱՆ 2014

---

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РА  
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**БАРХОРДАРИ ДЖАЛАЛ НОРУЗАЛОВИЧ**

**РАСЧЕТ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА РЕГИОНА ЯЗД ИРАНА И  
ВЫБОР МЕСТ ПОДЗЕМНЫХ ДАМБ (ПОСРЕДСТВОМ СИСТЕМ  
RS,GIS И DSS)**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук  
по специальности 24.03.01 – «Физическая география»

ЕРЕВАН – 2014

**Ատենախոսության թեման հաստատվել է Երևանի պետական համալսարանում**

**Գիտական ղեկավար՝** աշխարհագրական գիտ. դոկտոր  
**Թրախել Գերասիմի Վարդանյան**

**Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝** աշխարհագրական գիտ. դոկտոր  
**Հովիկ Յախշիբեկի Սայադյան**  
աշխարհագրական գիտ. թեկնածու  
**Բենիամին Գարսևանի Չաքարյան**

**Առաջատար կազմակերպություն՝ ԱԻՆ Հայպետհիդրոմետ**

Պաշտպանությունը կայանալու է **2014թ-ի ապրիլի 4-ին ժամը 14<sup>30</sup>-ին**  
Երևանի պետական համալսարանում գործող  
Երկրագիտության 005 մասնագիտական խորհրդում:  
Հասցե՝ 0025, Երևան, Ալեք Մանուկյան, 1:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՊՀ գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2014թ.-ի. մարտի 4-ին:

**Մասնագիտական խորհրդի գիտ. քարտուղար**  
**երկրաբանա-հանքաբան. գիտ. թեկնածու, դոցենտ**



**Մ. Ա. Գրիգորյան**

---

**Тема диссертации утверждена в Ереванском государственном университете**

**Научный руководитель:** доктор географических наук  
**Траел Герасимович Варданян**

**Официальные оппоненты:** доктор географических наук  
**Овик Яхшибекович Саядян**  
кандидат географических наук  
**Бениамин Гарсеванович Закарян**

**Ведущая организация:** **Армгидромет МЧС**

Защита состоится **4 апреля 2014 г в 14<sup>30</sup> часов** на заседании Специализированного совета 005 “Науки о Земле” при Ереванском государственном университете.  
Адрес: 0025, г. Ереван, ул. А. Манукяна, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕГУ.  
Автореферат разослан 4 марта 2014г.

**Ученый секретарь Специализированного совета**  
**кандидат геолого-минералогических наук, доцент**



**М. А. Григорян**

# Աշխատանքի ընդհանուր բնութագիրը

## Թեմայի արդիականությունը

Կլիմայի գլոբալ փոփոխության և երկիր մոլորակի գերբնակեցվածության պատճառով օրեց օր աճում է քաղցրահամ ջրի պահանջարկն երկրագնդի վրա: Այս խնդիրը խիստ արդիական է հատկապես չորային շրջանների երկրների համար: Իրանը, այդ առումով, բացառություն չի կազմում, որովհետև ուսումնասիրվող Յազդ-Արդականի շրջանում են գտնվում երկրի հիմնական անապատները:

## Հետազոտության նպատակը և խնդիրները

Հետազոտության նպատակն է՝ Յազդ գավառի Յազդ-Արդականի ավազանի բնական ջրերի տարածաժամանակային բաշխման պոտենցիալի որոշումը, ինչպես նաև ավելցուկային ջրերի ստորգետնյա ամբարտակներում կուտակման և պահպանման պայմանների բարելավումը:

Հետազոտության խնդիրներն են.

- Կենտրոնական Իրանի կարևորագույն ավազաններից մեկի՝ Յազդ-Արդականի բնական պոտենցիալ հասանելի ջրային ռեսուրսների գնահատումը:
- Հետազոտության շրջանակներում ջրային ռեսուրսների կառավարման ավանդական մեթոդների վերլուծությունը և գլխավոր մեթոդի որոշումը:
- Ջրային հաշվեկշիռի մոդելի կատարելագործումը RS և GIS մեթոդներով:
- Ջրային ռեսուրսների պահպանման և կառավարման նպատակով, չոր շրջաններում ստորգետնյա ամբարտակների կառուցման համար առավել հարմար տարածքների հետազոտումը և ընտրումը::
- Գետերի դասակարգումն ըստ հոսքի պոտենցիալ զոնաների և ավազային նստվածքների:
- Աշխարհագրական տեղեկատվական համակարգերի /GIS/ և հեռազն-նման զոնդավորման /RS/ կիրառումը գործող մեթոդների ճշգրտման, ստորգետնյա ամբարտակների կառուցման համար կատարվող ծախսերի և հետազոտման ժամանակի կրճատման նպատակով:

## Ելակետային տվյալները և հետազոտման մեթոդները

Աշխատանքում որպես ելակետային տվյալներ օգտագործվել են մեր կողմից կատարված դաշտային հետազոտությունների արդյունքները, ինչպես նաև տարբեր հաստատություններից վերցված տվյալներն ու նյութերը:

Դրանք են՝

- Հիդրոոդերևութաբանական մեկ սինօպտիկական կայան, 10 կլիմայական կայան, 8 անձրևաչափ և տարբեր ջրաբանական կայանների տվյալները:
- Հողերի, երկրաբանության և տոպոգրաֆիական քարտեզներ:
- 2009թ-ի հունիսի 15-ի տվյալներով ETM արված տիեզերական նկարներ:
- Դաշտային աշխատանքներ և դրանց լաբորատոր վերլուծություն՝ կատարվել է նստվածքների մոլշների հավաքագրում, ավազահատիկների չափերի որոշում ( $D_{50}$ ).

Տվյալների որակի վերահսկողությունը կատարվել է գրաֆիկական, ստատիկ և հողի նմուշառման մեթոդների կիրառման միջոցով:

Հետազոտության մեթոդաբանությունը բաղկացած է երեք հիմնական մասերից.

- TMWBM մեթոդով ջրի պոտենցիալ գնահատում
- Կոշտ նստվածքներով հոսքերի որոշում RS-ով
- GIS և DSS-ի միջոցով ստորգետնյա ամբարտակի կառուցման համար հարմար տարածքների ընտրություն:

### **Հետազոտության օբյեկտը և առարկան**

Հետազոտության օբյեկտը՝ Կենտրոնական Իրանի Յազդ-Արդաքան շրջանի ջրային օբյեկտներն են, ջրային ռեսուրսները և ջրային տնտեսությունը:

Ուսումնասիրության առարկան՝ մակերևութային և ստորերկրյա ջրերի տարածաժամանակային փոփոխությունն է և Յազդ-Արդաքան ավազանում ստորգետնյա ամբարտակի կառուցման համար համապատասխան տարածքի ընտրությունը:

### **Աշխատանքի գիտական նորույթը**

- Բացահայտվել է մթնոլորտային տեղումների, մակերևութային և ստորերկրյա ջրերի տարածաժամանակային փոփոխությունների որոշ օրինաչափություններ:
- Կատարելագործվել է արիդ շրջանում առկա ջրի պոտենցիալի հաշվարկի ջրային հաշվեկշիռի մոդելը՝ RS և GIS մեթոդներով:
- Ստորգետնյա ամբարտակը ներկայացված է, որպես հաջողված տեխնիկա, որն ուղղված է կենտրոնական Իրանի չորային շրջաններում ջրատարի կառուցման մեթոդի կատարելագործմանը և ջրակառավարման զարգացմանը:
- Առաջարկվել է գետահուններում ավազային նստվածքներով տարածքներ հայտնաբերելու մեթոդ՝ որպես հիմնական չափանիշ ստորգետնյա ամբարտակի կառուցման համար՝ օգտագործելով արբանյակային պատկերները և սահմանափակ դաշտային աշխատանքների նմուշները: Առաջարկվող մեթոդը կրճատում է ներդրվող ծախսերը և ժամանակը:
- Կատարվել է գետերի դասակարգում՝ ըստ հոսքի պոտենցիալ զոնաների և ավազային նստվածքների:

### **Աշխատանքի կիրառական նշանակությունը**

Մշակված մեթոդները, ստացված արդյունքները կարող են հանդիսանալ ուղեցույց գիտական նմանատիպ հետազոտությունների, ինչպես նաև ջրաօդերևութաբանական ուսումնամեթոդական ծրագրերի կազմման և դասընթացների կազմակերպման համար:

Ուսումնասիրության արդյունքները հնարավորություն են տալիս մշակել ջրային ռեսուրսների արդյունավետ օգտագործման ուղիներ, ինչպես նաև նախապես օպտիմալացնել ջրօգտագործողների և ջրսպառողների պահանջները ջրի նկատմամբ և վարել ջրաբաշխման ու ջրօգտագործման ճիշտ քաղաքականություն:

Ստացված արդյունքները կարող են կիրառվել ինչպես ջրամատակարարման, ջրօգտագործման և ոռոգման համակարգերի, ստորգետնյա ավազային ջրամբարների և այլ ջրատեխնիկական կառույցների տեղանքի ընտրության և

նախագծման համար, այնպես էլ օգտագործվել ջրային ռեսուրսները կառավարող մարմինների կողմից:

Յազդ-Արդաքանի ավազանի համար մշակված մեթոդները կարող են կիրառվել ոչ միայն Իրանի, այլև չորային տարածաշրջանների երկրների համար:

### **Պաշտպանվող հիմնական դրույթները**

- Կենտրոնական Իրանի չորային շրջանի ավազաններից մեկի՝ Յազդ-Արդականի, բնական հասանելի ջրային ռեսուրսների պոտենցիալի որոշումը և գնահատումը նորագույն մեթոդներով:
- Ջրային հաշվեկշռի մոդելի կատարելագործում, գումարային հոսքի բաշխման կանխատեսում՝ սահմանափակ տվյալների առկայության դեպքում:
- Գետերի, ըստ հոսքի պոտենցիալ զոնաների և ավազային նստվածքների, դասակարգումը՝ օգտագործելով RS և GIS համակարգերը:
- Ստորգետնյա ամբարտակների կառուցման համար համապատասխան տեղանքի ընտրության մեթոդի մշակումը RS, GIS և DSS-ի կիրառմամբ:

### **Աշխատանքի փորձահավանությունը**

Ատենախոսության արդյունքները զեկուցվել են հետևյալ միջազգային կոնֆերանսներում՝

- Improving the Classification of Land Use, Kuala Lumpur –Malaysia, 2010
- First international Scientific Research Conference of Iranian Students (Yerevan-Armenia), 2011
- Proceeding of international conference " CLIMATE CHANGES AND NATURAL HAZARDS IN MOUNTAIN AREAS", Dushanbe ,2011
- The First National Conference on Snow, Ice and Avalanche, Shahrekord, Iran. 2011

### **Ֆրատարակումները**

Ատենախոսական ուսումնասիրությունների արդյունքների հիման վրա հրատարակվել է 10 հոդված գիտական ամսագրերում և կոնֆերանսների նյութերում:

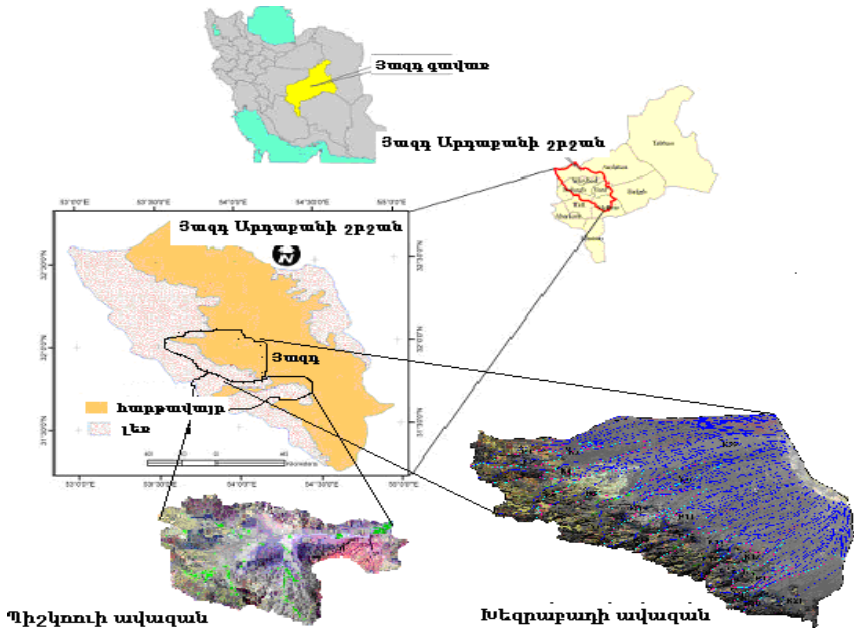
### **Ատենախոսության կառուցվածքը**

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, 5 զլուխներից, եզրակացությունից, գրականության ցանկից (պարսկերեն՝ 12 և անգլերեն՝ 95 աղբյուրներից) և հավելվածից: Ատենախոսության ծավալը կազմում է 140 էջ, որն ընդգրկում է 30 աղյուսակ, 24 քարտեզ և 27 նկար:

## Աշխատանքի համառոտ բովանդակությունը

**Ներածությունում** հիմնավորվում է թեմայի արդիականությունը, հետազոտության նպատակը և խնդիրները, ելակետային տվյալներն ու մեթոդները, գիտական նորույթը, կիրառական նշանակությունը, պաշտպանվող հիմնական դրույթները, ինչպես նաև հրատարակումներն ու ատենախոսության կառուցվածքը:

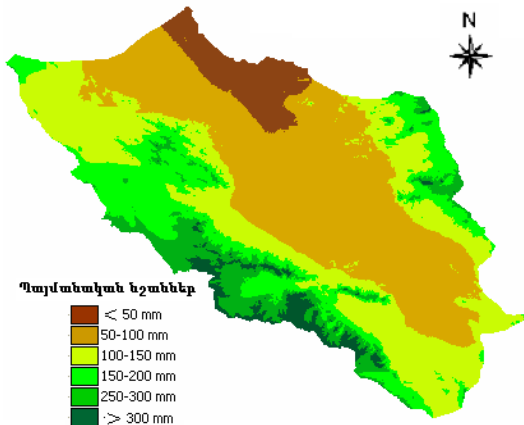
**Առաջին գլխում** վերլուծվում են Յազգի շրջանում գետի հոսքի ձևավորման բնական պայմանները: Յազգ-Արդաքանի շրջանը մեծ ավազան է Իրանի կենտրոնում գտնվող Յազգ գավառում: Տեղումների քանակը տատանվում է 50-400 մմ/տարի սահմաններում՝ 20-ից ավելի քիչ անձրևոտ օրերով: Տեղումների հիմնական մասը ստացվում է ընդամենը մի քանի ժամ տևացող 4-6 ամպրոպներից ու հորդառատ անձրևներից: Բոլոր գետերը սեզոնային են, քանի որ ունեն կարճատև վարարման հոսք խոնավ ամիսներին (Դեկտեմբեր- Ապրիլ) և չոր են լինում մյուս ամիսներին (Մայիս-Նոյեմբեր): Գետի հոսքի դիտարկումների շարքը շատ սահմանափակ է, բացառությամբ Պիշկուխի ավազանի: Յազգ-Արդաքան շրջանը զբաղեցնում է շուրջ 1595000 հա տարածություն, որը գտնվում է Յազգ գավառի հյուսիսային մասում՝ կազմելով գավառի 13 մլն. հա տարածքի 12.3%-ը: Այս տարածքը սփռված է Իրանի կենտրոնական սարահարթի 31°13'-ից մինչև 32°48' հս. լայնության և 52° 57'-ից մինչև 54° 59' արևել. երկայնության միջև (Նկ. 1): Յազգ-Արդաքան շրջանը ունի մի քանի կարևոր ենթաավազաններ, որոնք են Պիշկուխ և Խեզրաբադ ավազանները, որոնք ավելի կարևոր են ջրապահվության համար:



Նկ. 1. Յազգ-Արդաքան շրջանի տեղադիրքը

Ուսումնասիրվող տարածքում երկրաբանությունը ընդգրկում է 6 միավոր. հրաբխային՝ դաս 1, կրաքարային՝ դաս 2, ավազաքար և կարծր ձևավորումների՝ դաս 3, Նայբանդ՝ դաս 4, Նեոգեն՝ դաս 5, և Չորրորդական՝ դաս 6: Հրաբխային հատվածը (ուսումնասիրվող տարածքում դա Շիրքուու լեռն է) հարմար է գետաբերաններում կոշտ նյութերի առաջացման և կուտակման համար: Գետերը, որոնք սկիզբ են առնում լեռան գագաթից, միջին հոսանքում կենտրոնանում են հունի մեջ, ապա առաջացնում են կոշտ նստվածքներ: Նեոգենի ծագման նստվածքները չեն մասնակցում կոշտ նստվածքային նյութերի առաջացմանը և, այդ պատճառով, սրանց հետ կապված պահեստավորված ջրի որակը լինում է շատ ցածր: Հետևաբար, այս երկրաբանական առանձնահատկությունը նպաստավոր չէ ավազային ամբարտակների կառուցման համար: Նայբանդ գոյացությունները, ջրի որակի տեսակետից, հանդիսանում են որպես սակավ օգտակար անհարթ նստվածքային նյութերի առաջացման և պահեստավորած: Ոչ բոլոր գետահոսքերն են համարվում որպես ցածր պոտենցիալ ավազաին գետեր, որոնք կարող են մշվել երկրաբանական քարտեզի մեծ մասշտաբով: Հետևաբար, այս երկրաբանական առանձնահատկությունը անկասկած համապատասխան չէ ավազային ամբարտակների կառուցման համար, բայց որաշակի սահմանափակումներով: Չորրորդական ծագման տարածքները ունեն տարբեր որակ, կախված տեղադրությունից և սկզբնական նյութից:

*Կլիմայական պայմանները որպես հոսքի ձևավորման բնական գործոն:* Տարածաշրջանի կլիման չոր է և ցուրտ ըստ ուսումնասիրվող տարածքում Դոմարթանի ձևափոխված մեթոդի: Ուսումնասիրվող տարածքում տեղումների քանակի ռեժիմը Միջերկրական է և մջինը կազմում է 225մմ՝ 470-ից լեռան գագաթին մինչև 45մմ աղուտային անապատի շուրջ (Մկ. 2) և միջին գունարային գոլորժացումը կազմում է 1770 մմ:



Ն4.2. Յազդ-Արդաքան շրջանում տարեկան միջին տեղումների արժեքները (մմ)

Լանդշաֆտի դերը հոսքի ձևավորման մեջ: Ուսումնասիրվող տարածքը շրջապատված է լեռներով և հիմնական թեքությունը հյուսիս-արևմուտքից դեպի հարավ-արևելք է: Յազդ-Արդաքան շրջանում շատ տարածքներ հարթ են, որտեղ գտնվում են Յազդ և Արդաքան քաղաքները, բայց հարավ-արևմտյան և

արևմտյան շրջանները և մասամբ հյուսիսային և արևելյան շրջանները գառիթափ լանջերով լեռնային տարածքներ են

**Երկրորդ գլուխում** ներկայացված են հետազոտության տվյալները և մեթոդները: Չնայած այս ուսումնասիրման համար համապատասխան գրականության պակասին, աշխատանքի կատարման համար ուսումնասիրվել են 108 անուկ գրական աղբյուրներ, որոնք ընդգրկում են աշխատանքի ամբողջ բովանդակությունը:

Այս հետազոտության մեջ օգտագործված տվյալները հավաքագրված են տարբեր ինստիտուտներից և գործակալություններից. ջրաօդերևութաբանական տվյալներ (մեկ սինօպտիկական կայան, տաս կլիմայագիտական կայան և ութ ջրաչափական կայան), GIS համակարգեր, հողի, երկրաբանական և տեղագրական քարտեզներ, ինչպես նաև արբանյակային պատկերներ (15 հուլիսի 2009թ):

Դաշտային աշխատանքներ և լաբորատոր վերլուծություն: Ընտրված արբանյակային պատկերները փաստացի դաշտային մեթոդի հետ համեմատելու համար, հողային աշխատանքների ժամանակ, չոր գետերից հավաքվել է 60 մակերևութային նստվածքների նմուշներ և լաբորատորիայում որոշվել է ավազի հատիկի միջին չափը (D50): Ինչպես նաև GPS-ով որոշվել է յուրաքանչյուր նմուշի կոորդինատները: Տվյալների որակական հսկողությունը կատարվել է գրաֆիկական, վիճակագրական և հողանմուշային մեթոդների կիրառմամբ:

*Դետազոտման մեթոդները:* Աշխատանքի հետազոտման մեթոդաբանական բաղկացած է երեք հիմնական մասերից:

1. Առկա ջրի պոտենցիալի հաշվարկ` հիմնված GIS-ի և RS-ի կիրառման վրա: Ջրի ակունքների առկայությունը հիմնական նախապայմաններից մեկն է ջրային պաշարների կառավարման նախագծի համար: Ջրի առկայությունը արհեստական սնուցման համար կարող է զգալիորեն փոփոխվել տեղից տեղ: Այս հետազոտության մեջ մշակվել է ջրային հաշվեկշռի մոդելը, օգտագործելով GIS-ի և RS-ի տեխնիկան` սահմանափակ տվյալներով (տեղումների, գունարային գոլորշացման, հողի կառուցվածքի և հողածածկույթի քարտեզներ): Վերջնական քարտեզները ներառում են ուսումնասիրվող տարածքի փաստացի գունարային գոլորշացումը, ավելցուկային հոսքը, մակերևութային հոսքը, ուղղակի մակերևութային հոսքը, որը ցույց է տալիս ջրային հաշվեկշռի բնույթի տատանումը և հոսքի պայմանները յուրաքանչյուր պիքսելում (50x50 մետր) ամեն ամիս:

2. Ավազային գետերի որոշումը արբանյակային պատկերների և դաշտային աշխատանքների հիման վրա: Ստորգետնյա ամբարտակի տեղանքի որոշման համար հիմնական չափանիշն է խոշորահատիկ ավազ գոյացմող գետերի առկայությունը: Այս աշխատանքում GIS-ում DEM օգտագործմամբ գետային ցանցի ավտոմատ ստեղծումից հետո, փորձ է կատարվել, դասակարգել գետերը ըստ խոշորահատիկ ավազի գոյացության` օգտագործելով կապը արբանյակային պատկերների անդրադարձման ունակության և դաշտային նմուշների միջև:

3. Ստորգետնյա ամբարտակի տեղանքի ընտրության համար ժամանակակից մեթոդներ: Ստորգետնյա ամբարտակի համար համապատասխան տեղանքի ընտրությունը բազմանպատակ և բազմագործոն խնդիր է: Աշխատանքի խնդիրներն են մակերևութային և ավազային ամբարտակների համապատասխան տեղանքը և ոչ համապատասխան տարածքը:



Փոփոխականներ են այն հիմնական չափանիշները, որոնք ներկայացված են ստորգետնյա ամբարտակների տեղանքի համապատասխանության մասին գիտական աշխատություններում (հողօգտագործման, հողերի, լանջերի թեքությունների, հոսքի պոտենցիալի, երկրաբանական կառուցվածքի և գետային հոսքի կարգավորման քարտեզներ):

**Երրորդ գլխում** ուսումնասիրվել է գետային հոսք և կատարվել ջրաբանական հաշվարկներ: Ջրագացվել է տեղումներ-հոսք ջրային հաշվեկշռի մոդելը մեզո մակարդակում՝ տարածական հոսքի փոփոխությունը և ջրհավաք ավազանի ընդհանուր հոսքը գնահատելու համար, որը ամսվա կտրվածքով առաջանում է ջրբաժանում: Այսպիսի մոդելը գաղափար է տալիս ջրհավաք ավազանի ընդհանուր հոսքում մակերևույթային և ստորգետնյա ջրերի հոսքի մասնակցության վերաբերյալ: Այս մոդելը հիմնված է Տորնտվեյտ-Մադերի մեթոդի վրա, որը գնահատում է ստորգետնյա ջրերի սնուցումը և ստորգետնյա ջրերի հոսքի քանակը ջրհավաք ավազանում՝ հաշվի առնելով հողի ջրունակությունը: Ջրունակությունը բնութագրվում է երկու գործոններով. հողի կառուցվածք և բուսականության տեսակ: Հետևաբար, մոդելի հաջող իրագործման համար պետք է պատրաստել հողի կառուցվածքի քարտեզ, բուսածածկույթի քարտեզ և այնուհետև ջրունակության քարտեզ՝ GIS-ի օգտագործմամբ: Այս քարտեզների հիման վրա, ամսական տեղումների և գումարային գոլորշացման քարտեզների հետ միասին, հնարավոր է գնահատել ջրբաժանում հոսքի պոտենցիալի տարածա-ժամանակային բաշխումը:

*Հիմնական ջրաբանական առանձնահատկությունները: Ջրային հաշվեկշռի մոդել:* Հիմնականում Տորնտվեյտ-Մադեր մեթոդը հաշվարկում է ջրային հաշվեկշռը մեկ կետի համար: Բայց այս հետազոտության մեջ, համապատասխան ճշգրտությամբ, ջրային հաշվեկշռը մշակվել է մեծ ավազանի տարած-ժամանակային բաշխումը հաշվարկելու համար, օգտագործելով GIS տեխնիկան: Դա անելու համար պետք է հաշվի առնել տեղումների տարածքային բաշխումը, պոտենցիալ գումարային գոլորշացումը, հողի կառուցվածքը և բուսածածկույթի արմատների խորությունը ջրհավաք ավազանում: Այս աշխատանքում Տորնտվեյտ-Մադեր մեթոդը իրականացվել է ըստ Դանի և Լեոպոլդի(1978) և Կումար Սենի ու Գիեսքի աշխատությունների: Նախ և առաջ, հիմնվելով ջրհավաք ավազանի հոսքի վրա, փաստացի տեղումների հոսքի գործակիցը ստացվել է և հետագայում օգտագործվել ջրային հաշվեկշռի գնահատման մեջ: Ջրային հաշվեկշռի մոդելը հիշեցնում է ջրհավաք ավազանից ամսական գումարային հոսքը:

Տեղումների և ջերմաստիճանի տարածակա-ժամանակային բաշխումը: Այս ուսումնասիրությունը հիմնված է մեկ սինօպտիկական կայանի, տաս կլիմայագիտական կայանների և ութ ջրաչափական կայանների տվյալների վերլուծության վրա: Այդ կայանները գտնվում են ուսումնասիրվող տարածքի ներսում և տարածքից դուրս: Այս կայաններից երեք կլիմայագիտական և մեկը ջրաչափական կայաններ են, որոնք գտնվում են տարածքից դուրս, իսկ մնացածը՝ ուսումնասիրվող տարածքում: Տեղումների, ջերմաստիճանի և դիտված հոսքի միջին ամսական արժեքները 1973 հունվար-2009 դեկտեմբեր ժամանակահատվածի համար հավաքագրված են համապատասխան հիմնարկներից: Այնուհետև բոլոր կայանների միջին ամսական տվյալների (1973-2009) գնահատման հիման վրա հաշվարկված են ուսումնասիրվող տարածքի ամսական գրադիենտի հավասարումները: DEM մոդելով ստեղծված են ուսումնասիրվող տարածքի ամսական տեղումների և ջերմաստիճանի քարտեզները: Ամսական

պոտենցիալ գունարային գոլորշացման (PET) քարտեզները հաշվարկված են ամսական ջերմաստիճանի քարտեզների և հետևյալ բանաձևի օգնությամբ.

$$PET = 1.6 \times C \times (10 \times T/D)^{0.4} \quad (1)$$

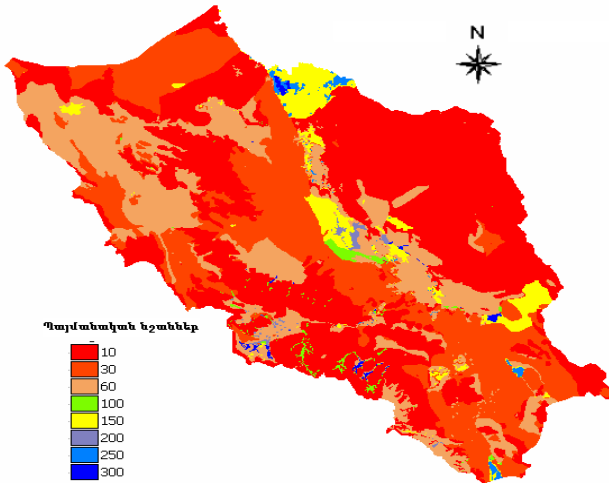
որտեղ՝ T- ամսական ջերմաստիճան ( $^{\circ}C$ )

I - տարեկան ջերմային ցուցանիշը 12 ամիսների համար

$a = 6.75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7.71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1.792 \times 10^{-2} \times I + 0.49239$

C - ուղղման գործոն յուրաքանչյուր ամսվա համար:

**Ջրունակություն:** Հողի ջուր պահելու ունակությունը կախված է հողի կառուցվածքից և բուսածածկույթի տեսակից: Հողի տարբեր կառուցվածքները ունեն ջուր պահելու տարբեր ունակություն խորության մեկ միավորի վրա: Մինևույն ժամանակ նաև բուսածածկույթի տարբեր տեսակներ ունեն տարբեր խորություն, որտեղ ջուրը կարող է պահվել: Այստեղից, տարածաշրջանում ջրաունակությունը կարող է որոշվել հողի ընդհանուր հասանելի խոնավությունը բազմապատկելով բուսածածկույթի տեսակների համապատասխան հողաշերտի խորությունով (Ու. 3):



Նկ. 3. Տարածաշրջանի ջրունակության քարտեզ (մմ)

**Գետի հոսքի հաշվարկը և տարածական բաշխումը:** Ջրային հաշվեկշռի բաղադրիչների հաշվարկը կատարված է ջրհավաք ավազանի սահմանի ներսում յուրաքանչյուր ամսվա և պիքսելի համար (50x50 մետր): Բաղադրիչների տարածական բաշխումը ստացված է քարտեզների տեսքով: Վերջում նրանց միջին արժեքները հաշվարկված են ամբողջ ջրհավաք ավազանի համար: Ջրհավաք ավազանից, ամսվա կտրվածքով, ուղղակի հոսքը, ստորգետնյա ջրերի հոսքը և գունարային հոսքը եղել են մոդելի գլխավոր արդյունքները: Ուղղակի հոսքի հաշվարկում տեղումների հոսքի գործակիցը կարող է ընդունվել բոլոր ամիսների համար 30%՝ ըստ չոր շրջանի համար ջրային հաշվեկշռի նախորդ վերլուծությունների իսկ 15 %-ը՝ օգտագործման համար տիպիկ արժեք է (Ուոլոք և Մաքքեյբ, 1999): Ստորգետնյա ջրերի հոսքը հաշվարկելուց ընդունվել է, որ

ընդհանուր առկա ջրի 50 %-ը յուրաքանչյուր ամիս փաստացի հոսք կարող է ունենալ(TARO): Մնացած 50 %-ը ենթադրվում է, որ պահված կլիմի ջրի ավազ ավազանի հոդի վերին շերտում, ստորգետնյա ջրերում, փոքր լճերում և ջրի ավազ ավազանի ջրանցքներում, որոնք հաջորդ ամսվա ընթացքում կառաջացնեն ստորգետնյա ջրերի հոսք (Դյուն և Լեոպոլդ, 1978):

Վերջապես, ջրի ավազ ավազանից գումարային հոսքը ստացվել է, գումարելով ուղղակի հոսքը և ստորգետնյա ջրերի հոսքը ամսվա կտրվածքով: Ջրային հաշվեկշիռի մոդելով կանխատեսված պայմանական արժեքները ամբողջ ջրի ավազ ավազանի համար ներկայացված է աղյուսակ 1-ում՝ միջին տեղումների և փաստացի գումարային գոլորշացման հետ միասին: Մոդելը կանխատեսում է տարեկան 66.7 մմ հոսք ջրի ավազ ավազանից, որը կազմում է տարեկան 1063 մլն. մ<sup>3</sup> հոսքի ծավալ:

*Աղյուսակ 1*

*Յազդ-Արդաբան շրջանի համար, ըստ ամիսերի, հաշվարկային արդյունքի արժեքները (մմ)*

Ամիս	P	DRO	ETp	SRECH	APWL	ΔSM	ETa	Պակասորդ	Ավելցուկ	WGL	TRO
Հունվ.	34.9	5.235	7.42	18.01	0	96.78	3.1	11.73	17.02	5.22	10.45
Փետրվ.	39.7	5.955	12.11	18.8	-11.41	6.44	19.1	6.03	15.68	5.94	11.89
Մարտ	41.5	6.225	21.05	10.86	-29.78	6.27	25.62	15.29	7.99	6.22	12.44
Ապրիլ	42.9	6.435	43.47	-17.7	-68.06	-4.44	31.88	46.25	0	6.20	12.63
Մայիս	17.9	2.685	75.9	-66.06	-155.77	-28.95	33.35	79.94	0	2.44	5.12
Հունիս	4.7	0.705	111.46	-109.16	-284.7	-25.27	25.92	130.94	0	0.61	1.31
Հուլիս	1.3	0.195	133.55	-132.19	-436.71	-18.44	18.73	157.64	0	0.17	0.36
Օգոս.	0.7	0.105	120.72	-120.1	-571.28	-11.8	11.84	143.67	0	0.09	0.19
Սեպտ.	0.3	0.045	97.47	-97.16	-676.05	-7.37	7.37	114.61	0	0.04	0.08
Հոկտ.	3.5	0.525	54.43	-52.09	-730.69	-3.74	4.94	63.25	0	0.48	1
Նոյեմ.	8.9	1.335	28.44	-22.61	-757.02	-1.48	5.57	29.2	0	1.18	2.51
Դեկտ.	28.7	4.305	11.55	8.22	-1011.2	14.13	8.27	13.63	8.53	4.29	8.59
Տարի	225	33.75	717.57	-561.18	-4732.7	22.13	195.7	812.18	49.22	32.82	66.57

Մոդելը ցույց է տալիս, որ կա ստորգետնյա ջրերի որոշ հոսք լեռնային տարածքից դեպի հարթավայր: Բնական տեղումները կուտակվում են հողում հողի ջրապահական ոլորտից դուրս: Հողը հիմնականում չոր է ամբողջ չոր սեզոնի ընթացքում: Հետևաբար, տեղումների քանակը և նախորդ ամսվա պահված ջուրը կազմում են ջրի ավազ ավազանի հոսքը:

Այս միտքը հաստատելու համար տեղումների տվյալների և ջրի ավազ ավազանի չափված հոսքի միջև կատարվել է ռեգրեսիոն վերլուծություն, հաշվի առնելով lag0(R =0.8043), lag1(R =0.8188) և lag2(R =0.4866): Կորելացիոն գործակիցը բարձր է եղել lag1-ի համար, քան lag0-ի, բայց ավելի ցածր՝ քան lag2-ը: Դա նշանակում է, որ տվյալ ամսում տեղացած անձրևը և նախորդ ամսվա պահուստային ջուրը տալիս են ամսվա հոսքը:

Նախորդ ամսվա տեղումների քանակը նշանակալից դեր ունի հաջորդ ամսվա հոսքի համար: Այսինքն, կա ստորգետնյա ջրերի որոշ պահում: Մոդելը ցույց է տալիս, որ հոսքի ամենամեծ քանակը (12 մմ) տեղի է ունենում մարտ և ապրիլ ամիսներին (ճկ. 10): Տեղումների ամենամեծ քանակը (42 մմ) նույնպես տեղի է ունենում մարտ և ապրիլ ամիսներին:

Չոր սեզոնի ընթացքում (մայիսից նոյեմբեր) ջրհավաք ավազանի հոսքը նույնպես շատ ցածր է: Քանի որ միայն տեղումների հոսքը գումարային հոսքի մեջ որոշիչ չէ, ապա մակերևութային սնուցման արժեքն գումարային հոսքի վրա ունի էական ազդեցություն, որովհետև առկա է նաև ստորգետնյա ջրերի որոշ հոսք:

Յետևաբար, ներկա և անցած տեղումների քանակը ամենակարևոր գործոններն են, որ ազդում են տարածաշրջանում հոսքի քանակի վրա: Օրինակ, մարտ, ապրիլ, փետրվար ամիսներին գումարային հոսքը ջրհավաք ավազանից մեծ է, չնայած նվազ էֆեկտիվ տեղումների՝ պոտենցիալ գոլորշացման: Դա տեղի է ունենում ի շնորհիվ այդ ամիսների առատ տեղումների, բայց մայիսին հոսքը քիչ է, չնայած նախորդ ամսին՝ ապրիլին, դիտվում է մեծ հոսք, որովհետև պոտենցիալ գոլորշացումը ինտենսիվորեն աճում է ապրիլից: Յետևաբար, գումարային գոլորշացումը ազդում է այս ջրհավաք ավազանի չոր սեզոնի սկզբի հոսքի վրա:

Կան որոշ ստորգետնյա ջրերի հոսքեր, երբ ամբողջ ջրհավաք ավազանը դիտարկվում է որպես վերլուծական միավոր: Բայց քարտեզները ցույց են տալիս որոշ ստորգետնյա հոսք ջրհավաք ավազանը շրջապատող լեռներում, որոնք հոսում են դեպի ջրհավաք ավազանի կենտրոնական և հյուսիսային մասեր: Լեռնային ստորգետնյա ջրատարները նմանապես բաժանվում են այսպիսի շրջանների:

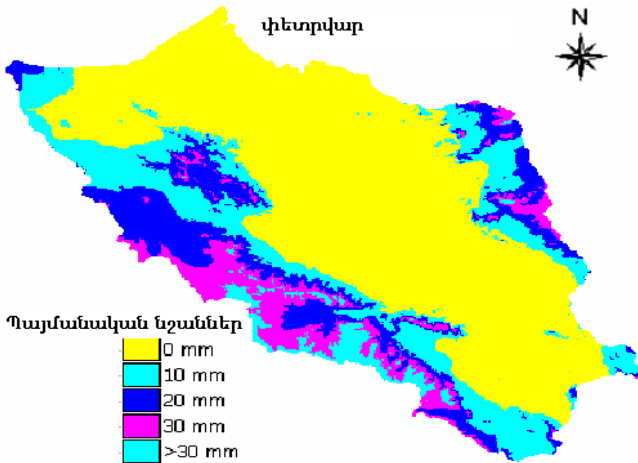
Հաշվարկված հոսքի ճշգրտության գնահատումը: Մոդելի ճշգրտության գնահատման համար օգտագործվել է Պիշկուկի (Իսլամի ջրաչափական կայան) չափված գետային հոսքը: Այն ցույց է տալիս միջին ամսական և միջին տարեկան գնահատված և չափված գետային հոսքերը, չափված և գնահատված գետային հոսքերի միջև կորելյացիայի գործակիցը, գնահատման միջին ամսական և տարեկան տոկոսի սխալը, շեղումը և 90 % կոնֆիդենցիալ հեռավորությունը միջին գետային հոսքի համար: Ջրային հաշվեկշռի ուսումնասիրությունը Յազգ-Արդաբան շրջանի օրինակով՝ օգտագործելով SU մոդելը, հեռագնման և GIS-ի տեխնիկան՝ օգնում է որոշել չոր շրջանում խոնավության պակասորդի և խոնավության ավելցուկի ժամանակահատվածները:

*Հոսքի տարածական բաշխման օրինաչափությունները:* Ուսումնասիրվող տարածաշրջանում ապրիլ և նոյեմբեր ամիսների միջև չկա ավելցուկ ջուր, որովհետև այս ամիսներին ընթացքում ստորգետնյա սնուցումը բացակայում է: Սրանք այն ամիսներն են, երբ տեղումների քանակը ավելի քիչ է, քան պոտենցիալ գումարային գոլորշացումը: Դեկտեմբերից մինչև մարտ որոշ ստորգետնյա սնուցում տեղի է ունենում ջրհավաք ավազանի հարավ-արևմտյան և արևմտյան մասերում, որոնք կարող են համարվել ստորգետնյա սնուցման զոնաներ (Նկ. 4):

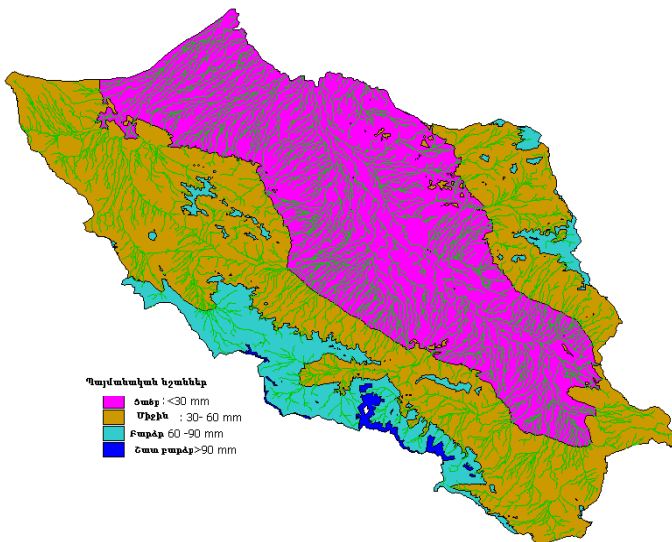
Հոսքի պոտենցիալ զոնաներ: Հողի կառուցվածքի դասի տարեկան արժեքները ստացվել են 12 ամիսների արժեքների գումարից՝ GIS-ում՝ հոսքի պոտենցիալ քարտեզի ստեղծման համար (Նկ.5):

Հոսքի պոտենցիալ քարտեզը դասակարգված է ցածր, միջին, բարձր և շատ բարձր հոսքի պոտենցիալով զոնաների: Տարածաշրջանի մեծ մասում՝ 88.24%-ում, գերիշխում են ցածր և միջին հոսքի պոտենցիալ զոնաները, որոնք կարող են նպաստավոր լինել մակերևութային ամբարտակների կառուցման համար: Քանի որ բարձր և շատ բարձր հոսքի պոտենցիալով զոնաները

զբաղեցնում են ուսումնասիրվող տարածքի 11.76%-ը, ապա այն հարմար է ավազապահական ամբարտակների կառուցման համար:



Նկ. 4. Ուսումնասիրվող տարածքում ավելցուկ ջրի տարածական և ժամանակային տատանումները փետրվար ամսին



Նկ.5. Ուսումնասիրվող տարածքի տարեկան պոտենցիալ հոսքի դասակարգում

Ջրային հաշվեկշռի մոդելը ցույց է տալիս, որ ջրհավաք ավազանից տարեկան հոսքը կազմում է 1063.12 մլն.մ<sup>3</sup>: Տարածաշրջանը շատ չոր է և տեղումները այնքան քիչ են, որ այն հազվադեպ է լրացնում հողի խոնավությունը մինչև իր ջրունակության ապահովումը: Հետևաբար, գումարային հոսքը ջրհավաք ավազանից կախված է առաջին հերթին տեղումների հոսքից: Կա որոշ ավելցուկ ջուր, որը սնուցում է ջրհավաք ավազանի հարավային և հարավ-արևմտյան մասերի ստորգետնյա ջրերը: Այս դեպքերում տարեկան միջին պոտենցիալով գումարային գոլորշացումը շատ ավելի մեծ է, քան տեղումները և տարեկան ջրի պաշարը, որը նախատեսված է ստանալ տեղումների պահպանմամբ, պահելով առկա ջուրը և՛ մակերևութային, և՛ ստորգետնյա ջրամբարներում:

Տարածաշրջաններում, որտեղ կլիմայական պայմանները բարենպաստ չեն մակերևութային պահուստի ստեղծման համար, արհեստական սնուցման տեխնիկան ընդունված է մակերևութային պահուստներն ուղղել դեպի ստորգետնյա ջրերի ջրամբարներ՝ հնարավոր ամենակարճ ժամանակում: Այս տեխնիկայի մասին ավելի շատ քննարկվելու է հաջորդ գլուխներում:

**Չորորդ գլուխը** վերաբերում է ստորգետնյա ամբարտակներին՝ որպես չորային տարածաշրջաններում հոսքի ամբարման հիմնական պահեստարանի: Ավանդական ջրակառավարման ու պահեստավորման համակարգերի ստեղծումը կենտրոնական Իրանում: Ինչպես հայտնի է պատմությունից, ջրային պաշարների օգտագործումը և կառավարումը տեղի է ունեցել բազմաթիվ ուղիներով, ներառյալ ստորգետնյա ջրատարերը, ինչը հին աշխարհի ամենամեծ նվաճումներից մեկն է հանդիսանում:

Փաստացի, ստորգետնյա ջրատարերը կարող են համարվել որպես երկար տարածության վրա առջին ջրափոխադրիչ համակարգերի օրինակ: Ստորգետնյա ջրատարերը հին ջրափոխադրիչ համակարգեր են չոր շրջաններում, որտեղ ստորգետնյա ջրերը լեռնային տարածքներից, ջրատար շերտերից և երբեմն գետերից բերվել են նոր վայրեր, ինչպիսին օրինակ օազիսն է՝ մեկ կամ ավելի ստորգետնյա թունելներով: Թունելները, որոնցից շատերը ունեցել են կիլոմետրերի հասնող երկարություն, նախատեսված են եղել լանջերին գրավիտացիոն եղանակով հոսք մատակարարելու համար: Կենտրոնական Իրանը շատ լավ հայտնի է իր ստորգետնյա ջրատարերի առանձնահատկություններով, որովհետև ամենահայտնի ստորգետնյա ջրատարերն այդ շրջանում գոյություն ունեն ամենուրեք և գործում են առ այսօր: Դրանք այժմյան ջրամատակարարման հարցում ունեն կենսական դեր (Բեհնիա, 1988):

*Ստորգետնյա ջրատարի առավելությունները և թերությունները:* Ստորգետնյա ջրատարի հիմնական առավելությունն այն է, որ նրա ստորգետնյա տեղադիրքը կանխում է գոլորշացման մեծ մասը: Բացի այդ, ստորգետնյա ջրատարը նախընտրելի է ժամանակակից խորը մեխանիզացիայից, քանի որ այն ստորգետնյա ջրեր է օգտագործում, որոնք բնակավայրերից հեռու են գտնվում: Ստորգետնյա ջրատարի հիմնական թերությունն դրա թանկությունն է, շահագործումն ու վերանորոգումը և վերահսկման բացակայությունը. հոսքը հնարավոր չի հսկել, և ջուրը կորում է, երբ այն չի օգտագործվում գյուղատնտեսական մշակաբույսերի ոռոգման համար:

*Ստորգետնյա ամբարտակները որպես աշխարհագրական նոր միավոր:* Այն ամենուրեք ընդունված է ջրաբանների կողմից, քանի որ խմելու ջրի բնական ստորգետնյա պահուստը մի քանի անգամ ավել է, քան գետերում, լճերում և ջրամբարներում առկա խմելու ջրի քանակը: Այս մակերևութային ջուրը հոսում է

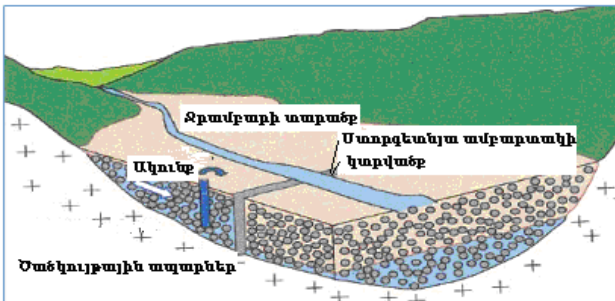
հիմնականում ներքև՝ հոսանքի ուղղությամբ դեպի ավազային այլուվիում բազմաթիվ հոսանքներից և գետերից ներքև: Ամբարտակները, որոնք կառուցվել են չոր գետերի լայնքով, որտեղ ենթամակերևութային հոսքը անբավարար է, ջրամբարները համարյա ամբողջությամբ լցված են գրունտային ջրերով: Գրունտային ջրերի բացակայության դեպքում, որոնք ամբողջ տարին սնուն են ջրամբարին, այն տարվա մեծ մասը կմնա չոր:

Այսպիսով, մակերևութային ջրերի պաշարները դառնում են լիովին զարգացած, նոր զարգացման համար հողային ջրերը առաջարկում են միակ հնարավոր տարբերակը: Բացի այդ, չոր շրջաններում, որտեղ մակերևութային ջրերի պաշարները շատ սակավ են կամ նույնիսկ գոյություն չունեն, հողային ջրերը միակ առկա ջրային պաշարն են: Ավելի ու ավելի շատ մեծ ուշադրություն է դարձվում, թե ինչպես կառավարել հողային ջրերը ռացիոնալ եղանակով: Հողային ջրերի կայունությունը կարող է դիտարկվել որպես զարգացում և հողային ջրերի օգտագործում (Ալի և ուրիշներ 1999): Գալիք տասնամյակներում ջրային պաշարների կայունությունը կլիմի առանցքային հարցերից մեկը և շարժը դեպի ստորգետնյա ջրերի օգտագործումը կլիմի անխուսափելի:

Ստորգետնյա ամբարտակը մի կառուցվածք է, որը արգելափակում է հողային ջրերի բնական հոսքը և պահում է ջուրը գետնի մակերևութից ցածր: Հիմնականում կա հողային ջրերի ամբարտակների երկու տեսակ. 1) ենթամակերևութային ամբարտակներ, 2) ավազապահուստային ամբարտակներ:

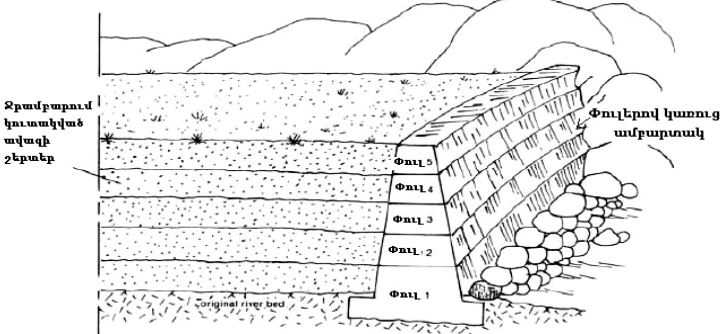
Ենթամակերևութային ամբարտակը կառուցվում է գետնի մակարդակից ցածր և դանդաղեցնում է հոսանքը դեպի բնական ջրատար շերտ: Ավազային կուտակման ամբարտակը խցանում է ջուրը նստվածքներում՝ ինքնուրույն կուտակելու համար (Հենսոն և Նիլսոն, 1986):

*1.Մակերևութային ամբարտակներ:* Մակերևութային ամբարտակի կառուցման սկզբունքը համեմատաբար հասարակ է. առուն փորվում է հովտի լայնքով, մոտենալով ապարին կամ նրանց անանցանելի շերտին, համապատասխան տեղում (Նկար 6): Առվում կառուցված է անանցանելի պատ կամ պատմեշ և առուն նորից լցվում է փորած հողով: Մակերևութային ամբարտակների միջին բարձրությունները հիմնականում տատանվում են 2-6 մ սահմաններում (Նիլսոն, 1988):



Նկ.6. Մակերևութային ամբարտակի կառուցման առանձնահատկությունները ստորգետնյա ամբարտակների տեսակների նկատմամբ (Իռուրա, 2006)

2. Ավազային ամբարտակներ: Ավազային ամբարտակի հիմնական սկզբունքը հետևյալն է. Համապատասխան չափի պատվարը կառուցվում է գետաբերանի լայնքով, անձրևների ժամանակ ուժեղ հոսանքներով բերված ավազը կուտակվում և ջրամբարը լցվում է ավազով: Արհեստական ջրատար շերտը լցվում է ամեն տարի անձրևների ժամանակ և կուտակված ջուրը օգտագործվում է չոր սեզոնի ժամանակ (Ուիլիլինգեր, 1958): Ավազային ամբարտակի բարձրությունը 1-4 մ է : Ավազային ամբարտակը կառուցվում է փուլերով (նկ.7):



Նկ. 7. Ավազային ամբարտակի կառուցման սկզբունքը (Նիլսոն, 1988)

**Հինգերորդ գլուխն** ամբողջությամբ նվիրված է ստորգետնյա ամբարտակների համար տեղանքի ընտրությանը և ռիսկի գնահատմանը:

*Ստորգետնյա ամբարտակի կառուցման համար տեղանքի ընտրության ավանդական եղանակներ:* Ստորգետնյա ամբարտակների համար բարենպաստ տեղադրությունը առընչվում է մի շարք տեղական և շրջակա միջավայրի չափանիշների հետ: Ոչ բոլոր չափանիշներն են հայտնի և ասօր էլ մասնակիորեն թերագնահատվում են տեղանքի ընտրության ժամանակ, ստանալով կառուցվող ամբարտակներից աննշան էֆեկտիվություն:

Ստորգետնյա ամբարտակների կառուցման համար լավագույն տեղանքն այն է, որտեղ հողը պարունակում է ավազ և մանրախիճ, ժայռային կամ անանցանելի շերտով մի քանի մետր խորության վրա: Իդեալապես ամբարտակը պետք է կառուցված լինի այնտեղ, որտեղ ջրհավաք ավազանի մեծ տարածքից անձրևաջրերը հոսում են ցեղ անցումով: Ստորգետնյա ամբարտակի տեղանքի ընտրության ավանդական մեթոդները հիմնված են մասնագետների փորձի և շատ դաշտային աշխատանքների վրա ուսումնասիրվող տարածքում:

Ստորգետնյա ամբարտակի տեղանքի ընտրության համար ժամանակակից մեթոդներ (RS- ի, GIS-ի և DSS-ի օգտագործմամբ): ժամանակակից մեթոդները համադրելով դաշտից ստացված տեղեկատվության հետ, հնարավոր է օգտակար տեղեկատվություն ստանալ կարևոր գործոնների մասին, որոնք թույլ են տալիս վերահսկել ստորգետնյա ամբարտակի արդյունավետությունը: Ստորգետնյա ամբարտակի հիմնական նպատակն է ավելացնել ջրի և ավազի քանակը գետաբերանում, չոր հողերի տարածքներում, որտեղ առկա է ջրի պակաս:

Մի քանի հաշվետվություններ նկարագրում են ստորգետնյա ամբարտակի բարենպաստ կառուցման համար տեղանքի և շրջակա միջավայրի անհրաժեշտ չափանիշները (Նիսսեն-Պետերսեն, 1997 և 2006; Բորսթ, դե Հասս, 2006; Մունյաո և ուր.(SASOL), 2004; Բուրգեր և ուր., 2003; Անուլդ և ուր., 2002; Ֆրիմա և ուր., 2002; Գիջսբերթսեն, 2007 և Իռուրա, 2006): Ստորգետնյա ամբարտակները



հիմնականում կառուցվում են ոչ կայուն գետաբերաններում, որոնք նաև կոչվում են սեզոնային ջրահուններ: Շատ պոտենցիալ գետաբերաններ ստորգետնյա ամբարտակների կառուցման համար ունեն բլրոտ և քարոտ ջրիավաք ավազան, որը լցվում է խոշոր ավազով:

Ավազով և տիղմով գետաբերանները, որոնք առաջացել են հիմնականում հարթավայրային տարածքներից, նպատակահարմար չեն ստորգետնյա ամբարտակի համար՝ հատկապես ավազային տիպի ամբարտակների: Այս նստվածքներում կարող է պահվել սահմանափակ քանակությամբ ջուր, և շատ քիչ քանակության ջուր էլ հասանելի կլինի չոր ժամանակահատվածների ընթացքում: Սեկ այլ կարևոր հետևությունն է. ստորգետնյա ամբարտակների տեղադրության ընտրության չափանիշ է ջրի որակը: Ի շնորհիվ հողի բնութագրի կամ քարաբանության, ամբարտակի ետևում պահեստավորած ջուրը կարող է լինել աղի, հետևաբար, ոչ պիտանի խմելու համար:

Ստորգետնյա ամբարտակները կառուցված են չոր հողով տարածքներում, որտեղ առկա է ջրի պակաս: Հիմնական խնդիրն է երկու անձրևային սեզոնների միջև ընկած չոր ժամանակաշրջանի ընթացքում հասարակության ջրով ապահովումը: Սեզոնայնությունը հաշվառումը, հետևաբար, կարևոր գործոն է: Առանց սեզոնայնության տարածքները կարող են հարմար լինեն ստորգետնյա ամբարտակների կառուցման համար, սակայն ջրի պահուստների այլ աղբյուրներ կարող են էլ ավելի համապատասխան լինել: Կարևոր է նույնպես գյուղերի և տնտեսությունների քանակը (մշակվող տարածքները կամ ստորգետնյա ջրատարերի միջանցքները), որոնք կարող են օգուտ քաղել ամբարտակից ավելի կարճ ժամանակամիջոցում (Գիջսբեռտսեն, 2007): Այս մոդելի նպատակն է, հիմնվելով հողի հիմնական նստվածքի վրա, դասակարգել գետաբերանները ստորգետնյա ամբարտակի կառուցման համար համապատասխան տեղեր ընտրելու նպատակով՝ օգտագործելով RS-ը, GIS-ը և DSS-ը՝ սահմանափակ դաշտային աշխատանքների զուգորդումով:

Ուսումնասիրվող տարածքի գետային ցանցը ստեղծվել է տեղագրական քարտեզներից (մասշտաբ 1/50000), իսկ Տեղանքի թվային մոդելը՝ GIS ծրագրում: Այնուհետև այն օգտագործվել է ուսումնասիրվող տարածքի գետային ցանցի տեղադրման, գետային հոսքի թեքության հաշվարկի համար:

Առկա ավազային գետեր: Մոդելի գործընթացում երկրորդ քայլն է ուսումնասիրվող տարածքի ավազի առկայության քարտեզի ստեղծումը GIS-ի և արբանյակային պատկերների օգտագործմամբ: Դաշտային աշխատանքների ժամանակ չոր գետերի հուններում, հունիսից օգոստոս, հավաքվել է մակերևութային նստվածքի 60 նմուշ: Ավազի հատիկների միջին չափը (D50մմ) որոշվել է լաբորատորիայում: 40 նմուշ օգտագործվել է արբանյակային անդրադարձման և ավազի հատիկի միջին չափի նմուշների միջև հարաբերական հավասարման հաշվարկի համար և 20 նմուշ՝ հարաբերական հավասարման վավերացման համար: Հողի տարբեր տեսակները ունեն հատիկի տարբեր չափեր և տարբեր սպեկտրալ զգայունություն: Հողի մասնիկների չափը և դասակարգումը ազդեցություն ունեն հողի անդրադառնման ունակության վրա:

Ստանալով հատիկի չափի և ուսումնասիրվող տարածքում նստվածքի նմուշի սպեկտրալ զգայունության միջև կապը, հաստատվում է, թե արդյոք պիքսելի արժեքները իրականում նույնականացված են որպես ավազ: Վավերացման համար օգտագործված նմուշները Պիշկուխ և Խեզրաբադ ավազաններից են: Այդ տարածքներում գետաբերանների լայնությունը մոտ է

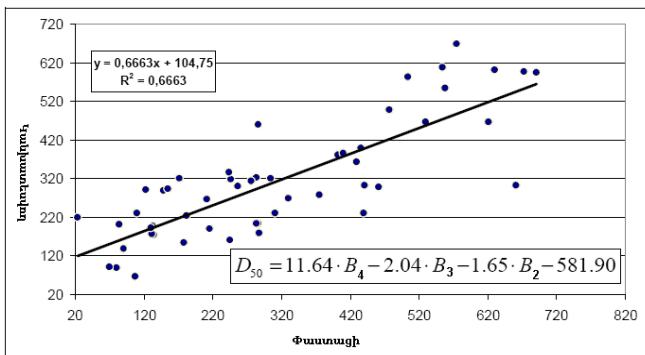
գումարային գոլորշացման պատկերների տարածական ունակությանը, ինչը թույլ է տալիս ավելի մանրամասնորեն ուսումնասիրել ավազների հատիկների չափը:

Սպեկտրալ զգայունությունը հատիկի չափի նկատմամբ ամենամեծ տատանումը ցույց է տալիս 3 և 4 ալիքային տիրույթում, փոփոխվելով 50 թվային համարից մինչև 147-ը՝ և ավելի փոքր միջին հատիկի չափից (107 մ) մինչև ավելի մեծ միջին հատիկի չափը (673 մ): 2-րդ ալիքային տիրույթը ցույց է տալիս ամենափոքր փոփոխությունը: Լավագույն կապը թվային համարի և D50-ի միջև ստացվել է 4-րդ ալիքային տիրույթի համար՝ 0.66 կորելյացիայի գործակցով: Երեք տարբեր ալիքային տիրույթների ազդեցության ավելի լավ պատկերը ստանալու համար կիրառվել է նաև բազմաճեզրեսիան: Հետևապես ավազային տարածքները ավելի համադրելի են գծային բազմաճեզրեսիոն հավասարման հետ, քան առանձին գծային ճեզրեսիայի հավասարումները: Լավագույն ճեզրեսիայի հավասարումը հետևյալն է. B2,B3,B4-ը, համապատասխանաբար 2,3 և 4 ալիքային տիրույթներին:

$$D_{50} = (11.64 \times B_4) - (2.04 \times B_3) - (1.65 \times B_2) - 581.9 \quad (2)$$

Վերոնշյալ հավասարումը (2) վավերացնելու համար օգտագործվել է մոտ 20 նմուշ, որոնց արդյունքները ցույց են տալիս մոտ 66%-ի ճշգրտություն (R<sup>2</sup>=0.66) (նկ.8):

Ավազային գետաբերանները կարող են բացահայտվել, օգտագործելով այս հավասարումը այլ գետաբերաններից, հիմնվելով անդրադարձման ունակության տարբերության վրա: Բարձր տարածական լուծաչափով արբանյակային պատկերները (օրինակ՝ Ասթեր) կտա ավազային գետաբերանների ավելի մանրամասն բացահայտում և հետևաբար, այս մեթոդաբանությունը հետագայում կօգտագործվի, հիմնվելով Յազը-Արդաբան շրջանի նման տարածքներում:

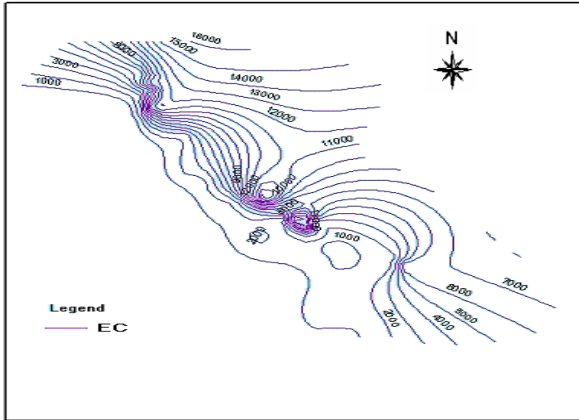


Նկ. 8. Դաշտային նմուշների բազմակի ճեզրեսիայի կապի գրաֆիկը

**Երկրաբանությունը:** Ամբարվող ջրի որակի և քանակի համար շատ կարևոր է տարածքների երկրաբանական առանձնահատկությունները:

Ջրանախագծման աշխատանքների ժամանակ ջրի որակը նույնքան կարևոր չափանիշ է ինչպես ջրի քանակը, հատկապես եթե առկա են ջրի աղտոտման աղբյուրներ, օր. աղի շերտեր կամ նստվածքներ, ինչպես նաև արդյունաբերական ձեռնարկություններ: Նախագծման համար այսպիսի տարածքներն առաջին հերթին պետք է բացառվեն: Այս ուսումնասիրության մեջ ստորգետնյա ջրի որակը (նկ.9)

գնահատվել է Յազդի Ռեգիոնալ Ջրի Գրասենյակի տվյալների հիման վրա, որոնք որոշվել են ջրհորերի, քյարիզների, ստորգետնյա աղբյուրների ջրի, տարբեր կետերում, էլեկտրահաղորդականության չափումներով:



Նկ. 9. Ուսումնասիրվող տարածքում ստորգետնյա ջրի տեղաբաշխման որակի քարտեզ

Ջրամբարի հատակի ապարները՝ ջրաթափանցելիության համար այլու-վիումի հատկությունների և ապարի քարաբանական ուսումնասիրությունների հիման վրա խմբավորվել են երեք դասերում՝ բարձր, միջին և ցածր (նկ. 10):

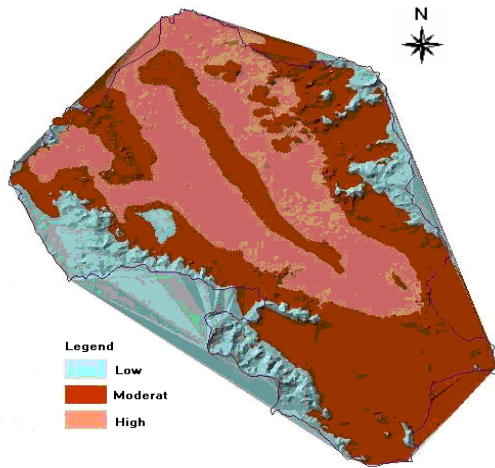
Ջրաթափանցելիության երկրաբանական ֆորմացիաները ներկայացված են աղյուսակ 2-ում: Ճարտարագիտական առանձնահատկությունների տեսակետից գետերի այլուվիալ նստվածքներն ունեն բարձր ջրաթափանցելիություն և 30%-ից բարձր ծակոտկենություն, որոնք նպաստակահարմար են ստորգետնյա ջրամբարի կառուցման համար:

Աղյուսակ 2

Երկրաբանական ֆորմացիաների ըստ ջրաթափանցելիության դասակարգումը (Salami, 2006)

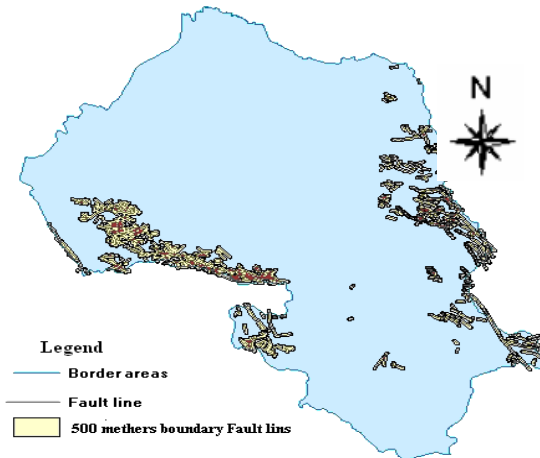
Ջրաթափանցելիությունը	Երկրաբանական ֆորմացիաները
Բարձր	Q3- Qa1- Qc-Qf1-Qf2-Qt2-Qt3-Qtr
Միջին	gb-Kr-M cl- M am-M cs- M m-M rm-Q pl(c)- Qt1-Rc
Չածր	C b- Cs-C ZI- Cb t- CO m- gr- KU(fl)- M I- M m3- M mg- M ms- M t- P d-P r- PC k

Ուսումնասիրվող տարածքի խզվածքների քարտեզը, որը ցույց է տալիս 500մ երկարությամբ խզվածքային գծերի սահմանները, պատրաստվել է երկրաբանության քարտեզի և արբանյակային պատկերների հիման վրա (նկ.11):

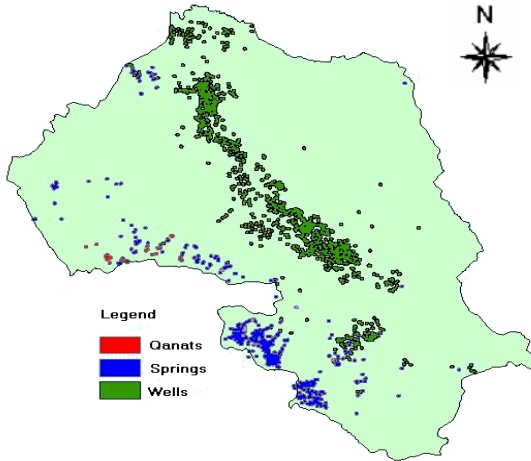


*Նկ. 10. Ուսումնասիրվող տարածքի ջրաբափանցելիության քարտեզ*

Սովորաբար ստորգետնյա ամբարտակը կառուցվում է գյուղական համայնքի, գյուղատնտեսական հողահանդակների, գյուղատնտեսական ջրհորների, աղբյուրների կամ քյարիիզների (քանաթ) մոտ, հաշվի առնելով ուսումնասիրվող տարածքի օգտագործվող ջրային ռեսուրսների տեղադիրքը (Նկ.12):



*Նկ.11 Ուսումնասիրվող տարածքի խզվածքային գծերի սահմանները*



Նկ. 12 Օգտագործվող ջրային ռեսուրսների տեղադիրքը

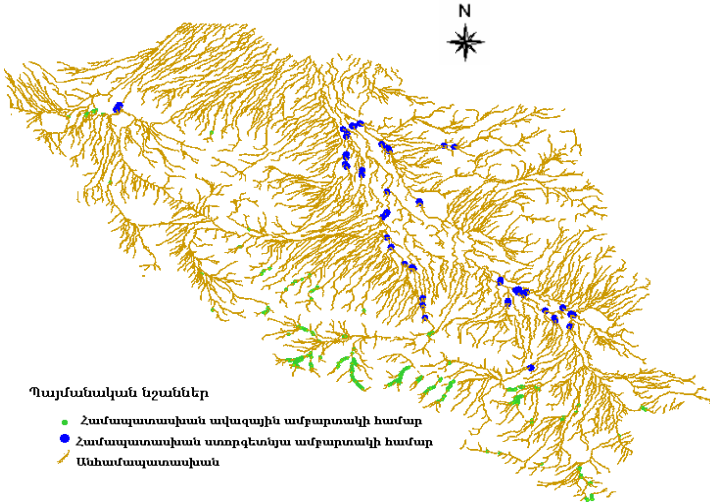
Նիսսեն-Պետերսենի (2000), Տաբատաբայի Յազդի (2002), Իրուրայի (2006) կողմից առաջարկված տեխնիկական ցուցումները ջրի պահեստավորման համապատասխան տեղերի ընտրության վերաբերյալ կախված են շատ փոփոխականներից, ինչպիսիք են. թեքությունը և գետահունի դասակարգումը, հողօգտագործումը, գետահունում ավազի առկայության պոտենցիալը, երկրաբանությունը, գետի հոսքը, հոսքի պոտենցիալը և այլն: Այս ցուցանիշները օգտագործվում են որպես մասնագիտական գիտելիքներ և քննարկվում հետագայում: Ստորգետնյա ամբարտակի համար համապատասխան տեղանքը ընտրվել է, ինտեգրելով տարբեր թեմատիկ քարտեզներ GIS-ում՝ կիրառելով խաչաձև մեթոդը (աղյուսակ 3):

Աղյուսակ 3

Համապատասխան տեղի ընտրության որոշման կանոնները

Ստորգետնյա ամբարտակների տեսակները	Գետի հունի դասակարգում	Գետի հունի թեքությունը (%)	Հոսքի պոտենցիալը	Երկրաբանությունը	Ավազի նստվածքի պոտենցիալը	Տեղադիրքը
Ստորգետնյա	4-5	<5	Միջինից ցածր	Ոչ խզվածքային, ցածր թափանցելիություն	Բարձրից միջին	Գյուղի, ֆերմայի հողերի կամ ջրատարի մոտ
Ավազային	2-3	>5	Բարձրից միջին	Ոչ խզվածքային, ցածր թափանցելիություն չափավոր	Միջինից ցածր	Գյուղի, ֆերմայի հողերի կամ ջրատարի մոտ

Պարզվել է, որ Յազղ-Արդաքանում ստորգետնյա ամբարտակի համար համապատասխան տեղերը ծածկում են ուսումնասիրվող տարածքի մոտ 0.5%-ը, որտեղ մնացած տարածքը համարվել է որպես ստորգետնյա ամբարտակների համար ոչ համապատասխան տեղ: Այն տարածքները, որոնք համապատասխան են ստորգետնյա ամբարտակի կառուցման համար, ինչպես մակերևութային ամբարտակները կամ ավազային ամբարտակները, առաջարկված են նկար 13-ում որպես ստորգետնյա ավազանի համապատասխանության քարտեզ ուսումնասիրվող տարածքի համար:



*Նկ. 13 Ուսումնասիրվող տարածքում ստորգետնյա ամբարտակի կառուցման համար համապատասխան վայրերը*

Քարտեզը պատրաստվել է ստորգետնյա ամբարտակի կառուցման համապատասխան և ոչ համապատասխան տեղերի հիման վրա:

Համապատասխանության մոդելը ստեղծել է համապատասխանության քարտեզ մակերևութային ամբարտակների և ավազային ամբարտակների համար: Հիմնվելով ստորգետնյա ամբարտակի համապատասխանության քարտեզի վրա, ուսումնասիրվող տարածքի 0.1% և 0.47% համապատասժանաբար ունի մակերևութային ամբարտակների և ավազային ամբարտակների համապատասխանություն:

*Վավերացման մեթոդ* (ավանդական և ժամանակակից մեթոդների համեմատական վերլուծություն և ռիսկի գնահատում): Ստորգետնյա ամբարտակների տեղանքի վավերացումը գնահատվել է, օգտագործելով դաշտային հետազոտություններից ստացված տեղեկատվությունը (10 կետ որպես ավազային ամբարտակ և 5 կետ որպես մակերևութային ամբարտակ) և ստեղծված համապատասխանության քարտեզը: Վավերացման նպատակով ընտրված տարածքների պատահական նմուշները գնահատվեցին և դասակարգվեցին համապատասխանության հիման վրա: Արդյունքները ցույց են տրված աղ.4 -ում:

Ստորգետնյա ամբարտակների փաստացի և կանխատեսվող տեղանքի համեմատությունը DSS-ում համապատասխանության չափանիշների հիման վրա

Ստորգետնյա ամբարտակների տեսակները	Բարձր հարմարավետ	Միջին հարմարավետ	Թույլ հարմարավետ	Անհամապատասխան	ընդհանուր
Ավազային	3	5	2	0	10
Ստորգետնյա	1	2	1	1	5
ընդհանուր	4	7	3	1	15
Տոկոս	26.6	46.7	20	6.7	100

Վավերացման արդյունքները ցույց են տվել, որ ստորգետնյա ամբարտակի շատ տեղեր (46.7%) ճանաչվել են միջին համապատասխանության սահմաններում, հաջորդը՝ շատ համապատասխան՝ 26.6%: Այն փաստը, որ ստորգետնյա ամբարտակի կանխատեսվող տեղերի մեծ մասը ճանաչվել են նվազագույն համապատասխանությունից մինչև շատ համապատասխան, ցույց է տալիս, որ զարգացվող DSS-ը կարող է հուսալիորեն օգտագործվել ստորգետնյա ամբարտակի պոտենցիալ տեղերի կանխատեսման համար:

Այս մեթոդը ավելի շատ արդյունավետություն ունի ավազային ամբարտակի համապատասխան տեղերի տեղադրության համար, քան մակերևութային ամբարտակի համար, որովհետև մակերևութային ամբարտակների համապատասխան տեղանքի ընտրության գործընթացը շատ ավելի բարդ է և դրանց կառուցումը շատ ավելի թանկ արժե:

Ստորգետնյա ամբարտակի տեղանքի ընտրության համար արդյունքները ցույց են տվել, որ այն կարելի է այս մեթոդի հիման վրա կատարել համապատասխան ճշգրտությամբ և տնտեսական արդյունավետությամբ, որը ավանդական մեթոդի դեպքում արվել է շատ գունար ծախսելով և դաշտային աշխատանքների շատ ժամանակով: Իրանի տարածքի ավելի քան 50%-ը նման է ուսումնասիրվող տարածքին և այս մեթոդաբանությունը հնարավոր է կիրառել մնացած տարածքների համար:

### Եզրակացություններ և առաջարկություններ

Ամփոփելով ատենախոսության բովանդակությունը արված են հետևյալ եզրակացությունները և առաջարկությունները:

#### Եզրակացություններ

- Իրանի մեծ մասում անձրևների շրջանը նոյեմբեր-մայիս ժամանակահատվածն է: Չոր ժամանակաշրջանում՝ մայիս-հոկտեմբեր, անձրևները հազվադեպ են երկրի մեծ մասում: Այլ խոսքով ստացվում է, որ Իրանի մթնոլորտային տեղումները անկայուն են, քանի որ ընդհանուր տեղումների 90%-ը թափվում են ցուրտ և խոնավ սեզոններին՝ երկրի հյուսիսային և արևմտյան մասերում և միայն 10%-ն է թափվում տաք և չոր սեզոններին՝ երկրի կենտրոնական, հարավային և արևելյան մասերում: Իրանի շատ վայրերում տեղումներ լինում են միայն հանկարծակի փոթորիկների ժամանակ՝ ուղեկցվելով ուժեղ անձրևներով և միանգամից, մի քանի օրվա ընթացքում, թափվում են ամբողջ տարվա տեղումները: Տեղատարափ անձրևները պատճառ են դառնում ջրիեղեղների և տեղական վնասների առաջացմանը:

- Երկրի հիմնական խնդիրը գոլորշացման դեմ պայքարն է: Տարբեր լուծումներ են առաջարկվում առկա ջուրը արդյունավետ օգտագործելու համար, քանի որ ջուրը ամենասահմանափակ ռեսուրսն է այս չոր տարածաշրջանում: Այն ներառում է անձրևաջրերի և ստորգետնյա ջրերի օգտագործումը, ինչպես նաև հոսքի քանակի նվազեցումը և ներծծման բարձրացումը:

- Տարածաշրջանը ջրով հարուստ չէ: Հավակարկվել և զնահատվել է, որ բնակչության աճի ներկա միտումների պահպանման դեպքում ջրի նկատմամբ պահանջարկը ավելի մեծ կլինի, քան առկա ջրային աղբյուրներն են: Սա նշանակում է, որ ոչ հեռավոր ապագայում կզգացվի քաղցրահամ ջրի սուր պակաս: Հիմնախնդիրը մեղմելու համար անհրաժեշտ է տարբեր միջոցառումներ, ինչպիսիք են մոր ջրային աղբյուրների հայտնաբերումը, զնահատումը և պահանջարկի կառավարումը:

- Ստորգետնյա ջրային ավազանների զարգացումը և ստորգետնյա ավազաններում ջրի ամբարումը ջրի սղության հիմնահարցի լուծման ուղի է, հատկապես, եթե նկատի ունենանք դրանց թույլ սոցիալական և բնապահպանական ազդեցությունը, ինչպես նաև դրա հսկայական ներուժը: Ստորգետնյա ջրերի ամբարումը առավելություններ ունի մակերևութային ջրամբարների նկատմամբ: Ստորգետնյա ջրի պահեստարանները կարող են հետաքրքիր այլընտրանք դիտվել: Պահեստավորումը կարող է կատարվել մակերևութային մոտիկ գտնվող ջրատար հորիզոնում (օր. գետահուները): Ստորգետնյա ամբարտակները կարող են անապատացման դեմ պայքարի արդյունավետ մեթոդ լինել:

- Ստորգետնյա ամբարտակների կառուցման համար տեղանքի ընտրման կարևորագույն պարամետրերն են՝ ջրային պոտենցիալի առկայությունը, ավազային գետահունի առկայությունը, տեղագրական առանձնահատկությունները և երկրաբանական կառուցվածքը:

- Դաշտային հետազոտությունները ցույց են տվել, որ տեղական հոսքի առկայությունը, գետահունում խոշորաբեկոր ավազային նստվածքների առկայությունը կարևոր կանխանշան են ավազանում ստորգետնյա ամբարտակի կառուցման համար: Արբանյակային պատկերները կարող են օգտագործվել ավազային գետահուները որոշելու համար՝ հենվելով դրանց սպեկտրալ անդրադարձման արժեքների վրա: Ուսումնասիրվող տարածքում վերոնշյալ չափանիշի հիման վրա կազմվել են ստորգետնյա ամբարտակների կառուցման համար անհրաժեշտ հավանականության քարտեզներ:

- GIS-ի և հեռազննման համակարգի օգնությամբ հնարավոր է եղել որոշել առկա պոտենցիալ հոսքի զոնաների տարածաժամանակային փոփոխությունները չորային շրջանում, ինչպիսին է Յազդ-Արդաբանի ջրհավաք ավազանը, որտեղ հնարավոր չէ կիրառել հաշվարկման ավանդական մեթոդը:

- Ջրային հաշվեկշռի մեթոդը ցույց է տալիս, որ տարեկան հոսքը ջրհավաք ավազանից կազմում է 1063 մլն.մ3: Ստորգետնյա հոսքի մասնաբաժինը կազմում է գումարային հոսքի մոտ 50%-ը: Տարածաշրջանը շատ չոր է և տեղումների քանակը այնքան քիչ է, որ այն հազվադեպ է հողի խոնավությունը հասցնում իր ջուր պահելու ունակությանը: Հետևաբար, ջրհավաք ավազանից գումարային հոսքի կեսը առաջին հերթին կախված է ուղղակի հոսքից:

- Ջրի որոշ ավելցուկի առկայությունը դեկտեմբերից մարտ կարող է համարվել ստորգետնյա սնուցման զոնա ջրհավաք ավազանի հյուսիս-արևմտյան և արևմտյան մասերում: Տարեկան միջին գումարային գոլորշացումը շատ ավելի մեծ է, քան տեղումների քանակը և տարեկան ջրային պաշարները, որոնք



պլանավորվում են ստանալ տեղումների և առկա ջրի պահեստավորման միջոցով՝ ինչպես մակերևութային, այնպես էլ ստորգետնյա ջրամբարներում:

- Տեխնիկական ցուցումների համաձայն ստացված հիմնական չափանիշները կարևոր են ստորգետնյա ամբարտակի տեղանքի ընտրության համար, ինչը ավանդական մեթոդ է չափանիշների ստեղծման և տեղանքի ընտրության համար, որի դեպքում ծախսվում է շատ գումար և դաշտային աշխատանքների երկար ժամանակ: Մեր ուսումնասիրությունը իրականացվում է նմանատիպ հետազոտությունների համար համապատասխան ճշգրտությամբ, օգտագործելով RS-ի, GIS-ի, DSS-ի նվաճումները, որոնք տնտեսում են ներդրումները և կրճատում ժամանակը:

- Հեռազննման տվյալները, կիրառելով ամբողջական մոտեցումը, կարևոր դեր են խաղալու հատկապես հեռավոր շրջանների ջրհավաք ավազանների պարամետրերի որոշման և բնական պաշարների կառավարման լուծումների համար:

### **Առաջարկություններ**

- Ստորգետնյա ամբարտակների կառուցման համար տեղանքի ընտրության ժամանակ պարտադիր պետք է հաշվի առնել դրանց հասանելիությունը և հեռավորությունը գյուղական բնակավայրերից կամ գյուղատնտեսական հողահանդակներից:

- Այն տարածաշրջաններում, որտեղ կլիմայական պայմանները բարենպաստ չեն վերգետնյա պահեստարաններ ստեղծելու համար, պետք է կիրառվեն արհեստական սնուցման մեթոդները՝ վերգետնյա պահեստարաններից ջրի մեծ մասը տեղափոխելու ստորգետնյա պահեստարան հնարավորինս կարճ ժամանակամիջոցում, որը կարող է լինել հաջողված միջոց կամ տեխնիկա ջրի արագ տեղափոխման նպատակի համար:

- Ստորգետնյա ամբարտակների կառուցման համար մշակված մեթոդաբանությունը անհրաժեշտ է կիրառել նաև Իրանի համանման պայմաններ ունեցող այլ վայրերում՝ իհարկե, հաշվի առնելով տեղանքի առանձնահատկությունները:

**Ատենախոսության հիմնական արդյունքներն արտացոլվել են հեղինակի հետևյալ հրատարակումներում.**

1. Barkhordari Jalal & Kheirkhah Masoud, 2009, Applicationn of analytical diction making process for suitable location of underground dams construction, case study: Northern slopes of Shirkouh Mountains in Yazd, Watershed Management Researches Journal (Pajouhesh & Sazandegi), No.82, Vol.22, pp. 93-101. <http://www.pajouheshmag.ir/>
2. Barkhordari Jalal, 2009, The Sand Storage Dams, away out of flood and drought difficulty in Bashagard area, Journal of *Agricultural Aridity and drought*. No.8., pp.52-57
3. Barkhordari Jalal & Vardanian Trahel, 2010, Assessment of the monthly water balance in an arid region using TM model and GIS (case study: Pishkuoh watershed, Iran). *Caucasian Geographical Journal*, Tbilisi, Georgia, N 11, pp. 53-60
4. Barkhordari Jalal & Vardanian Trahel, 2010, Improving the Classification of Land Use /Cover of arid region Using Post-Classification Enhancement (A case study in pishkuh watershed, center of Iran), Proceeding of Map Asia, kualla lampour –Malaysia, pp. 34-41, [www.mapasia.org/2010](http://www.mapasia.org/2010)
5. Barkhordari Jalal, 2010, Underground Water resources Management Using Underground Dam Method, *Soil and Water Conservation Journal*.Vol.6 No.1, pp. 28-35, [www.scwmri.ac.ir](http://www.scwmri.ac.ir)
6. Barkhordari Jalal, Danaeian M.R& Vardanian Trahel, 2011, Application of subsurface dam in order to provide water for rural development. Proceeding of international conference " CLIMATE CHANGES AND NATURAL HAZARDS IN MOUNTAIN AREAS", Dushanbe, pp.100-101
7. Barkhordari Jalal, 2011, Estimate runoff from melting snow in the North Slope of Shirkouh mountain-Yazd, The First National Conference on Snow, Ice and Avalanche, Shahrekord, Iran. pp.646-653, [www.iranhydrology.net/conference/snow.aspx](http://www.iranhydrology.net/conference/snow.aspx)
8. Barkhordari Jalal & Vardanian Trahel, 2011, Identify runoff potential zones Using GIS and remote sensing in an arid basin: a case study of Yazd\_Ardakan basin, Iran, first international Scientific Research Conference of Iranian Students (Yerevan-Armenia), p. 135. [www.isau-srconf.org/](http://www.isau-srconf.org/)
9. Barkhordari Jalal & Vardanian Trahel, 2012, Using Post-Classification Enhancement in Improving the Classification of Land Use /Cover of arid region (A case study in pishkuh watershed, center of Iran),*Journal of Rangeland science*.Vol.2, No.2, pp.459-465 [www.Rangeland.ir](http://www.Rangeland.ir)
10. Barkhordari Jalal, 2013, Evaluation of a distributed monthly water balance model to determine catchment runoff in arid region using RS and GIS (A case study in Yazd-Ardakan basin). *Watershed Management Researches Journal* (Pajouhesh & Sazandegi), In Farsi. <http://www.pajouheshmag.ir/> (accepted)

## БАРХОРДАРИ ДЖАЛАЛ НОРУЗАЛОВИЧ

### РАСЧЕТ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА РЕГИОНА ЯЗД ИРАНА И ВЫБОР МЕСТ ПОДЗЕМНЫХ ДАМБ (ПОСРЕДСТВОМ СИСТЕМ RS, GIS И DSS)

#### Резюме

Потребность в пресной воде на земном шаре, в т. ч. и в Иране, изо дня в день растет. В этих условиях единственной альтернативой является рациональное использование и охрана водных ресурсов.

Язд-Ардаканский район Центрального Ирана стоит перед подобной проблемой-острой нехватки питьевой и оросительной воды. С целью решения проблемы необходимо переоценить запасы подземных вод территории, построить подземные хранилища для их восполнения. Подземная плотина-водохранилище строится в русле реки на водонепроницаемом основании, за которым накапливается песок. Когда подземная вода просачивается, она накапливается под слоем песка, уменьшая потери испарения и возможные риски загрязнения. Так как песок за плотиной уже накопился, создается большой водоносный горизонт. Дополнительные скопления подземных вод могут быть использованы в засушливые периоды.

Водные ресурсы исследуемой территории рассчитаны по методу водного баланса. Исследование водного баланса с применением моделей Торнтвейта и Мадера (ТМ) с помощью дистанционного зондирования и ГИС является очень важным для обнаружения дефицита или избытка влаги во всем водосборном бассейне. Модель водного баланса показывает, что годовой сток исследуемой территории составляет 1063,12 млн. м<sup>3</sup>.

Исследованный регион очень засушливый, и количество осадков настолько мало, что они редко насыщают влажность почвы до ее водоудерживающей способности. Поэтому общий сток исследуемой территории прежде всего зависит от непосредственного стока. Тем не менее имеется определенный избыток воды, который дополняет запасы подземных вод южных и юго-западных частей территории. В этих случаях среднегодовое потенциальное суммарное испарение намного больше, чем количество осадков, и годовое планирование водных ресурсов должно осуществляться посредством накопления осадков, доступных или в поверхностных, или в подземных водохранилищах.

Наличие стока, грубо-песчаные наносы в речных руслах и топографические условия являются наиболее важными факторами. Доступность местности, а также расстояние от населенных пунктов или сельскохозяйственных угодий также должны учитываться при строительстве подземных плотин. Имеются многочисленные исследования, которые свидетельствуют об экономической пользе сбора дождевых вод. Самыми важными параметрами, которые должны учитываться для идентификации подходящих для подземных плотин мест являются: доступная потенциальная вода, песчаное русло реки, соответствующая топография и геологические образования.

Полевые исследования показали, что наличие грубого материала в русле реки является важным индикатором пригодности дренажа территории для строительства подземных плотин. Для определения песчаных русел рек использованы спутниковые

изображения, основываясь на различие их спектрального коэффициента отражения. Исходя из условий исследуемой территории, выделены районы высокой и низкой вероятности по пригодности строительства плотин и составлены соответствующие карты.

Применив процесс принятия решений пригодности местности получена карта местности для подземных и песчаных дамб в конкретных экологических и геофизических условиях.

Для строительства подземных плотин пригодна 0,1% исследуемой территории, а для песчаных плотин-водохранилищ – 0,47%.

Проверка показала, что база данных и методология, использованные для разработки модели пригодности, включая их уровни, критерии и относительное значение критериев, дали надежные результаты.

**JALAL NORUZALI BARKHORDARI**

**THE CALCULATION OF THE SUBSURFACE RUNOFF AND THE SELECTION  
OF THE SITES FOR UNDERGROUND DAMS IN YAZD REGION OF IRAN  
(WITH USE OF RS, GIS AND DSS)**

**Abstract**

The demand in fresh water grows day by day in the world, as well as in Iran. The only option left to cope with this situation is the rational use and conservation of water resources.

The Yazd-Ardakan district in central Iran is facing a similar problem of acute shortage of drinking and irrigation water. In order to settle the problem it is necessary to re-evaluate the reserves of the groundwater in the territory, to construct underground storage dams for water recharge. A underground storage dam is being constructed in the riverbed, funded on an impermeable layer, behind which sand accumulates. When groundwater is recharged, it is stored below the newly accumulated sand, reducing evaporative losses and health risks. Because the sand behind the dam has accumulated a larger aquifer is created from which water can be obtained. This extra ground water buffer can be used to bridge the dry periods.

The water resources in this study area have been estimated by water balance assessment approach. The water balance study using the Thornthwaite and Mather (TM) models with the help of remote sensing and GIS is crucial in finding out the moisture deficit and moisture surplus for an entire watershed. The water balance model shows that the annual runoff from the study area is 1063,12 million m<sup>3</sup>.

The region is very dry and the rainfall is so little that it rarely replenishes the soil moisture to its water-holding capacity. Therefore, the total runoff from the study area depends primarily on the direct runoff. However, there is some surplus water, which recharges the groundwater in the south and south west parts of the study area. In such cases, the potential evapotranspiration (PET) is much higher than the rainfall and the annual water resource planning has to be done by conserving the rainfall, by storing the available water either in surface or in sub-surface reservoirs.

Local availability of runoff, coarse sand deposit in riverbed and topographic condition are the most important factors. The accessibility of the site has also to be

considered for construction of underground dam structures and distance from village qanat or farm lands. There are number of studies reports that rainwater harvesting can be economically profitable. The most important parameters to be considered in identifying areas suitable for underground dams are as follows: available potential water, available sand river bed, topographical correspondence and geological formations.

Field visits pointed out that the availability of coarse material in the riverbed is an important indication that a catchment area is suitable for the construction of underground dams.

Satellite images have been used to identify sandy riverbeds, based upon its difference in spectral reflectance. Based on conditions of the study area, high - and low probability areas for successful application of underground dams have been selected and their maps drawn.

The site suitability model generated a site suitability map for Subsurface Dams and Sand Storage Dams in particular environmental and geo-physical conditions using the decision making process . Based on 0,1% and 0,47% of the study area has Subsurface Dams and Sand Storage Dams suitability, respectively. The validation results showed that the database and methodology used for developing the suitability model including the suitability levels the criteria and the criteria's relative importance weights have given good results.

