

ՀՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ՍԱՀԱԿՅԱՆ ԷԼՅԱ ԷՄԻԼԻ

**ՋԱՎԱԽՔԻ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԴԱԿԻ ՍԵՅՍՄԻԿՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ
ԵՐԿՐԱԿԵՂԵՎԻ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ԼԱՐՎԱԾԱԴԵՖՈՐՄԱՑԻՈՆ ԴԱՇՏԻ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ**

Ատենախոսություն

ԻԴ.01.08 «Երկրաֆիզիկա, օգտակար հանածոների որոնման
երկրաֆիզիկական մեթոդներ» մասնագիտությամբ երկրաբանական
գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար

Գիտական ղեկավար՝

երկրաբանական գիտությունների դոկտոր,

Ա.Ս.Կարախանյան

Երևան, 2019

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

	ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ	3
ԳԼՈՒԽ 1.	ՋԱՎԱԽՔԻ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԴԱԿԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ	9
1.1	Ներածություն.....	9
1.2	Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի տարածքում նախկինում իրականացրած աշխատանքները.....	18
1.3	Խնդրի արդի վիճակը.....	22
ԳԼՈՒԽ 2.	ՋԱՎԱԽՔԻ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԴԱԿԻ ԵՎ ՀԱՐԱԿԻՑ ՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻ ՍԵՅՄՄԻԿՈՒԹՅՈՒՆԸ, ՍԵՅՄՄԻԿ ՌԵԺԻՄԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԸ (2005-2017ԹԹ.)	26
2.1	Օգտագործված տվյալներ՝ սեյսմիկ ցանցը և տվյալների մշակումը.....	28
2.2	Սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրեր: Տվյալների վերլուծություն.....	34
	Ամփոփում	44
ԳԼՈՒԽ 3.	ՋԱՎԱԽՔԻ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԴԱԿՈՒՄ ԵՎ ՀԱՐԱԿԻՑ ՏԱՐԱԾՔՆԵՐՈՒՄ ԳՐԱՆՑՎԱԾ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ՖՈԿԱԼ ՄԵԽԱՆԻԶՄՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿ ԵՎ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ	45
3.1	Ֆոկալ մեխանիզմների որոշման մեթոդիկան.....	48
3.2	Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակում տեղի ունեցած երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկը.....	53
3.3	Ստացված արդյունքները և վերլուծությունը.....	61
	Ամփոփում	76
ԳԼՈՒԽ 4.	ԵՐԿՐԱԿԵԴԵՎԻ ԼԱՐՎԱԾԱՅԻՆ ԴԱՇՏԻ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ	78
4.1	Լարվածության թենզորի որոշման ինվերսիոն մեթոդ.....	79
4.2	Լարվածության թենզորի կառուցումը.....	87
4.3	Ստացված արդյունքները և վերլուծությունը.....	93
4.4	Մոորի դիագրամ կամ լարվածային դաշտի երկչափ բաշխում.....	104
	Ամփոփում	108
	ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ	112
	ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	114
	Հավելվածներ	127

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Արաբական և Եվրասիական սալերի բախման (կոլիզիայի) գոտու կառուցվածքային միավորների շարքում Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակը հատուկ տեղ է զբաղեցնում պայմանավորված իր երկրաբանական կառուցվածքի, հրաբխականության և տեկտոնական ակտիվության առանձնահատկություններով [99]:

Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի տարածքի երկրակեղևի լարվածության դաշտի առանցքային բնութագրերը որոշելու համար, անհրաժեշտ են մի շարք ուսումնասիրություններ՝ շրջանի սեյսմիկ ակտիվության, սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի գնահատում, երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկ, խզվածքների շարժման կինեմատիկաների բնութագրում և այլն: Երկրակեղևի լարվածային դաշտի առանձնահատկություններն ուսումնասիրելու նպատակով, երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումների հիման վրա, կառուցվում են լարվածության թենզորներ, որոշվում են ռեգիոնալ և լոկալ լարվածային ռեժիմները, և առանձնացվում են սեղմման ու ընդարձակման գոտիները:

Ատենախոսությունում ներկայացվող հետազոտությունների ընթացքում իրականացվել են Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների (Ջավախքի, Սամսարի, Եղնախաղի հրաբխային լեռնաշղթաների և դրանց հարող Ախալքալաքի, Ծալկայի, Աշոցքի, Լոռվա սարահարթերի) սեյսմիկության վերլուծություն, սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի որոշում, երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկ, կազմվել են կինեմատիկ սեղմման (P) և ընդարձակման (T) առանցքների տարածման ուղղությունների բաշխման քարտեզներ:

Բացի այդ նաև իրականացվել է երկրակեղևի լարվածային դաշտի առանձնահատկությունների վերլուծություն, ուսումնասիրվող գոտու առանձին տեղամասերի լարվածության թենզորների կառուցում, լարվածային ռեժիմների որոշում, սեղմման և ընդարձակման գոտիների առանձնացում:

Թեմայի արդիականությունը

Արաբական և Եվրասիական սալերի բախումը և երկրակեղևի բլոկային կառուցվածքը պատճառ են հանդիսանում Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների լարվածադեֆորմացիոն դաշտի անընդհատ փոփոխություններին: Վերջիններս խիստ կերպով ազդում են ուսումնասիրվող տարածքի սեյսմիկ ակտիվության վրա: Տարածաշրջանում երկրաշարժերի էպիկենտրոնների խիտ կուտակումներով առանձնացող Ջավախքի բարձրավանդակի սեյսմիկ ռեժիմի գնահատումը, ինչպես նաև երկրակեղևի ժամանակակից լարվածադեֆորմացիոն դաշտի ուսումնասիրումը, կարևոր գիտակիրառական հիմնահարցեր են:

Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակը և հարակից տարածքները, որոնք կառուցվածքային դիրքի տեսակետից առանձնանում են տեկտոնական, հրաբխային և սեյսմիկ ակտիվությամբ, գիտական կարևորություն են ներկայացնում ամբողջ Կովկասում: Չնայած ուսումնասիրվող գոտում բազմիցս իրականացված գիտահետազոտական լայնածավալ աշխատանքների, այն դեռևս շարունակում է մնալ ուսումնասիրությունների համար մեծ հետաքրքրություն և կարևորություն ներկայացնող գոտի:

Աշխատանքի նպատակը և լուծված խնդիրները

Աշխատանքի հիմնական նպատակը Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների սեյսմիկության և երկրակեղևի ժամանակակից լարվածադեֆորմացիոն դաշտի առանձնահատկությունների վերլուծությունն է:

Աշխատանքի ընթացքում լուծվել են հետևյալ խնդիրները.

- Հետազոտվող տարածքի սեյսմիկության ուսումնասիրում, սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի գնահատում, երկրաշարժերի հիմնական պարամետրերի համասեռ կատալոգի կազմում 2005-2017 թթ. ժամանակահատվածի համար:
- Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակում և հարակից տարածքներում (2005-2017 թթ.) $M_{\geq 3.0}$ մագնիտուդով 58 երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների պարամետրերի որոշում և ֆոկալ մեխանիզմների կատալոգի կազմում:

- Կինեմատիկ գլխավոր առանցքների (P, T) և հորիզոնական սեղմման լարվածության (S_H) ուղղությունների որոշում, բաշխման համապատասխան քարտեզների կազմում:
- Լարվածային դաշտի սեղմման և ընդարձակման ուղղությունների (σ_1, σ_3) որոշում:
- Լարվածության թենզորների կառուցում ուսումնասիրվող տարածքի տարբեր տեղամասերի համար (Դեվլաուքսի և Սպիրների մեթոդով):
- Երկրակեղևի լարվածային ռեժիմների գնահատում, սեղմման և ընդարձակման դեֆորմացիաների ուղղությունների որոշում:

Պաշտպանվող դրույթները

- Զավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում սեյսմիկ ակտիվությունը հաստատում է այս գոտում ակտիվ խզվածքավորումը, և դրանց գերակշիռ կողաշարժային և վարնետքային բնույթը:
- Զավախքի հրաբխային լեռնաշղթան բնութագրվում է կողաշարժային (SS) լարվածային ռեժիմով: Այն ենթարկվում է հյուսիս-արևելք հարավ-արևմուտք ուղղությամբ սեղմմանը և հյուսիս-արևմուտք հարավ-արևելք ուղղությամբ ընդարձակմանը:
- Զավախքի խզվածքային գոտին բնութագրվում է վերնետքային լարվածային ռեժիմով՝ կողաշարժային բաղադրիչով, և ենթարկվում է ռադիալ սեղմմանը, որտեղ սեղմման ուժերի գերակշռող ուղղությունը հյուսիս-արևելք – հարավ-արևմուտքն է:
- Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտին հարող գոտու լարվածային ռեժիմը գնահատվել է վերնետքային (TF): Այս գոտին ևս ենթարկվում է ռադիալ սեղմմանը. այստեղ լարվածային դաշտի սեղմման առավելագույն ուղղությունը հյուսիս-արևմուտք – հարավ-արևելքն է:

Հետազոտությունների գիտական նորույթը

- Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների համար նոր համալրված տվյալներով հաշվարկվել են միջին երկրաշարժերի ($M_c \geq 3.0$) ֆոկալ մեխանիզմները, և կազմվել է ֆոկալ մեխանիզմների նոր կատալոգ (2005-2017 թթ.): Վերջինս հիմք է հանդիսանում երկրակեղևի լարվածադեֆորմացիոն դաշտի առանձնահատկությունների վերլուծական աշխատանքների համար:
- Հիմնավորվել է Զավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում ակտիվ խզվածքավորումը, ինչպես նաև գերակշիռ կողաշարժային և վարնետքային բնույթը:
- Որոշվել են երկրաշարժերի օջախներում կինեմատիկ սեղմման (P) և ընդարձակման (T) դեֆորմացիաների ուղղությունները, կազմվել են սեղմման և ընդարձակման առանցքների բաշխման քարտեզները:
- Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների երկրակեղևի լարվածության դաշտի առանձնահատկությունների վերլուծության հիման վրա որոշվել են լարվածության առանցքների տարածա-ժամանակային փոփոխությունները:
- Ուսումնասիրվող տարածքի երկրակեղևի առանձին հատվածների համար կառուցվել են լարվածության թենզորներ և բացահայտվել են լարվածության տարբեր ռեժիմներ:

Ուսումնասիրման մեթոդները

- Երկրաշարժերի ալիքային պատկերների վերծանում, սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի գնահատում, երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկում, ֆոկալ մեխանիզմների նոր կատալոգի կազմում, լարվածության թենզորների կառուցում և լարվածային ռեժիմների որոշում:
- Ժամանակակից համակարգչային ծրագրային փաթեթների կիրառում՝ DIMAS, MATLAB, ZMAP, GIS, FA (Focal Mechanism Solution), TENSOR (Stress Tensor, Stress Regime)՝ տվյալների բազա ստեղծելու, վերլուծելու և մեկնաբանելու նպատակով:

Գործնական նշանակությունը

- Ատենախոսությունում ներկայացված աշխատանքների արդյունքները հնարավորություն են ընձեռնում ճշտել հետազոտվող տարածքի սեյսմատեկտոնական մոդելը, կօգտագործեն սեյսմալոգիական, տեկտոնական վերլուծություններում:
- Երկրաշարժերի սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի (ներկայացուցչական մագնիտուդ (Mc); երկրաշարժերի կրկնելիության անկյունային գործակից (b value) և այլն) արժեքները կկիրառվեն հետազոտվող տարածքի սեյսմիկ վտանգի և ռիսկի գնահատման համար:
- Երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկը, լարվածության թենզորների կառուցումը և լարվածային ռեժիմների գնահատումը հնարավորություն են ընձեռնում վերանայել հետազոտվող տարածքում ժամանակակից լարվածային դաշտի, գործող տեկտոնական ուժերի, սեղմման և ընդարձակման դեֆորմացիաների, ինչպես նաև երկրակեղևի գեոդինամիկայի առանձնահատկությունները և բլոկների փոխազդեցությունը:

Փորձառականությունը և հրապարակումները

Աշխատանքի հիմնական դրույթները ներկայացվել և զեկուցվել են Վիեննայի «Երկրի մասին գիտությունների Եվրոպական Միության» (EGU) միջազգային գիտաժողովին (Վիեննա, 2018); Սպիտակի երկրաշարժի 30-րդ տարելիցին նվիրված «30 տարի անց փորձ և հեռանկարներ» միջազգային գիտաժողովին (Երևան, 2018); Գերմանիայի Դաշնային Հանրապետության GFZ գիտահետազոտական կենտրոնում կազմակերպված միջազգային վերապատրաստման սեմինարներին (Պոտսդամ, 2017); Թբիլիսիի Պետական Համալսարանի և Վրաստանի Իլյայի Պետական Համալսարանի կողմից կազմակերպված Առաջին Լեռնային Կովկասի Միջազգային Ֆորումում (Թբիլիսի, 2016); Վրաստանի Իլյա Պետական Համալսարանի կողմից Աբասթումանում կազմակերպված միջազգային խորհրդաժողովում (Աբասթուման, 2015); ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ

գիտական սեմինարներում, ԵՊՀ աշխարհագրության և երկրաբանության ֆակուլտետում տեղի ունեցած գիտաժողովներում՝ Հայ գրատպության 500-ամյակին և ԵՊՀ ՈՒԳԸ հիմնադրման 65-ամյակին նվիրված միջազգային գիտաժողովում (Երևան, 2013), Երևանի Պետական Համալսարանի հիմնադրման 95-ամյակին նվիրված հոբելյանական գիտաժողովում (Երևան, 2015): Հրատարակվել են թեմայի վերաբերյալ 3 գիտական հոդվածներ գրախոսվող ամսագրերում:

Աշխատանքի կառուցվածքը և ծավալը

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից, եզրակացությունից և առաջարկություններից, գրականության ցանկից՝ 151 անուն գրականությամբ, շարադրված է 126 էջի վրա:

Աշխատանքի կատարման վայրը և շնորհակալությունները

Ատենախոսությունը կատարվել է ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական Գիտությունների հնստիտուտում՝ Ե.գ.դ. Ա.Ս. Կարախանյանի ղեկավարությամբ: Հեղինակը հայտնում է իր խորին երախտագիտությունը գիտական ղեկավարին՝ ցուցաբերած մշտական ուշադրության և աջակցության, արժեքավոր խորհուրդների և դիտողությունների համար:

Հատուկ շնորհակալություն եմ հայտնում ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի տնօրինությանը և աշխատակիցներին՝ կազմակերպած քննարկումների և օբյեկտիվ գնահատականների համար:

Աշխատանքներին աջակցելու և դրանց ընթացքը խթանելու, ինչպես նաև բազմաթիվ խորհուրդների համար շնորհակալություն եմ հայտնում ԵԳԻ տնօրեն Ե.գ.դ. Խ.Մելիքսեթյանին, մ.գ.թ. Հ.Բաբայանին, Ե.գ.դ., պրոֆ. Ռ.Մինասյանին, Ե.գ.թ. Լ.Սարգսյանին, Ե.գ.թ. Ռ.Դուրգարյանին, Ե.գ.թ. Մ.Ավանեսյանին, Ե.գ.թ. Մ.Գևորգյանին, Ե.գ.թ. Հ.Իգիթյանին, Ե.գ.դ. Ա. Ավագյանին, Ե.-հ.գ.դ. Ս.Նազարեթյանին, ֆիզ.-մաթ.գ.թ. Ա.Առաքելյանին, Ա.Լևոնյանին, Ս.Առաքելյանին, Ե.գ.թ. Ռ.Միրիջանյանին, Ե.գ.թ. Ղ.Գալոյանին:

ԳԼՈՒԽ 1. ԶԱՎԱԽՔԻ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԴԱԿԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

1.1 Ներածություն

Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակը գտնվում է Արաբական և Եվրասիական սալերի բախման գոտում: Այն ծալքավոր և հրաբխային լեռների, լեռնազանգվածների, սարավանդների ու գոգավորությունների համալիր է:

Ուսումնասիրությունների համար առանձնացրել ենք Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակը և հարակից տարածքները, որի կազմի մեջ են մտնում Զավախքի, Սամսարի, Եղնախաղի հրաբխային լեռնաշղթաները և դրանց հարող Ախալքալաքի, Ծալկայի, Աշոցքի, Լոռվա սարահարթերը: Զավախքի և Սամսարի լեռնաշղթաներն իրենցից ներկայացնում են հրաբխային կենտրոնների համալիր՝ համապատասխանաբար հյուսիս-հարավ և հարավ արևմուտք – հյուսիս արևելք տարածմամբ: Եղնախաղի հրաբխային լեռնաշղթան գտնվում է Զավախքի լեռնաշղթայից արևմուտք և հատում է Կարսի և Ախալքալաքի սարահարթերը [6]:

Այստեղ լայն տարածում ունեն տարբեր կազմի, հասակի և հզորության հրաբխային գոյացումները, բարձրավանդակը ծածկում են միոպլիոցեն և չորրորդական պիրոկլաստիկ գոյացումները և անդեզիտ-դացիտային, բազալտային, դոլերիտային լավային ծածկույթները [59, 45, 63, 28]:

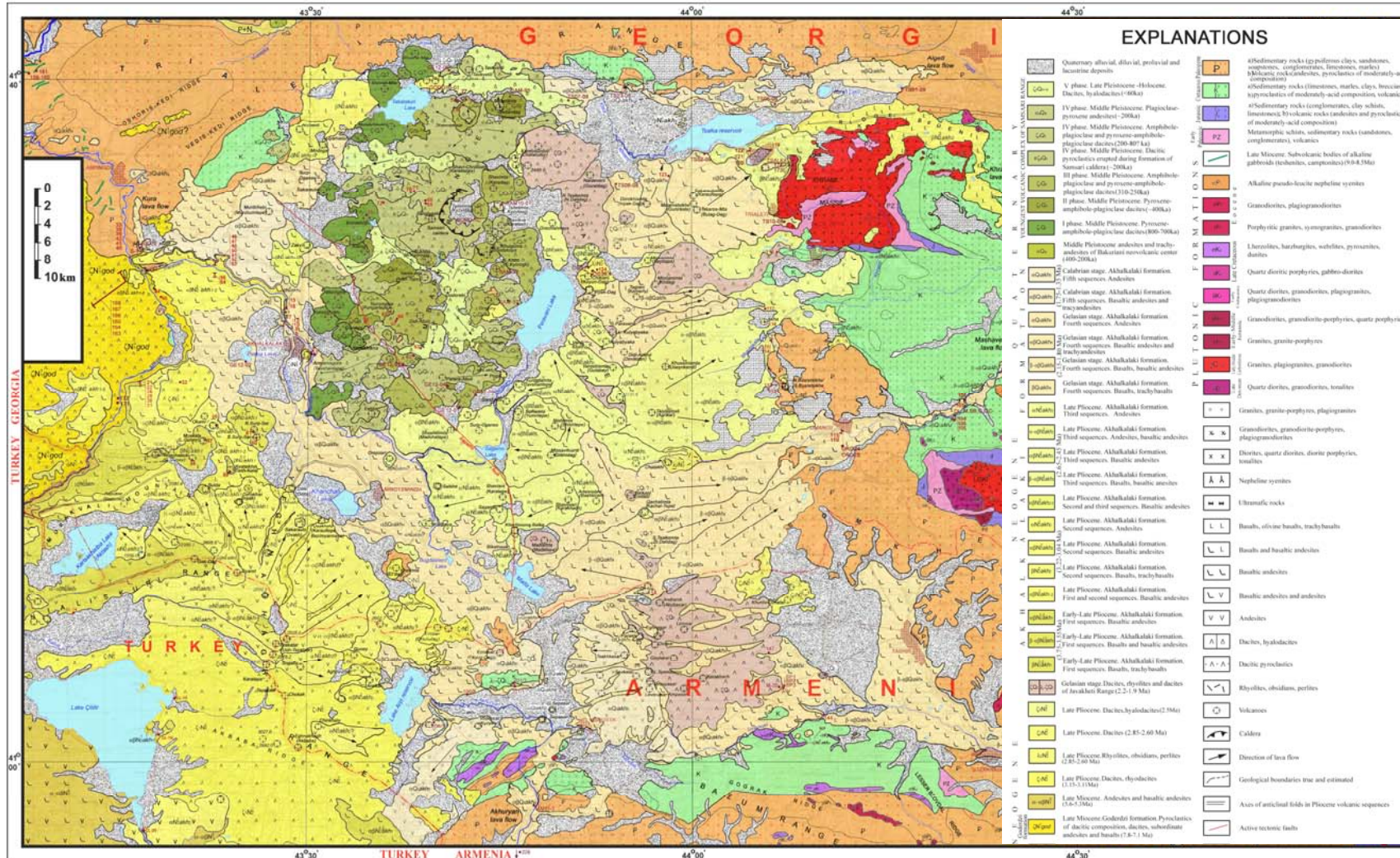
Զավախքի բարձրավանդակի կենտրոնական մասում են գտնվում Աբուլի լեռը, Փարավանի լիճը, Սամսարի կալդերան և այլն: Այստեղ հրաբխային ակտիվության հավանական ավարտ է համարվում պլեյստոցենը (մոտ 30 Ka) [110] – Հոլոցենը [70]:

Նկ. 1.1-ում ներկայացված է Լեբեդև Ա.-ի կողմից կազմված Զավախքի բարձրավանդակի և հարակից տարածքների երկրաբանական քարտեզը՝ 1/200000 մասշտաբի [114]:

GEOLOGICAL MAP OF JAVAKHETI VOLCANIC AREA (LESSER CAUCASUS)

Scale 1 / 200 000

2015



Նկար 1.1 Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի երկրաբանական քարտեզը

[114]

Ուսումնասիրվող գոտում է գտնվում կառուցվածքային առանձնահատկություններով տարբերվող Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթան: Այն իրենից ներկայացնում է հարավային ձգվածությամբ 3000-3200 մետր բացարձակ նիշերի տիրույթում գտնվող հրաբխային զանգված: Կազմված է միոպլիոցենի անդեզիտաբազալտներից, անդեզիտներից և այլն [59]:

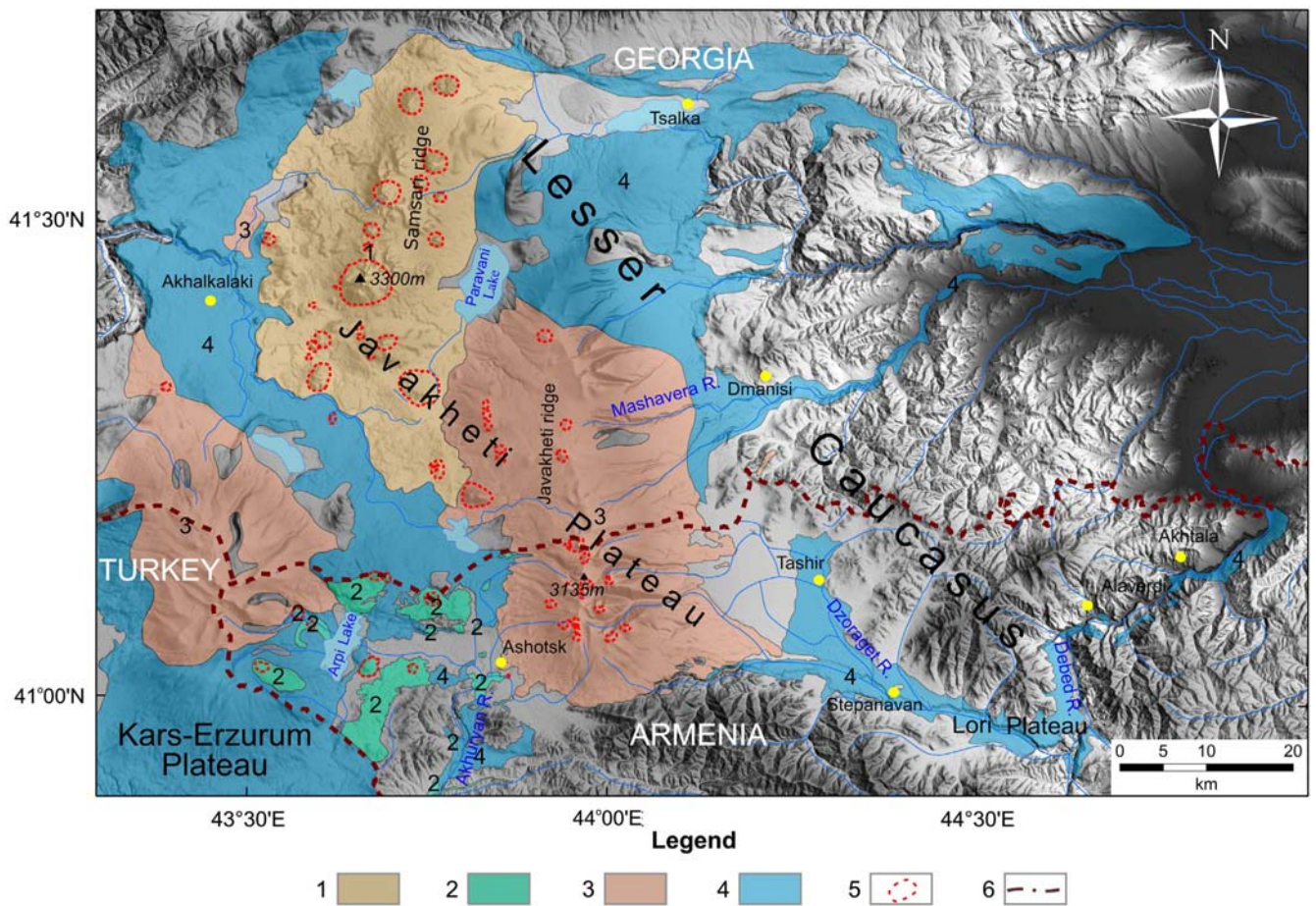
Հրաբխականություն: Գրականության մեջ Ջավախքի բարձրավանդակի հրաբխականությունը բնութագրվում է որպես «Դոմինոյի էֆեկտ», այսինքն, լոկալ տեղամասում հրաբխականության մարումը արդյունք է մեկ այլ գոտում հրաբխականության ակտիվացման, ընդ որում այդ տեղաշարժն իրականանում է միջօրեականի ուղղությամբ տարածվող մագմատիկ գոտիներում [111]: Այսպիսի երևույթ հայտնի է նաև այլ մոնոգեն (արեալ) հրաբխային մարզերին [85]:

Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի կազմավորումը սկսվել է ուշ միոցենում, և ավարտվել է ուշ պլեյստոցեն-հոլոցենում: Նեոգեն-չորրորդական հրաբխականության զարգացման պատմության ընթացքում այստեղ առանձնանում են տարբեր հասակի հրաբխականության երեք շրջաններ՝ ուշ միոցեն – վաղ պլիոցեն; ուշ պլիոցեն – վաղ պլեյստոցեն և ուշ պլեյստոցեն-հոլոցեն [56, 58, 110, 127, 42, 86]: Դրանք իրարից խիստ տարբերվում են իրենց արտահայտման ինտենսիվությամբ, ժայթքման տիպերով, տարածման մասշտաբներով և հաճախ նաև նյութական կազմով:

Ջավախքի բարձրավանդակում կարևոր երկրաբանական օբյեկտ են հանդիսանում ուշ պլիոցեն – վաղ պլեյստոցեն հասակի բազալտային հոսքերը, որոնք գրականության մեջ հայտնի են որպես «դոլերիտային բազալտներ», կամ պլատոբազալտներ, որոնց հզորությունը հասնում է մինչև 350 մետրի [53, 63, 118, 140]: Ըստ չորրորդական հասակի հրաբխային ժայթքման բնույթի տիպերի՝ Ջավախքում գործում են մոնոգեն, պոլիգեն, լավային, պիրոկլաստիկ, լավային-պիրոկլաստիկ կենտրոնական հրաբուխներ [56]: Հրաբխային ապարները ներկայացված են բազալտային անդեզիտներով, անդեզիտներով, դացիտներով, ռիոլիթներով, գերակշռում են դացիտները [125, 113]:

Ամենաերիտասարդ ապարները (400 Ka– մինչև հոլոցեն) գտնվել են Ջավախքի բարձրավանդակի կենտրոնական մասում, Սամսարի լեռնաշղթայում (Աբուլի լեռ, Փարավանի լիճը, Սամսարի կալդերան և այլն) (նկ. 1.2): Այստեղ հրաբխային ակտիվության հավանական ավարտ է համարվում պլեյստոցենը (մոտ 30 Ka) [110] – հոլոցենը [70, 127]:

Ջավախքի լեռնաշղթայում հրաբխականությունը տեղի է ունեցել վաղ պլեյստոցենում (1,92-1,23 Ma) [45]:



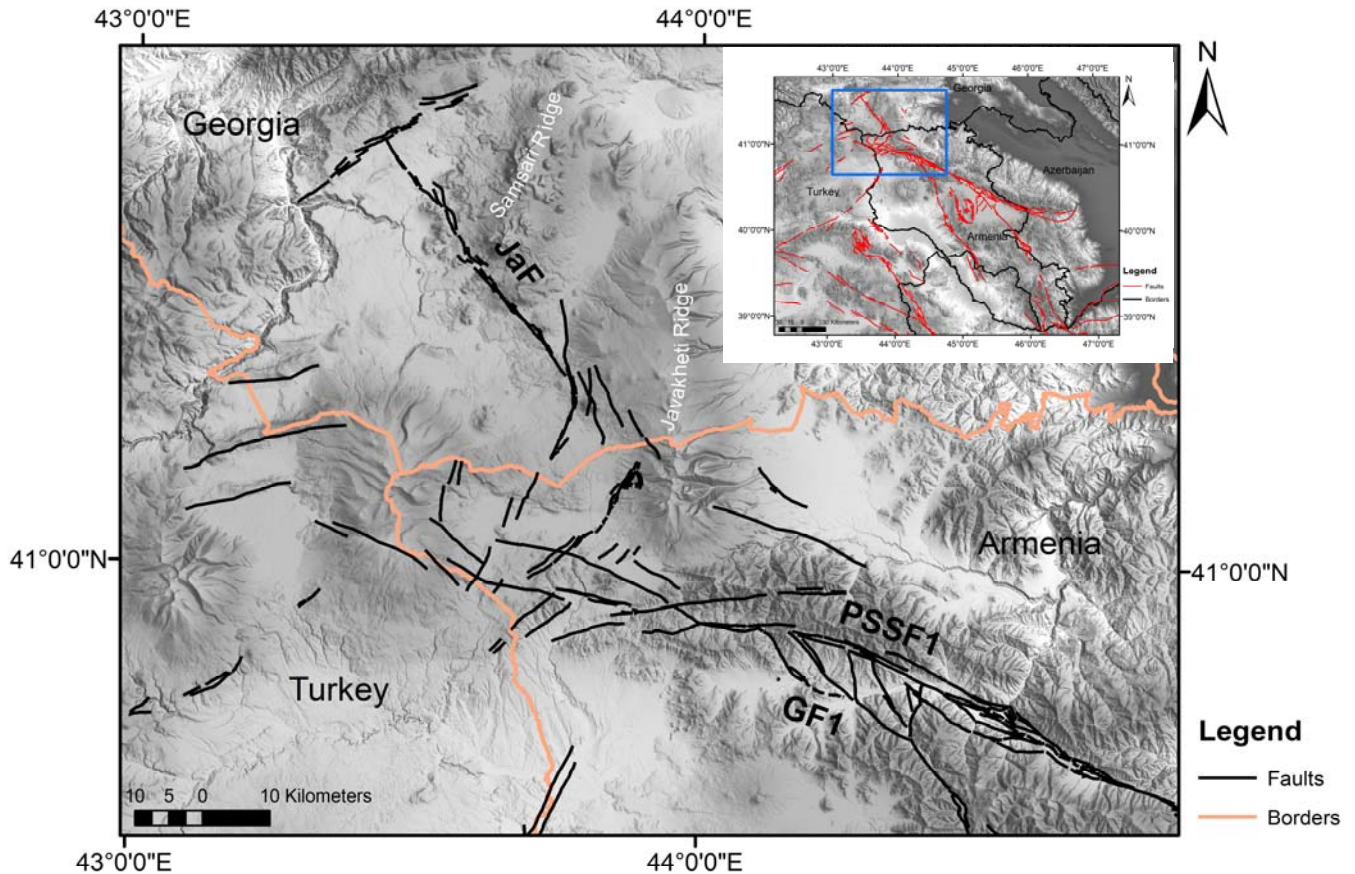
Նկար 1.2 Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների հրաբխականության քարտեզ (1- ուշ պլեյստոցեն-հոլոցեն, 2- վաղ և միջին պլեյստոցենի հրաբխային կենտրոններ, 3- վաղ պլեյստոցեն, 4- ուշ պլեյստոցեն – վաղ պլեյստոցեն, 5- հրաբխային կենտրոններ, 6- միջպետական սահման) [91]

Ինչպես նշվեց, Սամսարի լեռնաշղթան, ըստ հրաբխականության հասակի, ամենաերիտասարդն է Ջավախքի բարձրավանդակում: Լեռնաշղթայի ամենաբարձր նիշը Դիդի Աբուլ հրաբուխն է (3300 մ): Լեռնաշղթայի կենտրոնական մասում առանձնանում են 240-180 Ka հասակի կալդերաներ, իսկ հյուսիսային հատվածում՝ <10 Ka հասակի հրաբխային խարամներ [39]: Ըստ K-Ar թվագրման տվյալների՝ Սամսարի լեռնաշղթայում առանձնացվում են հրաբխականության հետևյալ փուլերը. վաղ միջին պլեյստոցեն (800-700 Ka), միջին պլեյստոցեն (400 Ka), ուշ պլեյստոցեն և հոլոցեն (<50 Ka) [39]: Կան տվյալներ հոլոցենի հասակի ակտիվության վերաբերյալ [127]:

Սամսարի լեռնաշղթայից հարավ արևելք ուղղությամբ գտնվում է Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթան: Այն բարդեցված է դացիտային և անդեզիտային հոսքերով [60]: Համաձայն [112] աշխատանքի՝ լեռնաշղթայի հրաբխականության հասակը գնահատվել է վերին պլիոցեն:

Ներառելով հասակների գնահատման նախկինում թվագրված տվյալները և վերոնշյալ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ մեթոդով ստացված նոր տվյալները՝ Մելիքսեթյան Խ. իր ատենախոսությունում կազմել է Ջավախքի բարձրավանդակի պլեյստոցեն-հոլոցեն հրաբխականության կոնցեպտուալ մոդելը, որի հիմքում ենթադրվում է Ջավախքի և Սամսարի լեռնաշղթաների տարածքում մեկ ընդհանուր մագմատիկ օջախի գոյությունը: Համաձայն այդ մոդելի՝ Ջավախքի լեռնաշղթայի տարածքում հրաբխականությունն ակտիվ է եղել 1.9-1.23 Ma միջակայքում, այնուհետև շուրջ 0.4 Ma ժամանակ գրանցվել է հրաբխականության ակտիվության դադար, որից հետո 0.8-0.7 Ma ժամանակահատվածում Սամսարի լեռնաշղթայի տարածքում է գրանցվել հրաբխային ակտիվություն և շարունակվել է ներառյալ հոլոցենը: Այսինքն, տեղի է ունեցել հրաբխականության միգրացիա Ջավախքի լեռնաշղթայից դեպի հյուսիս-արևմուտք [45]:

Խզվածքներ: Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակը և հարակից տարածքները հատում են մի շարք ակտիվ խզվածքներ (նկ. 1.3), որոնք ունեն շարժման տարբեր կինեմատիկաներ, սահքի արագություններ, և որոնց հետ են կապված ինչպես պատմական, այնպես էլ գործիքային ժամանակաշրջանի բազմաթիվ երկրաշարժեր:



Նկար 1.3 Ուսումնասիրվող գոտու ակտիվ խզվածքների քարտեզ [103]

Զավախքի խզվածքը հատում է Զավախքի և Սամսարի հրաբխային լեռնաշղթաների արևմտյան մասը: Այն ունի 77 կմ երկարություն և ուսումնասիրվել է 2007-2012 թթ-երի ընթացքում Հայաստանի, Վրաստանի, Միացյալ Նահանգների և Ֆրանսիայի մասնագետների համատեղ հետազոտությունների շրջանակում [101]: Խզվածքի որոշ սեգմենտներ նկարագրված են [131, 127] աշխատանքներում:

Ջավախքի խզվածքի տարածումը հյուսիս – հյուսիս արևմուտք է: Խզվածքի առանձին սեգմենտներ բնութագրվում են վերնետքային և կողաշարժային շարժման կինեմատիկաներով: Ջավախքի ակտիվ խզվածքի հետ են կապված հետևյալ ուժեղ երկրաշարժերը՝ $M = 6.4$; 1088, $M = 6.4$; 1899, $M = 6.4$; 1912, և $M = 5.6$; 1925 [101, 129, 83]:

Ջավախքի խզվածքի հարավային սեգմենտը տարածվում է հյուսիս - հյուսիս արևմուտք ուղղությամբ, և ունի հստակ արտահայտված երկու սկարպ՝ 15-20 մ բարձրությամբ և 3 կմ երկարությամբ: Վերջիններս միմյանց հետ կապակցված են 1 կմ երկարությամբ վերնետք խզվածքով՝ կազմելով եռանկյունաձև դեպրեսիա [103]: Ըստ [148] մոդելի Ջավախքի խզվածքով պայմանավորված առավելագույն սպասվող մագնիտուդը գնահատվում է 7.3 [101]:

Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտ:

Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքը համարվում է Հայաստանի ամենաակտիվ խզվածքը, որի սեյսմիկ վտանգն առավելագույնն է ամբողջ Կովկասում [99, 145, 68]:

Խզվածքի հյուսիս-արևմտյան (PSSF-1) սեգմենտը բնութագրվում է վերնետք շարժման կինեմատիկայով՝ աջակողմյան կողաշարժ կոմպոնենտով [103]:

Սեգմենտի տարբեր հատվածներում սահքի արագությունը շատ կտրուկ փոփոխվում է (նվազում է) [135]: Երկրաբանական հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ խզվածքի հյուսիս-արևմտյան (PSSF-1) սեգմենտի վրա սահքի արագությունը 4.8 մմ/տարի արժեքից [135, 145] նվազում է մինչև 2.2 մմ/տարի [130]:

Պալեոսեյսմոլոգիական և արխեոսեյսմոլոգիական ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի առավելագույն սպասվող մագնիտուդը գնահատվում է $Mw7.5$ [103]:

Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտից դեպի հարավ տարածվում է Գառնիի խզվածքը:

Գառնիի խզվածքը կազմված է 4 սեգմենտներից: Սահքի արագության վերաբերյալ երկարաժամկետ տվյալներ հասանելի են միայն հյուսիսային սեգմենտի համար (GF-1), այն կազմում է 3 մմ/տարի հորիզոնական սահք [145]: GPS տվյալների համաձայն հորիզոնական և ուղղահայաց բաղադրիչներն ունեն համապատասխանաբար 0.6 մմ/տարի և 0.1 մմ/տարի սահքի արագություններ [102]: Պալեոսեյսմոլոգիական ուսումնասիրությունների արդյունքում այս խզվածքի հետ են կապվում $M = 6.7 - 7.1$ մագնիտուդով երկրաշարժեր [130, 99, 138, 121]: Այս խզվածքի հետ են կապված նաև պատմական ուժեղ երկրաշարժեր, որոնցից 1827 թվականի $M=6.6$ մագնիտուդով երկրաշարժի էպիկենտրոնը գտնվում է Գառնիի խզվածքի առաջին և երկրորդ սեգմենտների հատման հանգույցում [100]:

Ուսումնասիրությունների համար առանձնացված տարածքում է գտնվում նաև 1988թ. $M_s=7.0$ մագնիտուդով Սպիտակի երկրաշարժի օջախային գոտին [8], որտեղ Գառնիի խզվածքի հյուսիսային սեգմենտը հատում է Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքին (PSSF-2):

Բացի վերը նշված ակտիվ խզվածքներից, ուսումնասիրվող տարածքը հատում են մակերեսին հստակ կամ թույլ արտահայտված մի շարք խզվածքային խախտումներ (նկ. 1.4) [132]:



Նկար 1.4 Ջավախքի բարձրավանդակի խզումները (1-խզվածքներ (a- մակերեսին խիստ արտահայտված ձևախախտումներով, b- մակերեսին արտահայտված ձևախախտումներով, c- մակերեսին քիչ արտահայտված ձևախախտումներով, d- մակերեսին շատ թույլ արտահայտված ձևախախտումներով), 2- կողաշարժային խզվածքներ, 3- վերնետքային խզվածքներ, 4- վարնետքային խզվածքներ, 5- սկարպեր) [132]

Ռեբայի և ուր. 1993 թ.-ի աշխատանքում ներկայացվել են Ջավախքի բարձրավանդակը հատող խզվածքային խախտումների դասակարգումն՝ ըստ Երկրի մակերեսին արտահայտվածության, համաձայն որոնց Ջավախքի և Սամսարի հրաբխային լեռնաշղթաների երկայնքով հատում են մակերեսին գրեթե չարտահայտված «ենթադրյալ» խզվածքներ (նկ. 1.4) [132]:

1.2 Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակի տարածքում նախկինում իրականացրած աշխատանքները

Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակում և հարակից տարածքներում երկրաբանական, տեկտոնական, շերտագրական, գեոմորֆոլոգիական ուսումնասիրություններ, ինչպես նաև երկրակեղևի առանձնահատկություններին, խորքային կառուցվածքի ուսումնասիրությանն ուղղված բազմաթիվ հետազոտություններ են իրականացվել դեռևս սկսած անցյալ դարի սկզբներից [29,46,54,30,47,48,13,23,61,45,28,33,102,63,60,50,4]:

Այս գոտու համար երկրաբանական կառուցվածքի վերաբերյալ առաջին նկարագրությունները տրվել են 20-րդ դարի սկզբներին տարբեր հեղինակների կողմից [11,49,52,43,44,14,47,59]:

Հրաբխածին և հրաբխա-նստվածքային կազմավորումների հասակի գնահատման վերաբերյալ աշխատանքներ են իրականացրել 20-րդ դարի կեսերից սկսած [21,22,110,14,47,58]:

Լեբեդև և ուր. կողմից իրականացված հետազոտություններում [39,110] նշվում է, որ Սամսարի լեռնաշղթան նորագույն հրաբխականության կենտրոնն է հանդիսանում ամբողջ Փոքր Կովկասում, և իր հրաբուխներից շատերն ակտիվ են եղել Չորրորդական ժամանակաշրջանում:

Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակի արևմտյան հատվածի համար (Փոքր Կովկասի հյուսիս-արևմտյան հատված) իրականացվել են պլիոցենի մագմատիկ ակտիվության Իզոտոպիկ-երկրաժամանակագրական ուսումնասիրություններ: Արդյունքները ցույց են տալիս, որ բարձրավանդակի այս հատվածում պլիոցենում հրաբխային ակտիվությունը տևել է շուրջ 2 մլն տարի՝ 3.75-1.75 Ma.: Ուսումնասիրվող տարածքում հրաբխային ապարներն իրենց կազմով համապատասխանում են հիմնականում K-Na սուբալկալիական կազմով բազալտներին [111]:

2015 թ-ին իրականացվել են Ar-Ar և K-Ar ուսումնասիրություններ լավային տարածքներում: Հիմնվելով այս տվյալների վրա՝ հեղինակներն իրականացրել են հրաբխա-շերտագրական կառուցվածքի վերադասավորումը և փորձել են գնահատել չորրորդականում մագմայի ծագումը [126]:

Ջավախքի տարածքում երկրակեղևի բլրկային կառուցվածքի ուսումնասիրմանն ուղղված աշխատանքներ իրականացվել են 20-րդ դարի սկզբից սկսած, երբ ականավոր երկրաբան Ֆ.Օսվալդը առաջին անգամ 1906 թ-ին սխեմատիկորեն ներկայացրեց Կովկասի բլրկային կառուցվածքը, որը հետագայում բազմիցս հաստատվել է երկրաբանական և երկրաֆիզիկական մեթոդների համալիր կիրառման արդյունքում, համաձայն որոնց Ջավախքի բարձրավանդակը և հարակից տարածքները բնութագրվում են երկրակեղևի դիֆերենցված կառուցվածքով, իրարից խիստ տարբերվող երկրաբանական շերտայնությամբ:

Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի երկրաբանական բարդ կառուցվածքի պատճառով երկար տարիներ հնարավոր չի եղել իրականացնել խորքային կառուցվածքի ուսումնասիրություններ հայտնի մեթոդներով:

Ջավախքի բարձրավանդակում առաջին կոմպլեքս սեյսմիկ հետազոտությունն իրականացվել է 1979-1980 թթ-երին: Օգտագործելով տեղական թույլ և հեռավոր ուժեղ երկրաշարժերի տվյալները՝ իրականացվել են Ջավախքի սեյսմոգեն գոտու երկրակեղևի կառուցվածքային առանձնահատկությունների ուսումնասիրություններ [35]: Սեյսմոհետախուզական մեթոդի կիրառմամբ ուսումնասիրվող տեղամասում առանձնացվել են կտրվածքներ, գնահատվել են ֆունդամենտը կազմող շերտերի հզորությունները, համաձայն որոնց գրանիտային շերտի հզորությունը՝ ամենափոքր արժեքն ունի Բորժոմի և Բակուրիանի շրջաններում՝ 12,5 կմ, իսկ ամենամեծը՝ Սամսարի շրջանում՝ 16,5 կմ: Բազալտային շերտի նվազագույն հզորություններ դիտվել են Սամսարի և Բազումի շրջաններում՝ 25 կմ, առավելագույնը՝ Բակուրիանի շրջանում՝ 30,5 կմ [35]:

Ջավախքի բարձրավանդակում նստվածքային շերտի հզորությունը կտրուկ նվազում է արևմուտքից արևելք ուղղությամբ՝ հասնելով 0,7 կմ ամենափոքր արժեքին: Այդ նույն ուղղությամբ նվազում է նաև գրանիտային շերտը՝ հասնելով 13,5 կմ-ի: Բազալտային շերտը, ընդհակառակը, արևմուտքից արևելք ուղղությամբ աճում է 28 կմ-ից հասնելով 32 կմ-ի [35]:

Ջավախքի բարձրավանդակում երկրակեղևի գեոդինամիկայի ուսումնասիրման նպատակով GPS չափումներ են իրականացվել 2007 թ-ին, համաձայն ստացված արդյունքների Ջավախքի խզվածքային գոտին բնութագրվում է հյուսիս-հարավ ուղղությամբ սեղման (3.5 մմ/տարի արագությամբ) և արևմուտք-արևելք ուղղությամբ ընդարձակման (3.7 մմ/տարի) կինեմատիկայով [78]:

2013 թ-ին գործող 12 ժամանակավոր GPS կայանների տվյալներով Ջավախքի գոտում իրականացված հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ որ հրաբխային բարձրավանդակում գերակշռում են ընդարձակման դեֆորմացիաները [98]:

2012-2014 թթ.-երին Կարախանյան և ուր., կողմից Ջավախքի խզվածքի տարածքում իրականացրել են պալեոսեյսմոլոգիական և արխեոսեյսմոլոգիական հետազոտություններ. փորվել են երկու պալեոսեյսմոլոգիական խրամուղիներ խզվածքի հյուսիսային և հարավային ֆլանկներին: Իրականացված ուսումնասիրությունների արդյունքների համաձայն՝ Ջավախքի ակտիվ խզվածքի հետ են կապված երեք ուժեղ պատմական երկրաշարժեր [101]:

Կովկասի, մասնավորապես, ՀՀ տարածքի և Ջավախքի բարձրավանդակի ժամանակակից սեյսմիկության ուսումնասիրությանն ուղղված աշխատանքներ են իրականացվել տարբեր հեղինակների կողմից [18,31]:

ՀՀ տարածքում և Ջավախքի բարձրավանդակում գրանցված երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների կոորդինատների ճշտությունը բարձրացնելուն և հուսալի արդյունքներ ստանալուն ուղղված աշխատանքներ են իրականացվել Ավետիսյան և ուր. կողմից, որտեղ անդրադարձ է կատարվել Ջավախքի բարձրավանդակի երկրաշարժերին [71]: Երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների խորությունների արժեքների ճշտությունը բարձրացնելու նպատակով Ղազարյանի կողմից առաջարկվել է

սեյսմաբանական տվյալների մշակման և դիտարկման արդյունքների վերլուծության նոր մեթոդաբանություն, որը թույլ է տալիս մաթեմատիկական մոդելավորման միջոցով համադրել երկրաշարժերի հիպոկենտրոնի կոորդինատների որոշման մեթոդները, գնահատել դրանց հուսալիության աստիճանը տարբեր ելակետային տվյալների առկայության դեպքում [7]: Վերահաշվարկվել են ՀՀ և հարակից տարածքներում գրանցված երկրաշարժերի էպիկենտրոնների և հիպոկենտրոնների կոորդինատները [7]:

Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակում և հարակից տարածքներում երկրակեղևի գեոդինամիկ հետազոտություններ և լարվածային դաշտի ուսումնասիրություններ իրականացնելու նպատակով երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկներ սկսել են իրականացնել դեռևս անցյալ դարի կեսերից սկսած [27,62,32,33,34,50,24,4]:

ՀՀ և հարակից տարածքներում երկրաշարժերի օջախի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկին հիմնավոր, կարելի է ասել առաջին անգամ, անդրադարձել է Կարապետյանն իր հրատարակումներում, որոնց արդյունքների համաձայն, Ջավախքի բարձրավանդակի տարածքում խզման հարթությունների սեղմման կինեմատիկ առանցքները տարածվում են մեծամասամբ մերձմիջօրեական ուղղությամբ [31,32]: Այնուհետև, այլ հեղինակների կողմից իրականացվել են տարբեր աշխատանքներ՝ ՀՀ և հարակից տարածքների լարվածային դաշտի ուսումնասիրությունների ուղղությամբ՝ հիմնվելով ֆոկալ մեխանիզմների լուծումների վրա [49, 11, 23, 4, 9, 141, 146]: Ըստ այդ ուսումնասիրությունների, Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և Հայաստանի հյուսիս-արևմտյան հատվածի համար լարվածության սեղմման առանցքներն ունեն մերձմիջօրեական, իսկ ընդարձակման առանցքները՝ մերձհորիզոնական գերակշռող ուղղություն: Ըստ Սպիտակի երկրաշարժի գոտու պալեոտեկտոնական լարվածությունների դաշտի սեղմման և ընդարձակման դեֆորմացիաների տվյալների՝ պալեոսեղմման ռեգիոնալ ուղղությունը մերձմիջօրեական է (10°) [12]:

ՀՀ և հարակից տարածքներում տեկտոնական լարվածային դաշտի ուսումնասիրությանն և վերլուծությանն ուղղված բազմաթիվ լայնամասշտաբ հետազոտություններ են իրականացվել Կարախանյան, Ավագյան և ուրիշների կողմից [99,67,69,1]:

Չնայած ուսումնասիրվող գոտում բազմիցս իրականացված գիտահետազոտական լայնածավալ աշխատանքների, այն դեռևս շարունակում է մնալ ուսումնասիրությունների համար մեծ հետաքրքրություն և կարևորություն ներկայացնող սեյսմիկ գոտի:

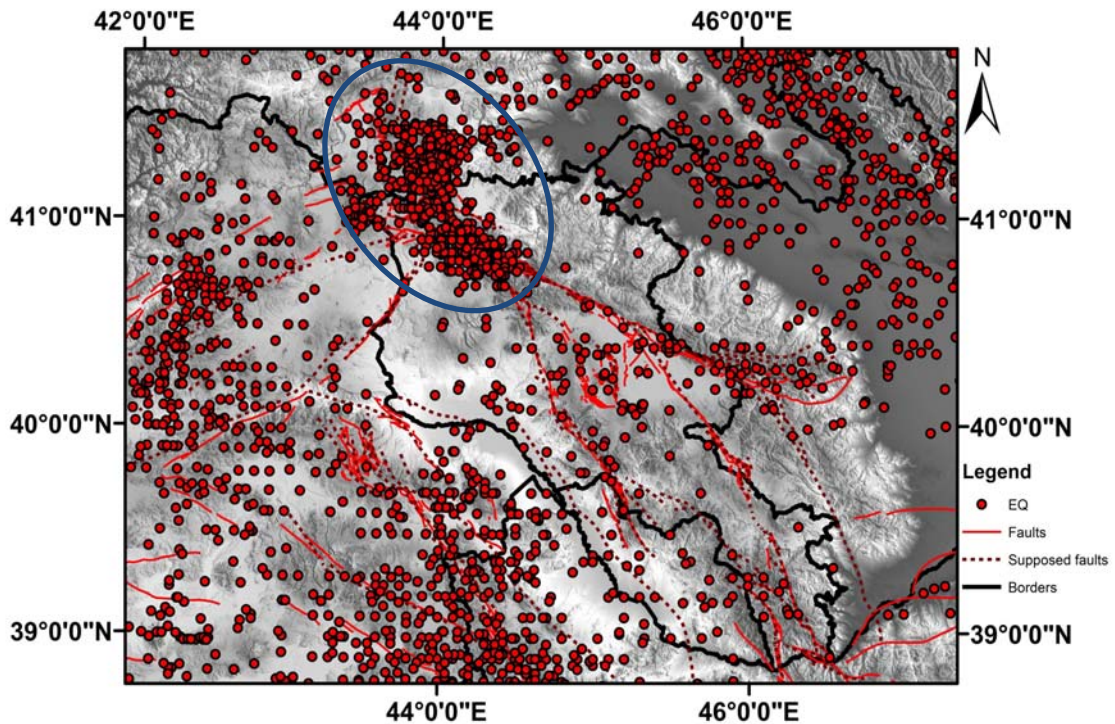
Հաշվի առնելով վերոնշյալը, ատենախոսության շրջանակներում իրականացվել են Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների համար սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի գնահատման, սեյսմիկության ուսումնասիրության, վերջին տարիներին գոտում գրանցված երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկման, երկրակեղևի լարվածության դաշտի առանձնահատկությունների ուսումնասիրման, լարվածության թենզորների կառուցման, լարվածային ռեժիմների գնահատման, լարվածության սեղմման և ընդարձակման գոտիների առանձնացման աշխատանքներ: Ընդ որում, հետազոտությունների արդյունքները հիմնված են գերժամանակակից թվային սեյսմիկ դիտացանցի տվյալների բազայի վրա, կիրառվել են նոր մաթեմատիկական մոդելներ, հաշվարկներն իրականացվել են համակարգչային նոր ծրագրերով:

1.3 Խնդրի արդի վիճակը

Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակն ամբողջ Կովկասում առանձնանում է իր բարձր սեյսմիկ ակտիվությամբ: Այս սեյսմածին գոտին բոլոր ժամանակներում աչքի է ընկնում երկրաշարժերի էպիկենտրոնների կուտակումներով [9]:

Որպես օրինակ, նկ. 1.5-ում բերված է 1962-2017 թթ. ժամանակահատվածի ընթացքում միայն $M \geq 3.0$ մագնիտուդով երկրաշարժերի էպիկենտրոնների բաշվածության քարտեզը, որից ակնհայտ երևում է, որ Ջավախքի սեյսմածին գոտում

երկրաշարժերի գրանցումները շուրջ 2-3 անգամ գերազանցում են հարևան տարածքներում գրանցվածներին:



Նկար 1.5 ՀՀ և հարակից տարածքների սեյսմիկությունը (1962-2017թթ.; $M \geq 3.0$)

Քանի որ, ուսումնասիրվող գոտու տեկտոնական ակտիվության, երիտասարդ հրաբխականության առկայության հետ մեկտեղ այն առանձնանում է նաև սեյսմիկ ակտիվությամբ, հետևաբար, Զավախքի բարձրավանդակի և հարակից տարածքների սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի գնահատումը, սեյսմիկության ուսումնասիրումը, մշտապես արդիական է, և գիտական տեսակետից մեծ կարևորություն ներկայացնող: Դիտարկենք այն, որ նման բարձր սեյսմիկությամբ դրսևորվում է մի տարածք, որն ունի հարուստ երկրաբանական բնութագիր, առանձնանում է հրաբխային և տեկտոնական ակտիվությամբ: Սա ավելի է կարևորում գոտու սեյսմիկության ուսումնասիրումը, սեյսմիկ ռեժիմի գնահատումը, որոնց ժամանակ առաջնային խնդիր է երկրաշարժերի՝ ըստ ծագման տարանջատումը (տեկտոնական, հրաբխա-տեկտոնական, հրաբխային):

Դա թույլ է տալիս դիտարկել երկրաշարժերի դրսևորումներն ըստ ծագման: Օրինակ, մեծ քանակությամբ թույլ երկրաշարժերի գրանցումները, որոնք ունեն ոչ մեծ խորությամբ հիպոկենտրոններ, դրսևորվում են էպիկենտրոնների օրինաչափ կուտակումներով, հանդես են գալիս պարսերով (երկրաշարժերի ընտանիք), հնարավոր է բացատրվի մագմատիկ օջախների ակտիվությամբ: Միջին և ուժեղ երկրաշարժերը, որպես կանոն, ունենում են տեկտոնական ծագում, և հարուցվում են տեկտոնական ակտիվության հետևանքով, իսկ դրանց ֆոկալ մեխանիզմով որոշված պարամետրերը կիրառվում են սեյսմոտեկտոնական մոդելի կառուցման, սեյսմիկ վտանգի գնահատման, ակտիվ տեկտոնիկայի ուսումնասիրման աշխատանքներում, ինչպես նաև սեյսմոլոգիական, տեկտոնական վերլուծությունների ժամանակ [147]:

Երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները լայնորեն կիրառվում են նաև տարածքի երկրակեղևի լարվածային դաշտի առանձնահատկություններն ուսումնասիրելու նպատակով, լուծումների տվյալներով կառուցվում են լարվածության թենզորները, որոնց միջոցով որոշվում են ռեգիոնալ և լոկալ լարվածային ռեժիմները, և առանձնացվում են սեղմման և ընդարձակման գոտիները:

Երկրակեղևի լարվածադեֆորմացիոն իրավիճակի մասին տեղեկություններ կարող են տալ տվյալ տարածքով անցնող խզվածքների տարածման ուղղությունները, խզման հարթությունների անկման անկյունները, խզվածքների շարժման տեսակը, այդտեղ առկա սեյսմիկ ակտիվությունը, ինչպես նաև հրաբուխների բաշխվածության ձգվածությունը, և այլն [34,67,69]:

Ուստի որևէ տարածքի երկրակեղևի լարվածային դաշտի առանձնահատկությունների առանցքային բնութագիրը տալու համար, անհրաժեշտ է իրականացնել մի շարք գիտահետազոտական ուսումնասիրություններ՝ կապված տեղանքի սեյսմիկության ակտիվության, երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հնարավոր հաշվարկի, դրանով բացատրվող խզվածքների շարժման կինեմատիկաների բնութագրման և այլնի հետ: Ընդ որում լարվածության դաշտի ընթացիկ վիճակի վրա անմիջապես կարող են ազդել մի շարք գործոններ, այդ թվում ներսալային սեյսմիկությունը, որը կարող է կապված լինել գոյություն ունեցող

խզվածքների հետ, հրաբխային կլաստերների առկայությունը, խզվածքային գոտիներում առկա սեղմման և ընդարձակման ռեգիոնալ ուժերը և այլն [103]:

Այսպիսով, Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակը և հարակից տարածքները, որոնք կառուցվածքային դիրքի տեսակետից առանձնանում են տեկտոնական, հրաբխային և սեյսմիկ ակտիվությամբ, գիտական կարևորություն են ներկայացնում ամբողջ Կովկասում:

Ուսումնասիրվող գոտին ամբողջությամբ ներփակող բոլորովին նոր գերժամանակակից թվային սեյսմիկ դիտացանցի տվյալներով հնարավոր է դարձել նոր և համալրված տվյալներով իրականացնել գոտում ոչ միայն ուժեղ, այլ նաև միջին ուժգնության երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկ ($M_L \geq 3.0$): Խզման հարթությունների պարամետրերի (strike, dip, rake), կինեմատիկ սեղմման (P) և ընդարձակման (T) առանցքների, հորիզոնական սեղմման լարվածության S_H ազիմուտային ուղղությունների և տեկտոնական ռեժիմների տվյալների հիման վրա կազմվել է ($M_L \geq 3.0$) երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների նոր կատալոգ 2005-2017թթ. ժամանակահատվածի համար: Վերջիններիս տվյալների կիրառմամբ կառուցվել են երկրակեղևի լարվածության թենզորներ առանձին տեղամասերի համար:

Երկրաշարժերի ալիքային պատկերների մշակման, ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկման, ինչպես նաև լարվածության թենզորների կառուցման և լարվածային ռեժիմների գնահատման աշխատանքներն իրականացվել են համակարգչային նոր ծրագրերի կիրառմամբ, որոնք ապահովում են տվյալների մշակման և ստացման բարձր ճշտությունը (DIMAS, MATLAB, GIS, FA (Focal Mechanism Solution), TENSOR (Stress Tensor, Stress Regime):

**ԳԼՈՒԽ 2. ԶԱՎԱԽՔԻ ՀՐԱՔԽԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԴԱԿԻ ԵՎ ՀԱՐԱԿԻՑ
ՏԱՐԱԾՔՆԵՐԻ ՍԵՅՍՄԻԿՈՒԹՅՈՒՆԸ, ՍԵՅՍՄԻԿ ՌԵԺԻՄԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԸ
(2005-2017ԹԹ.)**

Զավախքի հրաբխային բարձրավանդակը և հարակից տարածքները, գտնվելով Արաբական և Եվրասիական սալերի բախման գոտում և ունենալով բլրկային կառուցվածք, անընդհատ ենթարկվում են սալերի բախման գործընթացով պայմանավորված լարվածադեֆորմացիոն փոփոխությունների: Վերջիններս դրսևորվում են հատկապես տեկտոնական տարրերի ակտիվացմամբ, սեղմման և ընդարձակման գոտիների առանձնացմամբ և այլնով: Ինչպես հայտնի է, սեղմման և ընդարձակման տեկտոնական գործընթացներն ուղեկցվում են խզվածքների ակտիվացմամբ և երկրաշարժերով [81,95,69]: Սեյսմիկ գոտու երկրակեղևի լարումնադեֆորմացիոն փոփոխությունները խիստ կերպով կապված են այդ գոտու սեյսմիկության վրա: Որևէ տարածքի սեյսմիկ ակտիվության քանակական բնութագիրը տալու համար անհրաժեշտ է կատարել այդ գոտու սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի գնահատում, և վերլուծություն: Երկրաշարժերի էպիկենտրոնների, հիպոկենտրոնների, օջախում կուտակված էներգիաների բաշխման օրինաչափությունները և քանակական գնահատականները շատ կարևոր են տվյալ տարածքի սեյսմիկության տարածաժամանակային առաձնահատկությունների ուսումնասիրման համար:

Սեյսմիկության տարածական և ժամանակային փոփոխության վերլուծությունը կարող է բնութագրել տվյալ սեյսմիկ գոտում ակտիվ և պասիվ սեյսմիկության փուլերը, առանձնացնել որևէ ուժեղ երկրաշարժին նախորդած սեյսմիկ պասիվությունը (սեյսմիկ անդորր) և դրան հաջորդած ակտիվությունը՝ հետցնցումներով պայմանավորված: Սա շատ կարևոր է հատկապես որևէ սեյսմիկ գոտում սեյսմիկ վտանգի գնահատման տեսակետից [2]:

Երկրաշարժերի էպիկենտրոնների օրինաչափ կուտակումները կարող են վկայել որևէ մագմատիկ կամ տեկտոնական օջախի ակտիվացման մասին, իսկ հետցնցումների վերլուծությունը կարող է բնութագրել օջախում կուտակված էներգիայի պարպման վարքը, ինչպես նաև լարվածային դաշտի առանձնահատկությունները:

Երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների խորությունների որոշումը թույլ է տալիս գնահատել տվյալ գոտու «սեյսմոակտիվ շերտ»-ի հզորությունը: Սովորաբար երկրակեղևի «սեյսմոակտիվ շերտ» հասկացությունը շատ հեղինակներ սահմանում են երկրակեղևի այն խորությունները, որտեղ գրանցվում են այդ տարածքում երկրաշարժերի հիմնական մասը [16,17]:

Որևէ սեյսմոակտիվ գոտու սեյսմիկությունը բնութագրելու համար կարևոր է որոշել երկրաշարժերի կրկնելիությունը, այսինքն, տվյալ մագնիտուդով երկրաշարժերի տեղի ունենալու հաճախականությունը: Երկրաշարժերի մագնիտուդ-հաճախականային կապի որոշումը թույլ է տալիս հաշվարկել տվյալ գոտու ներկայացուցչական մագնիտուդը (Mc) տվյալ ժամանակահատվածի համար: Այն հանդիսանում է գլխավոր պարամետր սեյսմիկ վտանգի գնահատման ժամանակ:

Վերը նշված խնդիրների լուծումները սեյսմիկ հետազոտությունների և վերլուծությունների կարևոր մասն են կազմում: Դրանց իրականացման համար անհրաժեշտ են հնարավորինս շատ սեյսմիկ տվյալներ, որոնց ստացման համար կարևոր է խիտ սեյսմիկ ցանցի առկայությունը:

Ուսումնասիրվող գոտում և հարակից տարածքներում, հատկապես վերջին տասնամյակում գործում է գերժամանակակից մշտական սեյսմիկ ցանց: Վերջինս ապահովում է սեյսմիկ տվյալների հսկայական բազա, ինչն էլ հնարավոր է դարձնում այս գոտու սեյսմիկության ուսումնասիրման, սեյսմիկ ռեժիմի գնահատման և վերլուծության աշխատանքների իրականացումը:

Ջավախքի սեյսմոակտիվ գոտու սեյսմիկ առանձնահատկությունները և դրսևորումները վերլուծելու համար իրականացվել են սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի ուսումնասիրություններ՝ օգտագործելով 2005-2017 թթ. ժամանակահատվածում գրանցված ավելի քան 2000 սեյսմիկ իրադարձության տվյալները: Այս աշխատանքում կատարվել է սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի որոշում, կազմվել են էպիկենտրոնների քարտեզներ, մագնիտուդների, խորությունների կամ երկրաշարժերի քանակի փոփոխության ժամանակային գրաֆիկներ, և դիագրամաներ:

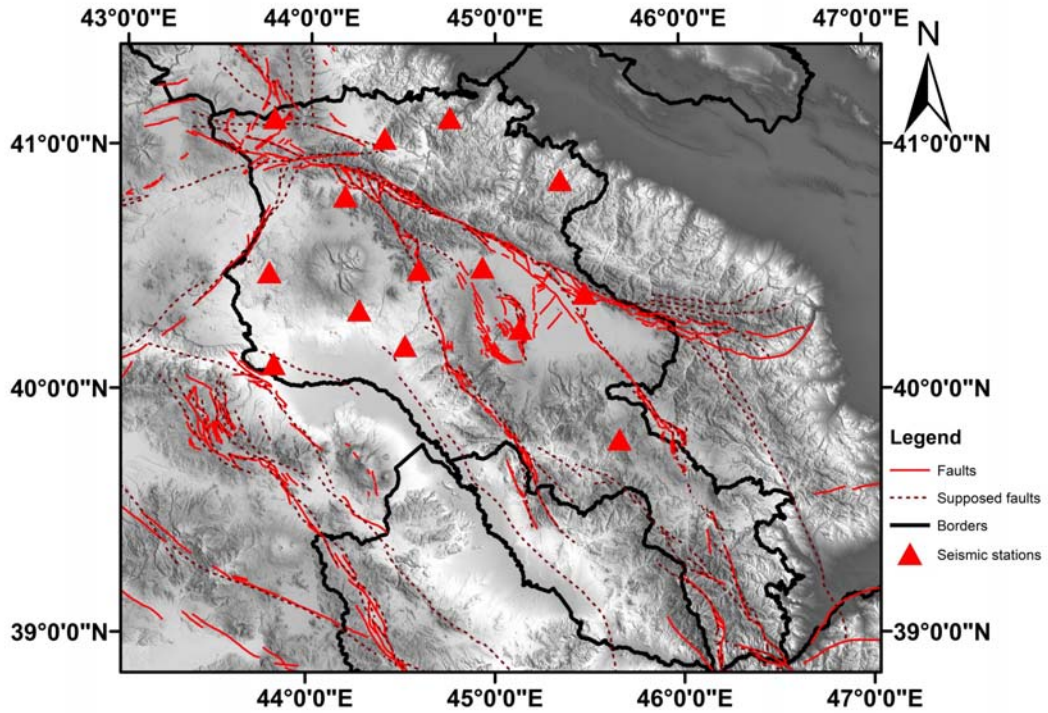
Ընդ որում, նշված հետազոտությունների նպատակով, մեր կողմից կազմվել է նոր համալրված կատալոգ, որն ապահովում է տվյալների համասեռություն՝ ըստ մագնիտուդի և ըստ ժամանակահատվածի: Կատալոգի մեջ ներառվել են տվյալներ միջազգային սեյսմոլոգիական կենտրոնի (ISC), Եվրո-Միջերկրական սեյսմոլոգիական կենտրոնի (EMSC), Սեյսմիկ պաշտպանության ազգային ծառայության (ՍՊԱԾ), Վրաստանի ազգային սեյսմիկ կատալոգներից, ինչպես նաև ԳԱԱ ԵԳԻ սեյսմիկ ցանցի նոր կազմված կատալոգից:

2.1 Օգտագործված տվյալներ. սեյսմիկ ցանցը և տվյալների մշակումը

Ուսումնասիրությունների համար առանձնացված գոտին հատում է Հայաստան-Վրաստան միջպետական սահմանը, և վարչական տարածքով գտնվում է Հայաստանի հյուսիս-արևմտյան և Վրաստանի հարավ-արևմտյան հատվածում: Սեյսմիկ հետազոտություններ իրականացնելու համար օգտագործվել են ինչպես Հայաստանի, այնպես էլ Վրաստանի, Թուրքիայի, Ադրբեջանի սեյսմիկ կայանների գրանցումների տվյալները:

2012թ.-ից սկսած Թայվանի ակադեմիայի հետ համագործացության շրջանակներում Ջավախքի գոտին ընտրվել է որպես Փոքր Կովկասում ուսումնասիրությունների թեստային գոտի: Հայաստանի և Վրաստանի տարածքում տեղադրվել են ժամանակակից (Guralp-6TD) թվային սեյսմիկ կայաններ: Տեղադրված նոր ժամանակակից գերզգայուն սեյսմիկ կայանները հնարավորություն տվեցին կտրուկ բարելավելու ուսումնասիրվող գոտում երկրաշարժերի գրանցումը, մշակումը և այլն:

Ինչպես երևում է նկ. 2.1, ՀՀ տարածքում տեղադրվել են 14 սեյսմիկ կայաններ: Յուրաքանչյուր սեյսմիկ կայանում տեղադրված է Guralp-6TD տիպի լայնաշերտ եռաբաղադրիչ թվային սեյսմոմետր՝ տատանումների գրանցման $0.033 \div 50$ Hz հաճախականությունների տիրույթում [40]: Սեյսմիկ կայանները հիմնականում բաշխված են ՀՀ կենտրոնական և հյուսիսային հատվածներում (նկ. 2.1):



Նկար 2.1 ԳԱԱ ԵԳԻ սեյսիկ կայանների տեղադիրքը

Սեյսմիկ կայանները տեղադրվել են դաշտային պայմաններում հաշվի առնելով տեղանքի ֆիզիկա-երկրաբանական պայմանները՝ ապահովելով տեղանքի աղմուկի նվազագույն ֆոն:

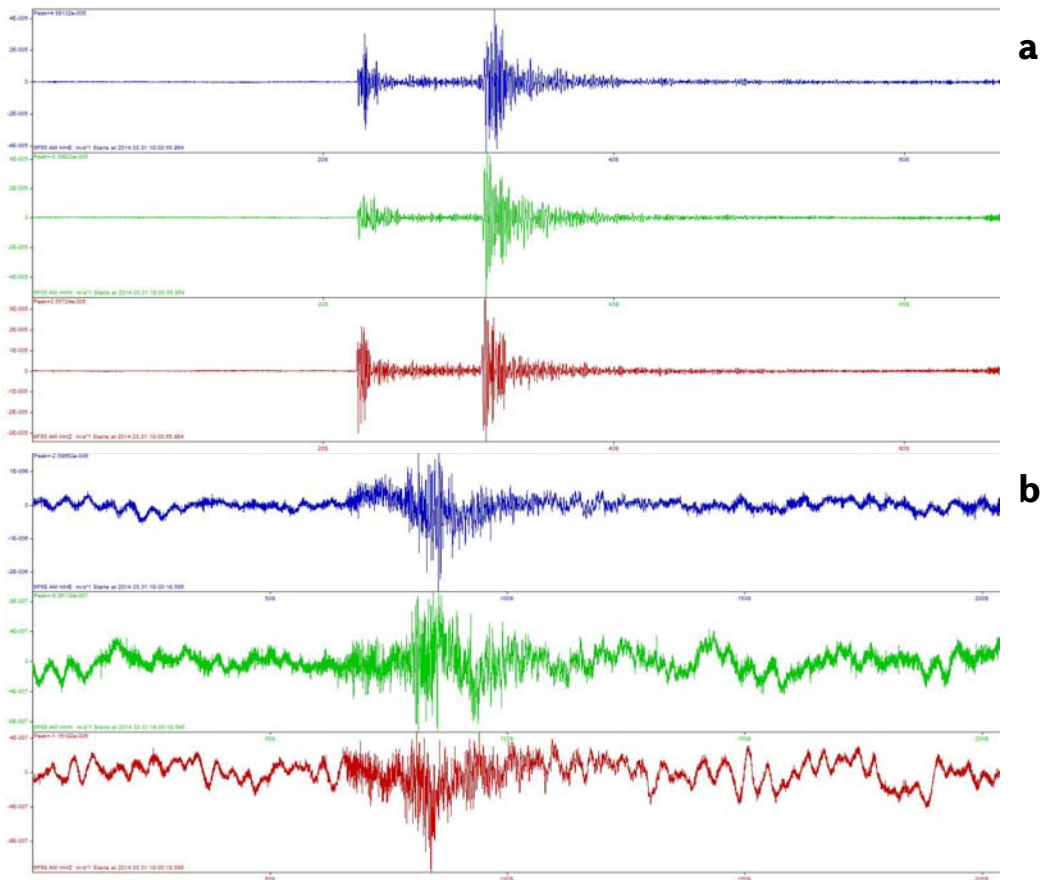
Աղյուսակ 2.1-ում ներկայացված են նշված սեյսմիկ կայանների կոորդինատները և բացարձակ բարձրությունների նիշերը:

Աղյուսակ 2.1

Սեյսմիկ կայանը	Տեղադիրքը		
Ալավերդի	41.1215N	44.7543E	h=644մ
Արզական	40.4977N	44.5903E	h=1704մ
Բավրա	41.1150N	43.8036E	h=2010մ
Լճաշեն	40.5077N	44.9319E	h=1967մ
Նավուր	40.8664N	45.3512E	h=1467մ
Ծափաթաղ	40.4002N	45.4811E	h=1998մ
Զարինջա	40.4821N	43.7842E	h=1668մ
Գեղարքունիք	40.2567N	45.1368E	h=2114մ
Կեչուտ	39.8031N	45.6645E	h=1990մ
Վանանդ	40.1079N	43.8136E	h=1031մ
Ստեփանավան	41.0353N	44.4009E	h=1410մ
Ջրաշեն	40.7972N	44.1905E	h=1700մ

Բյուրական	40.3298N	44.2696E	h=1402մ
Երևան	40.1850N	44.5165E	h=1051մ

Կայաններում գրանցված երկրաշարժերի սեյսմոգրամները պարբերաբար հավաքագրվում և արխիվացվում են ԵԳԻ Գեոարխետոլոգիայի և գեոմոնիթորինգի լաբորատորիայում: Երկրաշարժերի ալիքային պատկերի մշակման և վերծանման նպատակով, սեյսմոգրամները բերվում են համապատասխան ձևաչափի (mini-SEED):

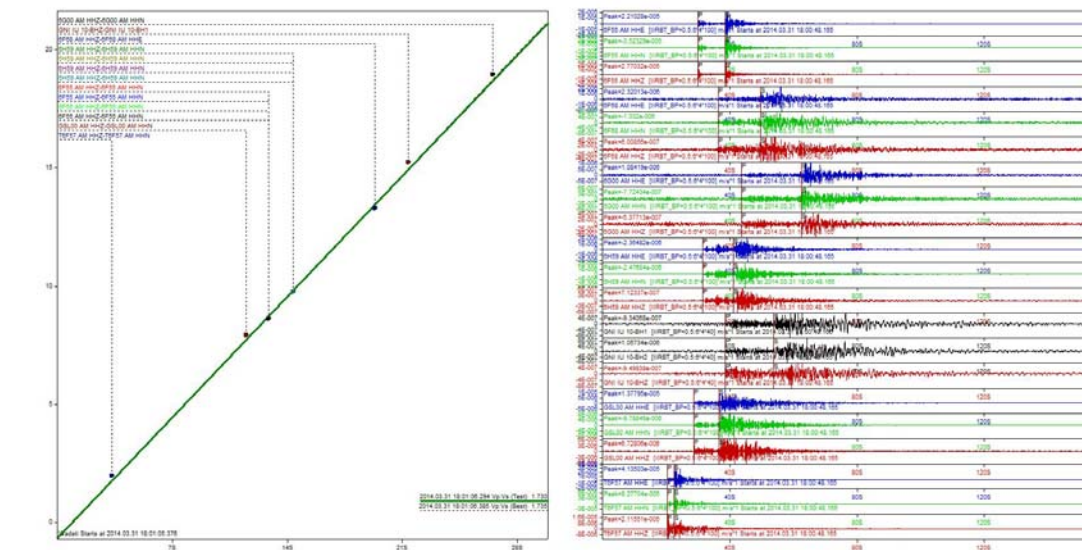


Նկար 2.2. Տվյալների մշակումը DIMAS համակարգչային ծրագրով
 a) Չֆիլտրված ազդանշան b) Ֆիլտրված ազդանշան (Butterworth bandpass; 0.2-5Hz)

Գրանցված երկրաշարժերի մշակումը, ալիքային պատկերների վերլուծությունը, P և S ալիքների մուտքերի ժամանակների որոշումը, ալիքների բևեռայնության և սպեկտրալ վերլուծությունները իրականացվում են DIMAS (DIMAS- Display, Interactive

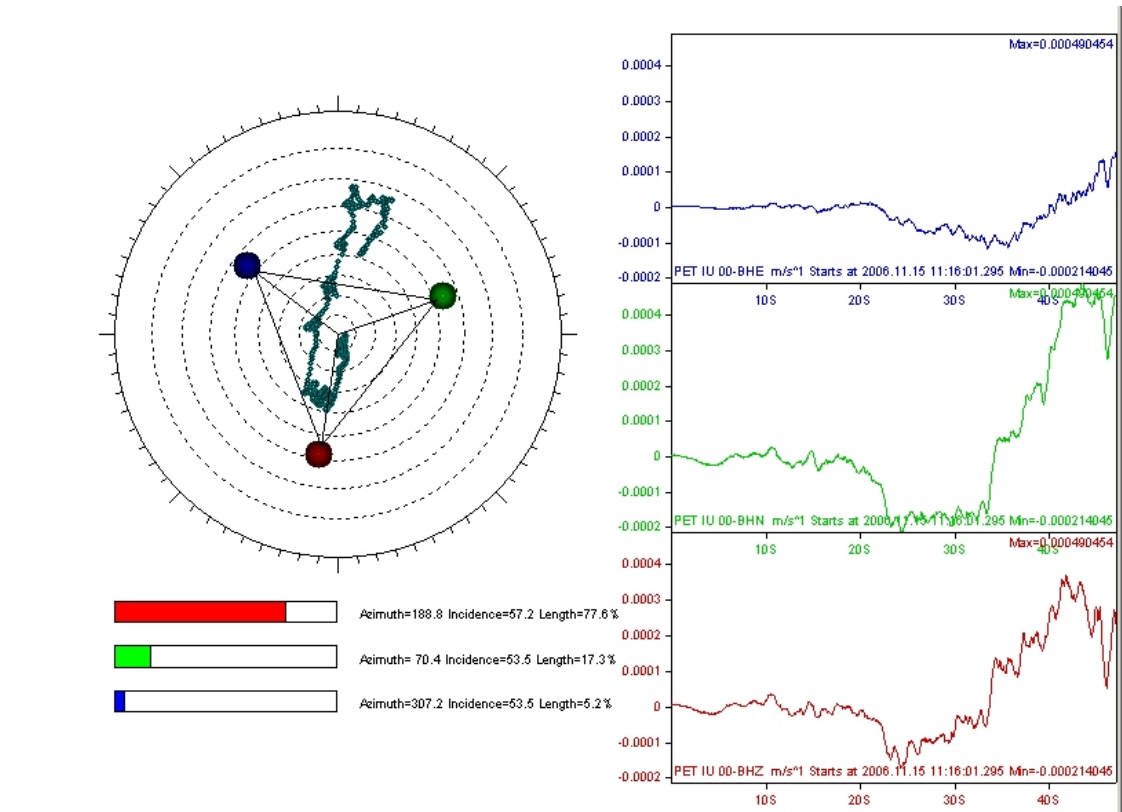
Manipulation and Analysis of Seismograms), համակարգչային ծրագրի միջոցով, որն ապահովում է ստացված տվյալների բարձր ճշտությունը և թույլ է տալիս իրականացնել բազմաբնույթ գործողություններ [82]: Ծրագրի հիմքում կիրառվում է IASP91 արագությունների մոդելը [104,105]:

Ալիքային գրանցումները ֆիլտրվում են (նկ. 2.2), ինչը թույլ է տալիս նվազագույնի հասցնել տեղանքով պայմանավորված աղմուկի ֆոնը: Որոշակի սեյսմիկ կայանների գրանցումների մշակումներից հետո կառուցվում է Վադատիի գրաֆիկը (նկ. 2.3): Այն արտահայտում է երկայնական և լայնական ալիքների գրանցման ժամանակների տարբերության ($t_s - t_p$) կախվածությունը P ալիքի գրանցման (t_p) ժամանակից և հնարավորություն է տալիս գրաֆիկորեն պատկերել մշակման արդյունքը՝ ապահովելով լուծման բարձր ճշտությունը (նկ. 2.3):



Նկար 2.3. Տվյալների մշակում, Վադատիի գրաֆիկը

Ծրագրի ալգորիթմը մշակված է այնպես, որ յուրաքանչյուր կայանի գրանցած սեյսմոգրամի համար հնարավոր լինի որոշել ալիքների բևեռացումը (նկ. 2.4):



Նկար 2.4 Սեյսմիկ ալիքների բևեռայնության սպեկտրալ վերլուծությունը

Հայտնի է, որ ազդանշանի յուրաքանչյուր բաղադրիչ որոշվում է երկու անկյուններով.

- հյուսիսի նկատմամբ ազիմուտային անկյունը (ժամսլաքի ուղղությամբ)
- հորիզոնի նկատմամբ անկման անկյունը:

Հետևաբար, ազդանշանի մեկ ուղղահայաց և երկու հորիզոնական բաղադրիչները կորոշվեն հետևյալ կերպ.

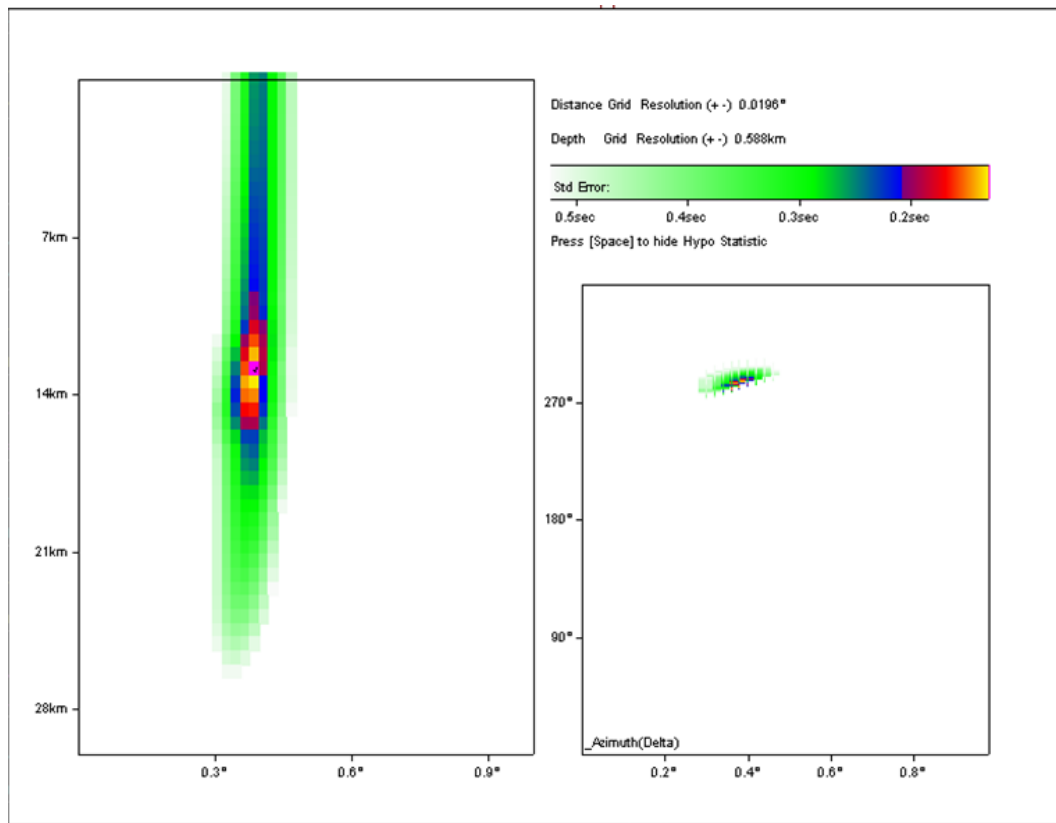
Z ուղղահայաց բաղադրիչը $Dip=-90^\circ$, $Az. = 0^\circ$,

N հորիզոնական բաղադրիչը $Dip= 0^\circ$, $Az. = 0^\circ$,

E հորիզոնական բաղադրիչը $Dip= 0^\circ$, $Az. = 90^\circ$:

Ալիքների բևեռայնությունը որոշելու համար կարևոր է, որ ազդանշանի երեք բաղադրիչներն էլ ունենան նմուշառման նույն հաճախականությունը (sample rate):

Ծրագրում գործում է նաև հիպոկենտրոնի կորրեկցիաների որոշման սեփական ալգորիթմը (նկ. 2.5):



Նկար 2.5 Երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների որոշումը

Հիպոկենտրոնի կոորդինատների որոշման խնդիրն ընդհանուր դեպքում բերվում է այնպիսի օջախի տարածա-ժամանակային դիրքի որոշման խնդրին, որի համար սեյսմիկ ալիքների դիտարկման պահի և հողոգրաֆից վերցրած տեսական արդյունքների տարբերությունը լինի նվազագույնը [74]:

Ընդ որում, կախված երկրաշարժերի մշակման արդյունավետությունից, հիպոկենտրոնի խորության որոշման ճշտությունը հասնում է ± 3.0 կմ [82]:

Այսպիսով, գրանցված երկրաշարժերի ալիքային պատկերների մշակման և վերծանման արդյունքում որպես ելքային տվյալներ ստացվում են երկրաշարժերի հիմնական պարամետրերը (օջախի ժամանակ, էպիկենտրոնի կոորդինատներ, հիպոկենտրոնի խորություն, մագնիտուդ): Հնարավորինս առավելագույն ճշտությամբ լուծումներ ստանալու համար կարևոր է էպիկենտրոնի նկատմամբ սեյսմիկ կայանների խիտ դասավորվածությունը բոլոր ուղղություններով, երկրաշարժի գրանցումների շատ քանակը, ժամանակակից համակարգչային ծրագրով ալիքային պատկերների ճշգրիտ

մշակումը և այլն: Վերը թվարկվածներն ապահովում են երկրաշարժերի հնարավորինս փոքր սխալներով՝ RMS (root mean square) –ով լուծումներ, որոնք հիմք են հանդիսանում երկրաշարժերի հուսալի կատալոգի:

Սեյսմիկ գոտու սեյսմիկության հետազոտության, սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի գնահատման և վերլուծության համար օգտագործվում են այդ գոտում գրանցված երկրաշարժերի կատալոգի տվյալները: Հետևաբար, երկրաշարժերի ճշգրիտ կատալոգի կազմումը կարևոր հիմք է հանդիսանում սեյսմիկ հետազոտությունների, վերլուծությունների, և եզրահանգումների համար:

ՀՀ տարածքում վերջին տարիներին գործող ԳԱԱ ԵԳԻ սեյսմիկ ցանցի տվյալներն օգտագործվել են Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից գոտու երկրաշարժերի մշակման համար: Ստացված տվյալներն ամփոփվել են երկրաշարժերի կատալոգի տեսքով, որի մի հատվածը բերված է աղյուսակ 2.2-ում (աղյուսակ 2.2):

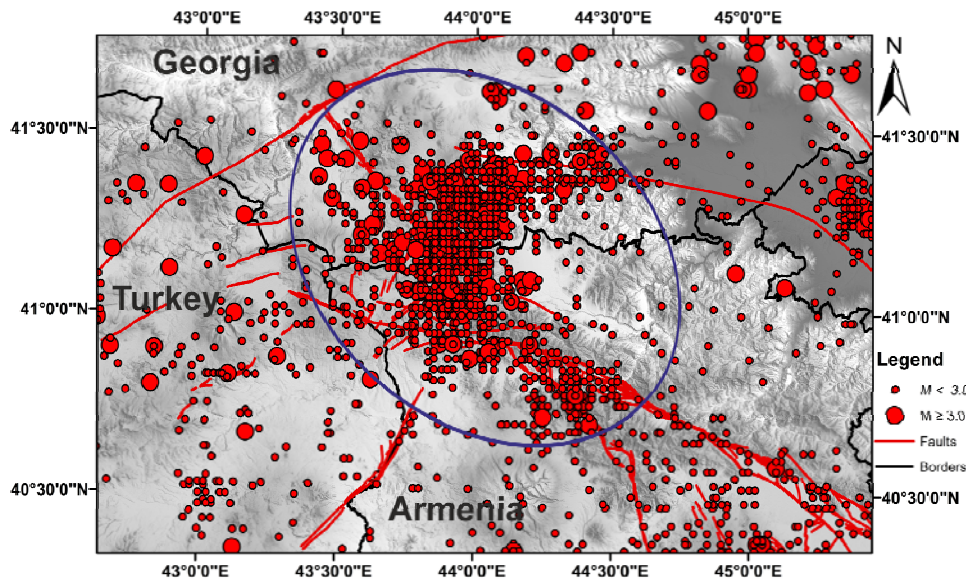
Աղյուսակ 2.2

LONG	LAT	YEAR	MONTH	DAY	HOUR	MIN	ML	DEPTH (km)
44.03	41.29	2013	08	08	06	38	3.0	10
43.98	40.88	2013	10	17	15	04	3.1	12
43.83	41.37	2013	09	06	16	35	3.2	08
44.25	40.75	2013	06	24	10	16	3.2	10
43.89	41.03	2013	01	25	20	56	3.3	15
44.03	41.29	2013	08	08	06	20	3.4	18
44.05	41.40	2014	08	06	08	20	3.1	17

2.2 Սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրեր: Տվյալների վերլուծություն

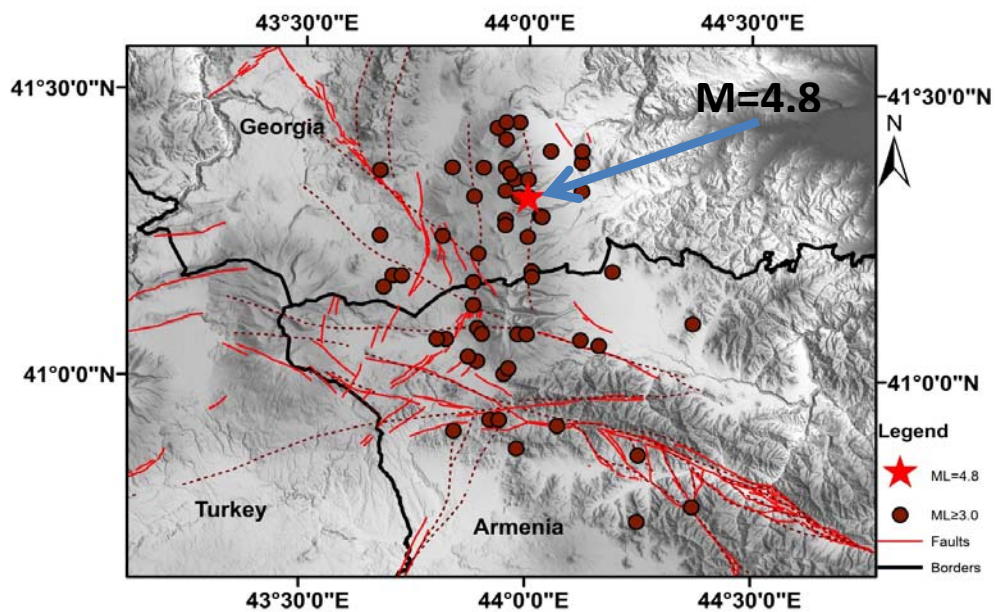
Ուսումնասիրվող գոտու սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի գնահատման և վերլուծության համար աշխատանքում օգտագործվել է մեր կողմից կազմված նոր համալրված կատալոգը՝ 2005-2017 թթ-երի տվյալներով: Նկ. 2.6-ում ներկայացված է այդ սեյսմիկ գոտու երկրաշարժերի էպիկենտրոնների բաշխումը 2005-2017թթ. ժամանակահատվածի համար: Այս ընթացքում ուսումնասիրվող գոտում գրանցվել է

ավելի քան 2000 սեյսմիկ իրադարձություն, որը բավարար է սեյսմիկ ակտիվության ուսումնասիրման, սեյսմիկ ռեժիմի պարամետրերի գնահատման և վերլուծության համար:



Նկար 2.6 Երկրաշարժերի էպիկենտրոնների քարտեզ (2005-2017թթ.)

Երկրաշարժերի էպիկենտրոնների բաշխման քարտեզից երևում է, որ նշված ժամանակահատվածում (2005-2017թթ.) ևս Ջավախքի բարձրավանդակը և հարակից գոտին էապես առանձնանում են էպիկենտրոնների խիտ կուտակումներով (նկ. 2.6):



Նկար 2.7 Ուսումնասիրվող գոտում $M_L \geq 3.0$ մագնիտուդով երկրաշարժերի էպիկենտրոնների քարտեզ (2005-2017թթ.)

Հատկանշական է այն, որ վերոնշյալ 2000 սեյսմիկ իրադարձությունից 3.0 և ավել մագնիտուդով ($M_L \geq 3.0$) գրանցվել է միայն 65 երկրաշարժ, որոնց էպիկենտրոնների բաշխումը ներկայացված է նկ. 2.7-ում: Այսինքն, այստեղ գրանցված երկրաշարժերի գերակշռող մասը թույլ երկրաշարժեր են:

Նշենք նաև, որ միայն 5 երկրաշարժ է գերազանցել մագնիտուդի $M_L = 4.0$ շեմը, որոնց պարամետրերը ներկայացված են ստորև (աղյուսակ 2.3):

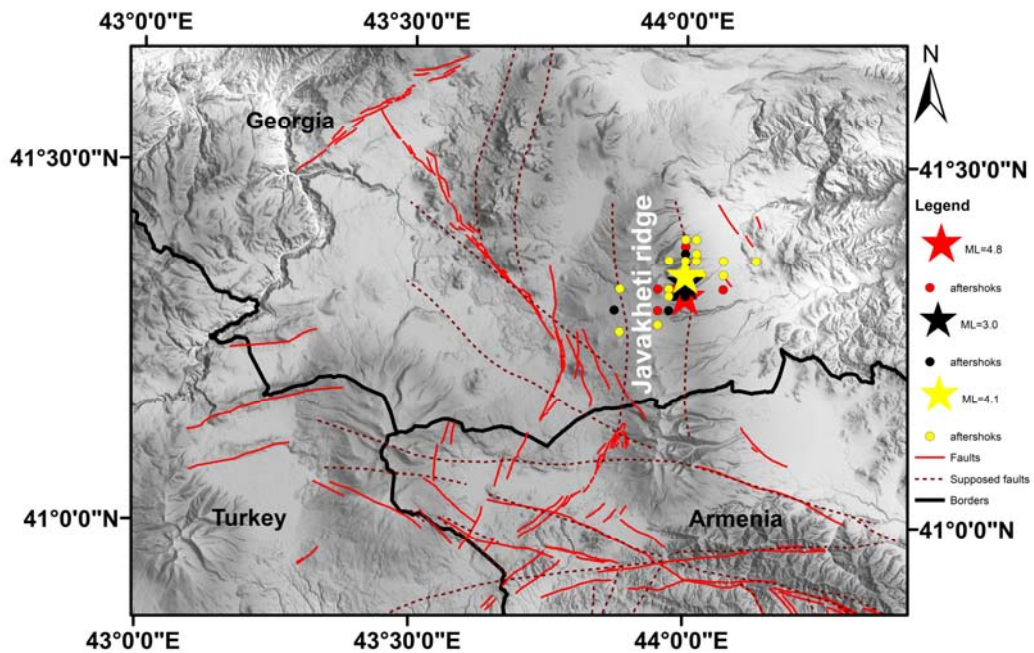
Աղյուսակ 2.3

Long. (λ)	Lat. (φ)	Year	Month	Day	Hour	Min	ML	Depth (km)
43.90	41.08	2007	07	09	09	33	4.0	10
43.72	41.18	2007	07	24	19	31	4.0	14
44.00	41.35	2016	07	21	15	17	4.1	12
44.02	40.70	2005	06	28	14	27	4.4	04
44.00	41.32	2016	07	12	10	14	4.8	10

Ուսումնասիրվող գոտում նշված ժամանակահատվածի ընթացքում գրանցված առավելագույն մագնիտուդը եղել է $M_L = 4.8$:

Ինչպես երևում է նկ. 2.7-ից, գրանցված $M_L \geq 3.0$ երկրաշարժերի էպիկենտրոնները հիմնականում հարում են Ջավախքի և Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքներին, նաև Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքին և վերջինիս տարածքը հատող «ենթադրյալ» խզվածքներին: Նշենք, որ Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի երկայնքով հյուսիս-հարավ ուղղությամբ հատում են «ենթադրյալ» խզվածքներ, որոնք համաձայն [132, 151] աշխատանքների, գնահատվել են որպես «թաքնված» խզվածքներ: Առավելագույն մագնիտուդով երկրաշարժը ($M_L = 4.8$), որը տեղի է ունեցել 2016թ-ի հուլիսի 12-ին, գրանցվել է Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում: Էպիկենտրոնը գտնվում է լեռնաշղթային կից ենթադրյալ խզվածքին մոտ: Նույն օջախային գոտում, գրեթե նույն էպիկենտրոնային կոորդինատներով գրանցվել է (13.07.2016թ.) ևս մեկ երկրաշարժ ($M_L = 3.0$): Մեկ շաբաթ տևած հետցնցումների շարքին հաջորդել է $M_L = 4.1$ մագնիտուդով երկրաշարժ՝ նույն օջախային գոտում:

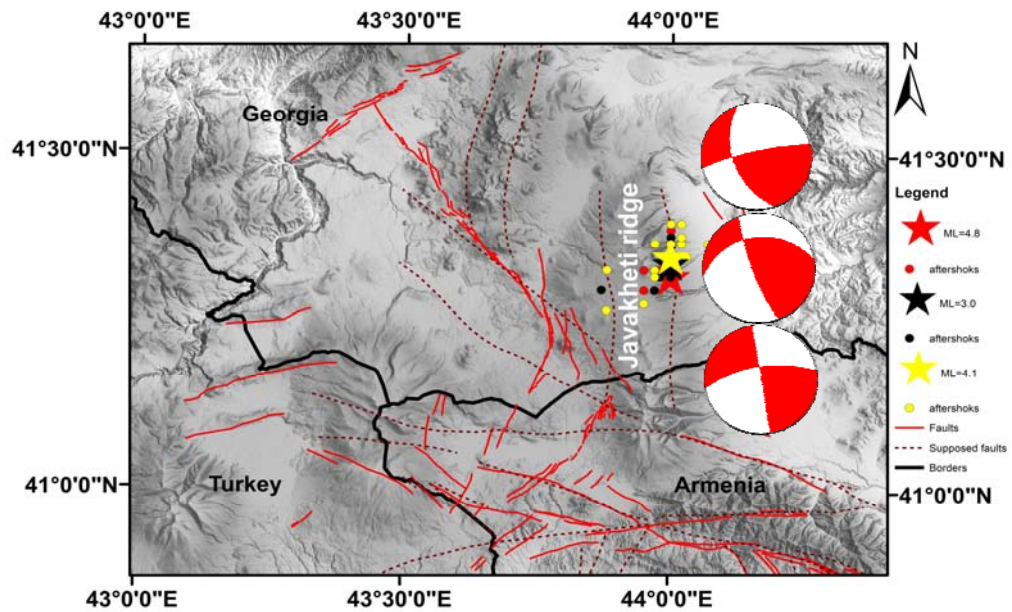
Ընդ որում, եթե դիտարկենք երկրաշարժի հետցնցումների հաջորդական շարքը, ապա դրանք, ինչպես նաև գլխավոր ցնցումների էպիկենտրոնները, որոշակի դասավորվածություն ունեն դեպի հյուսիս և հարում են Ջավախքի լեռնաշղթայի հարևանությամբ հատող խզվածքին: Նկ. 2.8-ում դրանք նշված են կետագծերով (նկ. 2.8):



Նկար 2.8 $M_L = 4.8$, $M_L = 3.0$, $M_L = 4.1$ մագնիտուդով երկրաշարժերի էպիկենտրոնների և իրենց հետցնցումների բաշխումը

Վերոնշյալ երեք երկրաշարժերը, որոնց էպիկենտրոններն իրար հաջորդականությամբ դասավորված են «ենթադրյալ» խզվածքի երկայնքով, ունեն նույն ֆոկալ մեխանիզմները (մանրամասն ներկայացված է հաջորդ գլխում): Այս երկրաշարժերը բնութագրվում են կողաշարժային տիպի (strike-slip) կինեմատիկայով (նկ. 2.9):

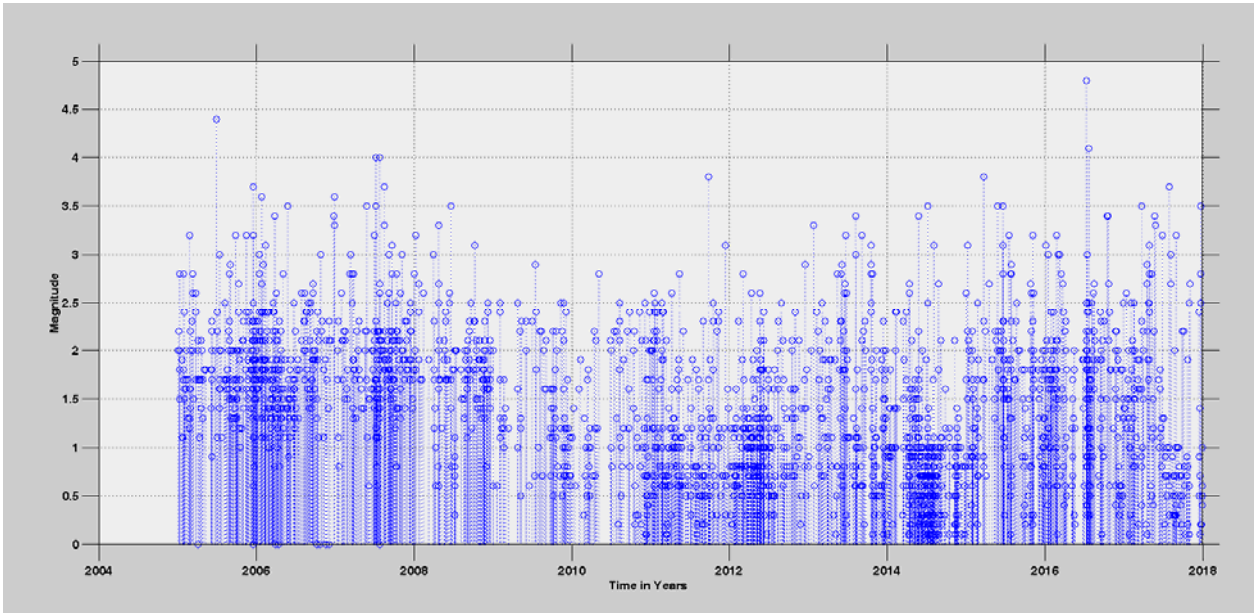
Նշված երեք երկրաշարժերի և դրանց հաջորդած հետցնցումների էպիկենտրոնների բաշխումը այդտեղով հատող «ենթադրյալ» խզվածքի երկայնքով վկայում է, որ այս օջախի սեյսմիկությունը հնարավոր է կապված լինի այդ խզվածքի ժամանակակից ակտիվության դրսևորման հետ:



Նկար 2.9 $M_L = 4.8$, $M_L = 3.0$, $M_L = 4.1$ մագնիտուդով երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները

Հիմնվելով վերը նշվածի և 2005-2017թթ. ժամանակահատվածում սեյսմիկ տվյալների վիճակագրության վրա, կարելի է համարել, որ Ջավախքի լեռնաշղթայի տարածքում գտնվող այս օջախային գոտին, թերևս վերջին տասնամյակում, Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների համար սեյսմիկությամբ առավել ակտիվն է:

Մյուս կողմից այդ ժամանակահատվածի համար երկրաշարժերի կատալոգի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ ուսումնասիրվող գոտում գերակշռող մեծամասնությամբ գրանցվում են թույլ երկրաշարժեր: Եթե դիտարկենք գրանցված երկրաշարժերի մագնիտուդներն ըստ տարիների, ապա դրանք ունեն նվազագույն շեմի որոշակի տարբերություն նախքան 2011 թ-ը, և դրանից հետո (նկ. 2.10):



Նկար 2.10 2005-2017թթ. ժամանակահատվածում գրանցված երկրաշարժերի մագնիտուդներն՝ ըստ տարիների

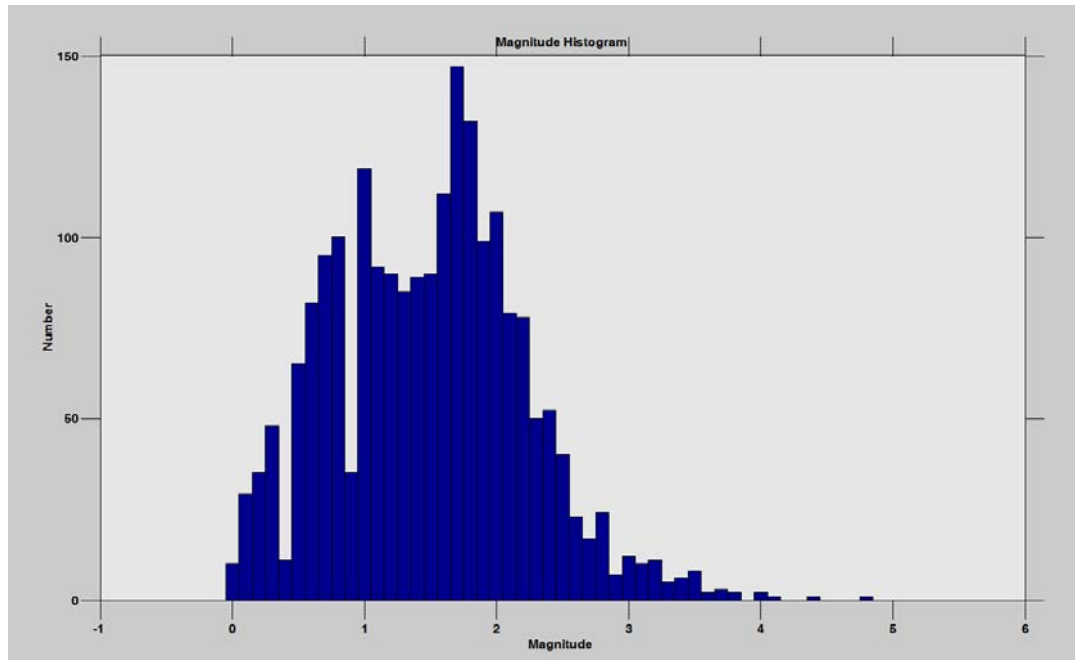
2005-2011 թթ. ընթացքում գերակշռել են 1.5-2.5 մագնիտուդով երկրաշարժերը: 2011 թ-ից սկսած շատ կտրուկ նվազել է երկրաշարժերի մագնիտուդի նվազագույն շեմը, իսկ գերակշռող են եղել մինչև 1.5 մագնիտուդի երկրաշարժերը (նկ. 2.10):

Այն, որ վերջին տարիներին կտրուկ ավելացել է շատ թույլ երկրաշարժերի գրանցումների թիվը, պայմանավորված է սեյսմիկ ցանցի խտացմամբ, սեյսմիկ կայանների բարելավմամբ, կայաններում գերզգայուն տվիչների կիրառմամբ, ինչպես նաև երկրաշարժերի ալիքային պատկերների մշակման համակարգչային ծրագրերի զարգացմամբ և այլնի հետ:

Ինչպես երևում է երկրաշարժերի մագնիտուդ-ժամանակային դիագրամից, գոտու սեյսմիկությունն ունի իրար հաջորդող պասիվ և ակտիվ փուլեր: Դա հատկապես ընդգծվում է $M_L \geq 3.5$ երկրաշարժերի դեպքում, որոնց նախորդում է համեմատաբար պասիվ և հաջորդում է համեմատաբար ակտիվ սեյսմիկ փուլ (նկ. 2.10):

Նկ. 2.11-ում ներկայացված է ուսումնասիրվող տարածքի երկրաշարժերի քանակական բաշխումն ըստ մագնիտուդների (2005-2017թթ.): Այստեղից հետևում է, որ ներկայացուցչական մագնիտուդը 1.7 է ($M_c=1.7$), իսկ մագնիտուդի աճին զուգահեռ

կտրուկ նվազում է երկրաշարժերի թիվը, հատկապես $M_L \geq 3.0$ մագնիտուդով երկրաշարժերի դեպքում:



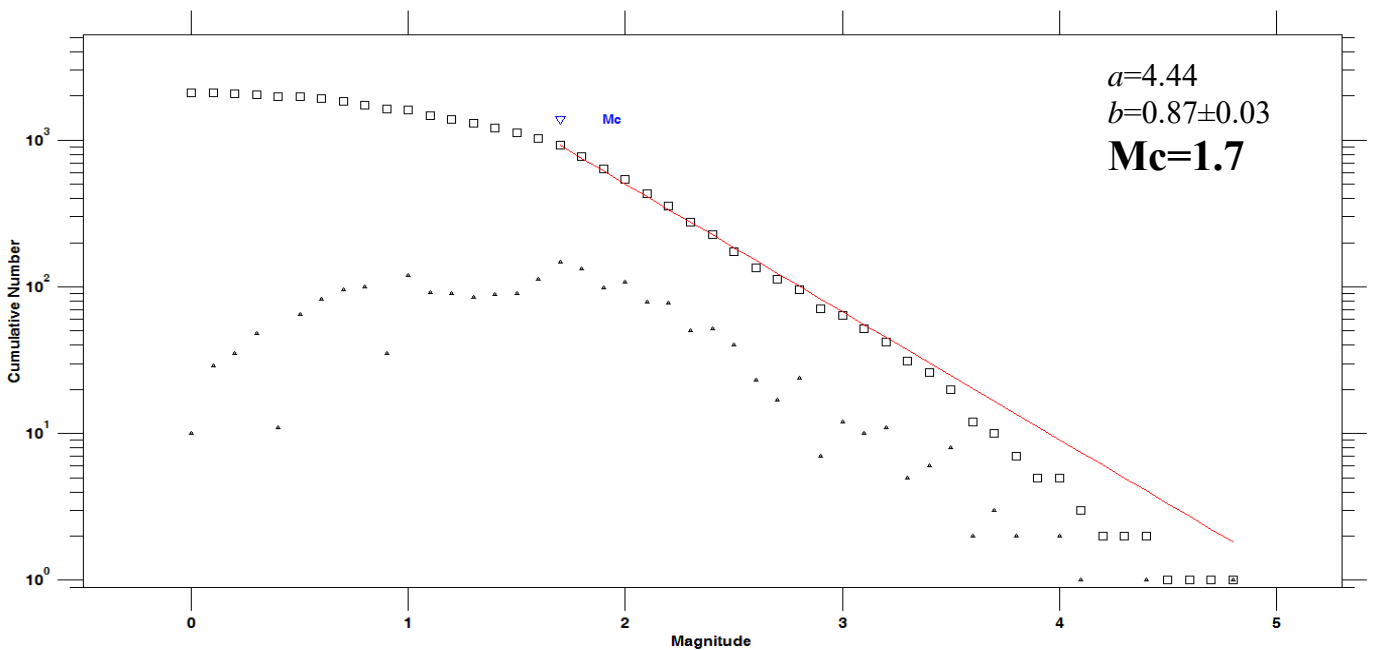
Նկար 2.11 Ուսումնասիրվող տարածքի երկրաշարժերի քանակական բաշխումն ըստ մագնիտուդների (2005-2017թթ.)

Գոտու սեյսմիկ բնութագրի հատկանշական դրսևորումներից է այն, որ սեյսմիկ իրադարձությունների գերակշռող մեծամասնության մագնիտուդը չի գերազանցում 2.0-ը, իսկ այդ երկրաշարժերի հիպոկենտրոններն ընկած են մինչև 20 կմ խորությունները: Եթե հաշվի առնենք այն դիտարկումը, որ ուսումնասիրվող գոտին բնութագրվում է երիտասարդ հրաբխականությամբ, իսկ գրանցված սեյսմիկ իրադարձությունների գերակշռող մեծամասնությունն ունի մինչև 2.0-ի հասնող մագնիտուդ, և այն, որ դրանք դրսևորվում են էպիկենտրոնների որոշակի լոկալ կուտակումներով, ապա գոտու թույլ երկրաշարժերով պայմանավորված սեյսմիկությունը հնարավոր է բացատրվի Ջավախքում գոյություն ունեցող մագմատիկ օջախների հետ:

Փոքր մագնիտուդով երկրաշարժերի կրկնելիության նման բարձր ցուցանիշը վկայում է ուսումնասիրվող գոտում կուտակված էներգիաների անընդհատ տեղի ունեցող լիցքաթափման մասին: Վերջինիս հետևանքով, միջին և ուժեղ երկրաշարժերի

կրկնվելու հավանականությունը կտրուկ նվազում է: Արդյունքում, նման բացառիկ դրսևորումներով բնութագրվող սեյսմիկ գոտում փոքր ժամանակահատվածում գրանցվում է երկրաշարժերի մեծ քանակ:

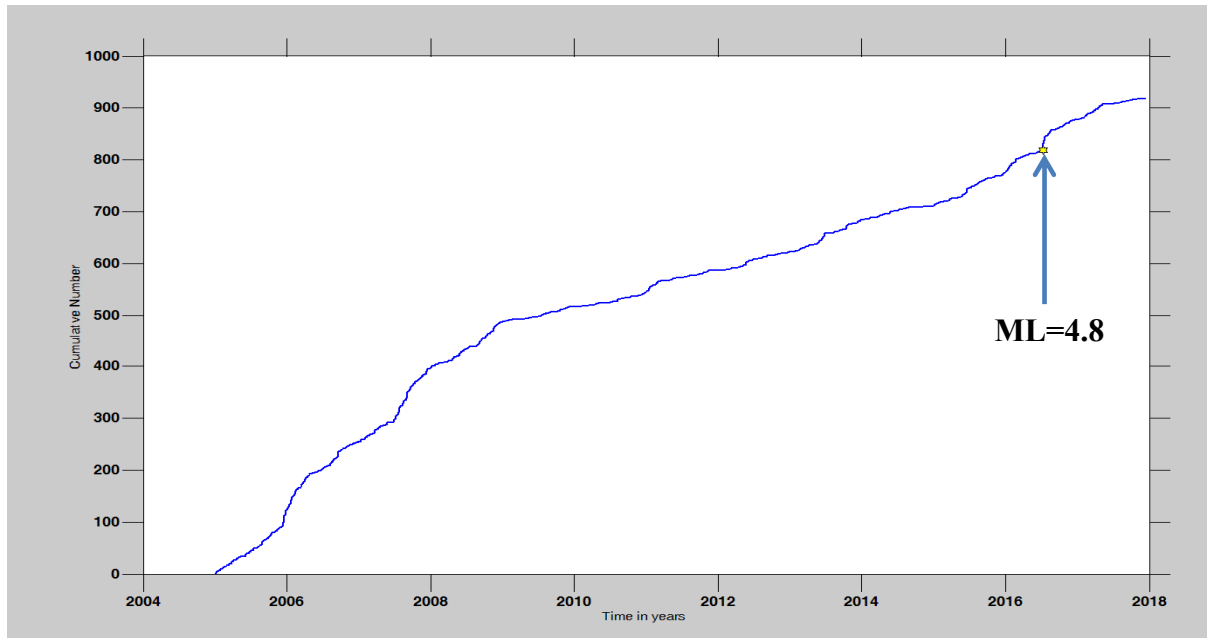
Հայտնի է, որ երկրաշարժերի քանակի բաշխումն ըստ որևէ ժամանակահատվածի ներկայացվում է Գաուսի բաշխման ֆունկցիայով: Երկրաշարժը դիտարկվում է որպես սեյսմիկ իրադարձություն, որը որոշակի լարվածադեֆորմացիոն պայմաններում կարող է կրկնվել: Հետևաբար, որևէ տարածքի սեյսմիկ ռեժիմի ուսումնասիրություններ իրականացնելիս շատ կարևոր է դիտարկել երկրաշարժերի կրկնելիությունն ըստ մագնիտուդների, այսինքն, ինչ հաճախականությամբ են տեղի ունենում այս կամ այն մագնիտուդով երկրաշարժերը: Դա թույլ է տալիս պատկերացում կազմել այն մասին, թե տարածքի սեյսմիկ ակտիվությունը պայմանավորված է ավելի շատ թույլ, թե ուժեղ երկրաշարժերի գրանցումներով: Ուստի, Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների համար ևս կառուցվել է երկրաշարժերի կրկնելիության գրաֆիկը՝ 2005-2017 թթ-երի ժամանակահատվածի ընթացքում գրանցված ավելի քան 2000 սեյսմիկ իրադարձության տվյալների հիման վրա (նկ. 2.12):



Նկար 2.12 Ուսումնասիրվող գոտու երկրաշարժերի կրկնելիության գրաֆիկը (2005-2017թթ.)

Կրկնելիության գրաֆիկը կառուցվում է Գուտենբերգ-Ռիխտերի ($\log N(>M) = a - bM$) բանաձևի համաձայն (N -ը երկրաշարժերի գումարային քանակն է, b -ն՝ երկրաշարժերի կրկնելիության գրաֆիկի անկյունային գործակիցը, ուսումնասիրվող տարածքի՝ 2005-2017թթ. ժամանակահատվածի համար այն հավասար է 0.8-ի, a -ն հաստատուն է՝ ուսումնասիրվող տարածքի նույն ժամանակահատվածի համար հավասար է 4.44-ի) [90]:

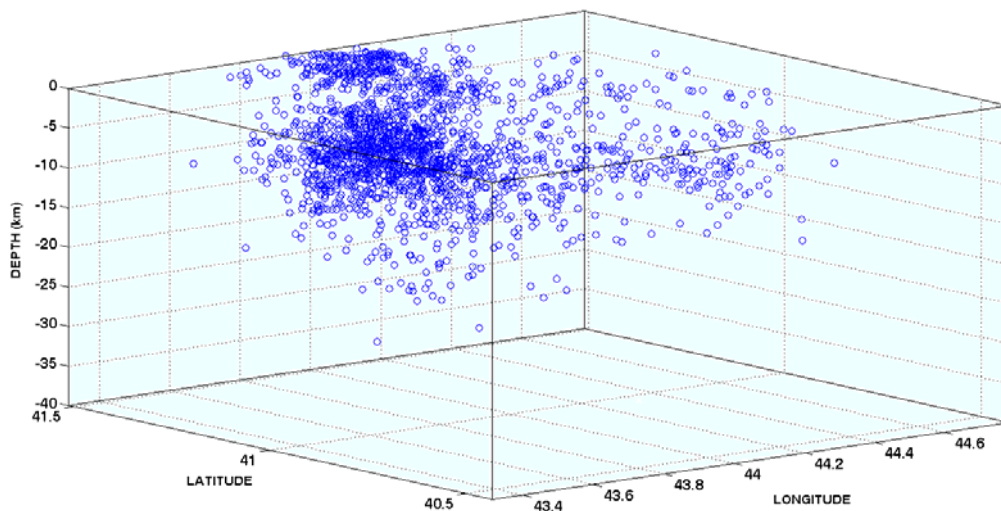
Ինչպես նշվեց, Գուտենբերգ-Ռիխտերի մագնիտուդ-հաճախականային ($\log N(>M) = a - bM$) բանաձևում b -ն երկրաշարժերի կրկնելիության գրաֆիկի անկյունային գործակիցն է, այսինքն այն անկյան տանգենսը, որը ցույց է տալիս, թե որքանով է կտրուկ կամ սահուն նվազում երկրաշարժերի թիվը մագնիտուդի աճին զուգահեռ: Սովորաբար սեյսմիկ ակտիվ գոտիներում b -ն ընդունում է 1.0-ին մոտ արժեքներ [122,124], տվյալ դեպքում ուսումնասիրվող գոտու 2005-2017 թթ. ժամանակահատվածի համար b -ի արժեքը ստացվել է 0.8 (նկ. 2.12): Սա նշանակում է, որ այս գոտու սեյսմիկ ակտիվությունն արտահայտվում է հիմնականում թույլ երկրաշարժերով:



Նկար 2.13 $M \geq 1.7$ մագնիտուդով երկրաշարժերի կուտակային քանակն՝ ըստ տարիների (2005-2017 թթ.)

Ուսումնասիրվող գոտու սեյսմիկ բնութագիրը ներկայացնելու համար կառուցվել է ներկայացուցչական մագնիտուդից բարձր մագնիտուդով երկրաշարժերի կուտակային քանակն՝ ըստ տարիների արտահայտող դիագրամը (նկ. 2.13):

Ինչպես երևում է դիագրամից, Ջավախքի բարձրավանդակի և հարակից տարածքների սեյսմիկ ֆոնը 2005-2017 թթ. -երի ընթացքում եղել է նորմալ սահմաններում (նկ. 2.13): Կտրուկ թռիչքաձև տարբերվում է այդ ժամանակահատվածում գրանցված ամենաուժեղ՝ $M_L=4.8$ մագնիտուդով երկրաշարժին հաջորդող սեյսմիկ ֆոնը՝ պայմանավորված երկրաշարժին հաջորդած հետցնցումներով:



Նկար 2.14 Ուսումնասիրվող գոտում 2005-2017թթ. ժամանակահատվածում գրանցված երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների բաշխումը

Ինչ վերաբերվում է Ջավախքի բարձրավանդակի և հարակից տարածքների սեյսմիկ գոտում գրանցված երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների բաշխմանը, ապա հատկանշական է այն, որ 2005-2017թթ. ժամանակահատվածի ընթացքում գրանցված երկրաշարժերի գերակշռող մեծամասնության օջախներն հիմնականում ընկած են եղել մինչև 20 կմ խորությունները: Այն համընկնում է ընդհանուր տարածաշրջանում գրանցվող երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների խորությունների հետ: Քիչ

քանակությամբ երկրաշարժերի հիպոկենտրոններ գտնվում են 20 և ավելի կմ խորություններում (նկ. 2.14):

Նկ. 2.14-ում բերված է առանձնացված սեյսմիկ գոտու երկրաշարժերի հիպոկենտրոնների բաշխման եռաչափ պատկերը:

Ամփոփում

Այսպիսով, ամփոփելով Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների համար իրականացրած սեյսմիկ ռեժիմի ուսումնասիրությունները, հանգում ենք հետևյալ արդյունքներին.

- Ջավախքի բարձրավանդակի և հարակից տարածքների բարձր սեյսմիկ ակտիվությունն արտահայտվում է հատկապես թույլ երկրաշարժերի տեսքով (երկրաշարժերի կրկնելիության գործակիցը՝ b -ն հավասար է 0.8-ի): 2005-2017 թթ. ընթացքում գրանցված ավելի քան 2000 երկրաշարժից միայն 65-ի մագնիտուդն է գերազանցում $M_L \geq 3.0$ սահմանը, որոնց էպիկենտրոնները հիմնականում գտնվում են խզվածքներին մոտ կամ հարող տարածքներում:
- Ուսումնասիրվող գոտում գրանցված երկրաշարժերի գերակշռող մեծամասնությունն ունի $M_L \leq 2.0$ մագնիտուդ, որոնց հիպոկենտրոններն ընկած են մինչև 20 կմ խորությունները: Եթե հաշվի առնենք այն դիտարկումը, որ ուսումնասիրվող գոտին բնութագրվում է երիտասարդ հրաբխականությամբ, իսկ նշված թույլ երկրաշարժերի էպիկենտրոնները դրսևորվում են որոշակի լոկալ կուտակումներով, ապա գոտու թույլ երկրաշարժերով պայմանավորված սեյսմիկությունը հնարավոր է բացատրվի Ջավախքում գոյություն ունեցող մագմատիկ օջախների առկայությամբ:

**ԳԼՈՒԽ 3. ՋԱՎԱԽՔԻ ՀՐԱՔԻԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԴԱԿՈՒՄ ԵՎ ՀԱՐԱԿԻՑ
ՏԱՐԱԾՔՆԵՐՈՒՄ ԳՐԱՆՑՎԱԾ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ՖՈԿԱԼ ՄԵԽԱՆԻԶՄՆԵՐԻ
ՀԱՇՎԱՐԿ ԵՎ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ**

Երկրաշարժի ֆոկալ մեխանիզմը հանդիսանում է երկրաշարժի օջախը բնութագրող ամենակարևոր պարամետրերից մեկը: Այն նկարագրում է երկրաշարժի օջախում առաջացած խզվածքի բնույթը, խզվածքի կինեմատիկան, օջախում առաջացած դեֆորմացիաները, օջախում հարուցված լարվածության գլխավոր առանցքների կողմնորոշումը (սեղմում, ընդարձակում) և այլն [77]:

Երկրաշարժի օջախում շարժման մեխանիզմի ուսումնասիրության պատմությունը սկսվել է դեռևս 20-րդ դարի սկզբներից, երբ Կյոտոյի համալսարանի (Ճապոնիա) պրոֆեսոր Սիդան բացահայտեց, որ երկրաշարժի էպիկենտրոնի նկատմամբ՝ տարբեր կողմերում և տարբեր հեռավորությունների վրա տեղադրված, սեյսմիկ կայանների կողմից գրանցված սեյսմոգրամների վրա իմպուլսներն ունենում են տարբեր ուղղությամբ մուտքեր, և առանձնանում են որոշակի օրինաչափություններով: Օջախում տեղի ունեցող դեֆորմացիան հարուցում է սեյսմիկ առաձգական ալիքներ, որոնք տարածվելով միջավայրում, անդրադառնում, բեկվում, կլանվում են՝ փոփոխելով տարածման արագությունը: Սեյսմիկ կայանների կողմից գրանցված երկրաշարժի ալիքային պատկերի վերծանումը թույլ է տալիս առանձնացնել յուրաքանչյուր կայանում առաձգական ալիքների բևեռայնությունը, և իրականացնել երկրաշարժի օջախի ֆոկալ մեխանիզմի հաշվարկ [20]:

Սեյսմոակտիվ գոտիներում գտնվող գրեթե բոլոր երկրներում սեյսմիկ դիտացանցերի և սեյսմոլոգիական կենտրոնների աշխատանքային պրոցեսում երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկը համարվում է պարտադիր գործընթաց և անմիջապես հաջորդում է երկրաշարժերի մշակման փուլին: Ֆոկալ մեխանիզմի լուծումը հստակ արտահայտում է օջախում տեղի ունեցող պրոցեսը, իսկ տեկտոնական միավորների հետ համադրությունը թույլ է տալիս գնահատել տեղանքում տեկտոնական ակտիվության ընթացիկ վիճակը:

Ընդունված է ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկ իրականացնել միայն ուժեղ ($M \geq 4.5$) երկրաշարժերի համար, քանի որ վերջիններս գրանցվում են էպիկենտրոնը շրջափակող շատ կայանների կողմից, ինչն ապահովում է շատ տվյալներ, և մյուս կողմից, ուժեղ երկրաշարժերի դեպքում ալիքային պատկերների վրա շատ հստակ են արտահայտված լինում ալիքային մուտքերը: Բացի դա, ուժեղ երկրաշարժերի դեպքում ֆոկալ մեխանիզմների լուծման արդյունքները լայն կիրառվում են հատկապես սեյսմիկ վտանգի գնահատման, սեյսմոտեկտոնական մոդելի կառուցման աշխատանքներում:

Միջին ուժգնության կամ թույլ երկրաշարժերի դեպքում պրակտիկորեն ևս հնարավոր է իրականացնել ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկները, սակայն այս դեպքում շատ կարևոր նախապայման է այն սեյսմիկ կայանները լինել երկրաշարժի էպիկենտրոնին շատ մոտ, որպեսզի հնարավոր լինի երկրաշարժի սեյսմոգրամի առավել ճշգրիտ վերծանումը: Միջին և թույլ երկրաշարժերի դեպքում ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկն իրականացնելու այլ մեթոդներ կան, որոնք տարբերվում են ուժեղ երկրաշարժերի հաշվարկի մեթոդներից: Այս դեպքում չի օգտագործվում P ալիքի առաջին մուտքի նշանը, այլ ալիքային պատկերի մշակման արդյունքում հաշվարկվում են երկայնական և լայնական ալիքների տարածման ամպլիտուդաների հարաբերակցությունը [108]:

Հրաբխային տարածքներում երկրաշարժերը որպես կանոն դրսևորվում են մագմատիկ օջախային կուտակումներով և հանդես են գալիս այսպես կոչված երկրաշարժերի պարսերի տեսքով: Նմանատիպ երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկները հիմնականում իրականացվում են երկրաշարժերի հրաբխային կամ հրաբխա-տեկտոնական ծագմանն ուղղված ուսումնասիրություններ իրականացնելու նպատակով:

Հրաբխային ակտիվ գոտիներում գրանցվող երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկի և դրանց արդյունքների վերլուծության ուղղությամբ բազմաթիվ հետազոտական աշխատանքներ են իրականացվել տարբեր հեղինակների կողմից [128,41]:

Ակտիվ տեկտոնական գոտիներում գրանցվող երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկը շատ ավելի լայն կիրառում ունի ամբողջ աշխարհում [84,64,94,106,146,143,37,57]:

Տեկտոնական ակտիվացման հետևանքով տեղի ունեցող երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները կարող են հաստատել որևէ ենթադրյալ խզվածքի գոյությունը, կարող են բնութագրել տեղանքում խզվածքների ակտիվությունը, իսկ որևէ խզվածքի շուրջը երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների օրինաչափ տարածումը կարող է բնութագրել խզվածքի շարժման կինեմատիկան: Այս դեպքում ֆոկալ մեխանիզմով որոշված պարամետրերը կիրառվում են սեյսմոտեկտոնական մոդելի կառուցման, սեյսմիկ վտանգի գնահատման, ակտիվ տեկտոնիկայի ուսումնասիրման աշխատանքներում, ինչպես նաև սեյսմոլոգիական, տեկտոնական վերլուծությունների ժամանակ[147]:

Շատ կարևոր են երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկներին հաջորդող դինամիկ և կինեմատիկ վերլուծությունները:

Դինամիկ վերլուծության ժամանակ իրականացվում են օջախում տեղի ունեցող պրոցեսների, լարվածային դաշտի, լարվածության առանցքների, վերջիններիս ժամանակային կամ տարածական փոփոխությունների առանձնահատկությունների ուսումնասիրություններ: Ֆոկալ մեխանիզմների դինամիկ վերլուծության արդյունքում ստացված պարամետրերը կիրառելի են հատկապես սեյսմիկ վտանգի գնահատման աշխատանքներում [38]:

Երկրաշարժի օջախում դինամիկ պարամետրերով կազմվում են ֆոկալ մեխանիզմները արտահայտող դիագրամաներ՝ «գնդակների» (beach balls) տեսքով, որից հետո իրականացվում է ֆոկալ մեխանիզմների կինեմատիկ վերլուծությունը: Այս դեպքում արդեն կիսասֆերայի վրա առանձնացված երկու հնարավոր նոդալ հարթությունները համեմատվում են տեղանքում տեկտոնական միավորների հետ, որպեսզի հստակեցվի այդ փոխուղղահայաց հարթություններից որն է իր տարածմամբ համապատասխանում այդտեղ գոյություն ունեցող ակտիվ սեյսմաձին խզվածքներին, կամ վերջիններիս առանձին սեզմենտներին [72]:

Սա հնարավորություն է տալիս պատկերացում կազմելու ուսումնասիրվող տարածքում խզվածքների կինեմատիկայի, ինչպես նաև խզվածքային տեկտոնիկայի վարքագծի փոփոխությունների մասին, ինչը շատ կարևոր է հատկապես երկրաշարժերի հնարավոր սցենարների մշակման համար:

Հայկական լեռնաշխարհում, և հատկապես Կովկասում սեյսմիկ ակտիվությամբ մեծ կարևորություն ներկայացնող Ջավախքի բարձրավանդակի տարածքում երկրաշարժերի օջախի պարամետրերի որոշմանը, դրանց առաջացման մեխանիզմի ուսումնասիրմանը, ինչպես նաև դինամիկ և կինեմատիկ պարամետրերի գնահատմանն ուղղված մի շարք աշխատանքներ են իրականացվել դեռևս անցյալ դարի կեսերից սկսած [27,62,32,33,34,36,50,24,4,50]:

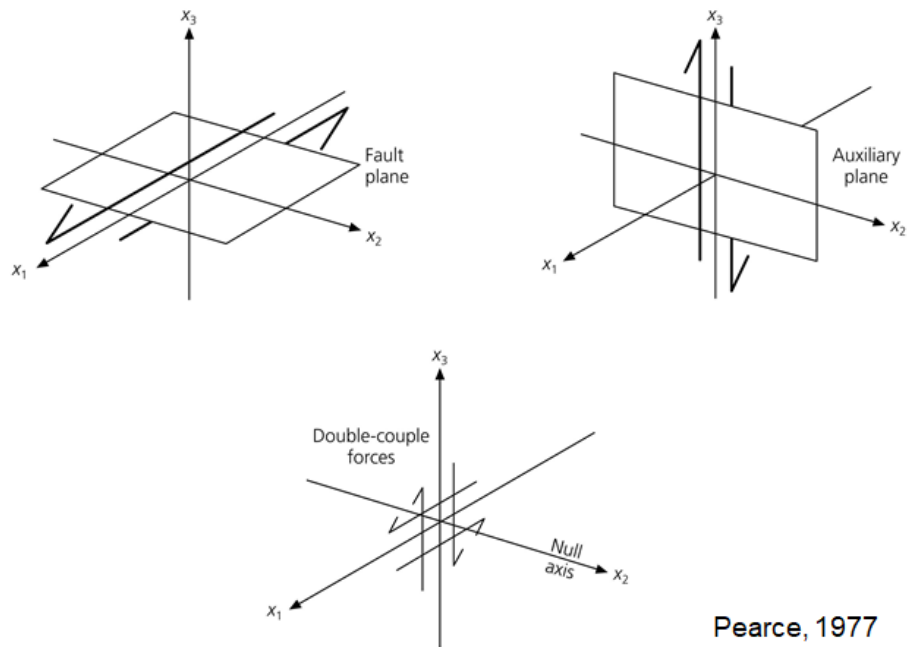
Մեր կողմից, ներկայացված աշխատանքում համալրված տվյալներով իրականացվել են Ջավախքի հրաբխային գոտում 2005-2017թթ. ընթացքում $M \geq 3.0$ երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկ P ալիքի առաջին մուտքի նշանի մեթոդով, կազմվել է երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների նոր կատալոգ [139]: Վերջիններիս տվյալներով կազմվել են սեղմման և ընդարձակման կինեմատիկ առանցքների ուղղությունների բաշխման քարտեզները:

3.1 Ֆոկալ մեխանիզմների որոշման մեթոդաբանությունը

Ֆոկալ մեխանիզմի որոշումն (FMS-focal mechanism solutions) իրականացվում է մի քանի մեթոդներով՝ P ալիքի առաջին մուտքի նշանով, S ալիքի ամպլիտուդայով և բևեռացմամբ [106], P/S ամպլիտուդների հարաբերության վերլուծությամբ [108] և այլն: Սեյսմիկ առաձգական ալիքների բևեռայնությունն ըստ ազիմուտի բացատրելու համար առաջարկվում են մի շարք տեսական մոդելներ, որտեղ տարբեր ուժային համակարգեր ազդում են կետային աղբյուրի վրա [116,117]: Կետային աղբյուրից առաձգական ալիքների ճառագայթման տեսությունը սկսել է զարգանալ դեռևս 19-րդ դարում (Լյավայի առաձգականության տեսություն), իսկ սեյսմոլոգիայում այդ տեսությունը առաջ է քաշվել 1923 թ-ին Ճապոնացի սեյսմոլոգ Նականոյի կողմից [123]: Կետային աղբյուրները ներկայացվում են կենտրոնացված ուժի, դիպոլի (երկակի ուժի), և

ընդարձակման գոտիների տեսքով: Սակայն, վերջիններս կիրառելի չեն տեկտոնական երկրաշարժերի դեպքում:

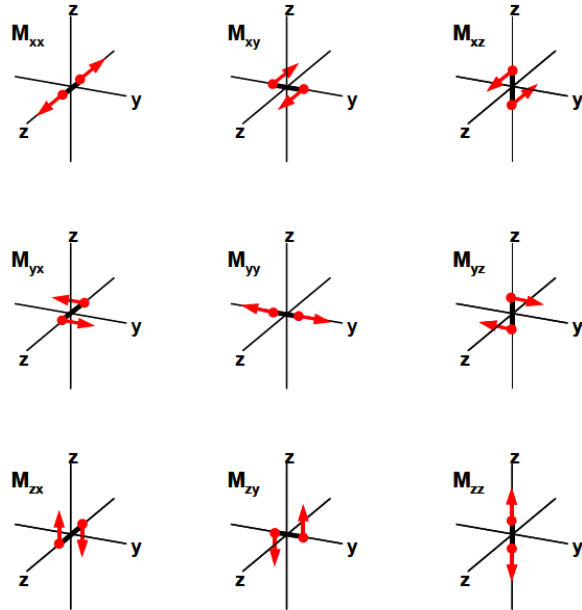
Բազմաթիվ աշխատանքներում օջախային գոտին ներկայացվում է երկակի դիպոլի (երկու դիպոլի կոմբինացիայի) տեսքով [92,19], ինչը մաթեմատիկորեն ներկայացվում է որպես երկրորդ կարգի թենզոր (մոմենտ թենզոր): Մոմենտ թենզորը երկրաշարժը որպես կետային աղբյուր ներկայացնող մաթեմատիկական մոդելն է: Այն հանդես է գալիս կետային աղբյուրի վրա ազդող երկու զույգ ուժերով (double couple forces), որոնցից մի զույգն ազդում է խզման հարթության սահքի ուղղությամբ, իսկ մյուսը՝ վերջինիս ուղղահայաց օժանդակ հարթությամբ [97,141] (նկ. 3.1):



Pearce, 1977

Նկար 3.1 Խզման և օժանդակ հարթությունների վրա ազդող երկու զույգ ուժերի սխեման

Կետային աղբյուրի վրա ազդող երկու զույգ ուժերը ներկայացվում են կորորդինատական համակարգում ուժային վեկտորների տեսքով: Վեկտորների ուղղությունների բոլոր հնարավոր 9 տարբերակները ներկայացված են նկ. 3.2-ում:



Նկար 3.2 Մեյսմիկ մոմենտ թենզորի տարածական սխեման

$$M_{xx} = -M_0(\sin\delta\cos\lambda\sin 2\varphi + \sin 2\delta\sin\lambda\sin 2\varphi)$$

$$M_{xy} = M_{yx} = M_0(\sin\delta\cos\lambda\cos 2\varphi + \sin 2\delta\sin\lambda\sin\varphi\cos\varphi)$$

$$M_{yy} = M_0(\sin\delta\cos\lambda\sin 2\varphi - \sin 2\delta\sin\lambda\cos 2\varphi)$$

$$M_{xz} = M_{zx} = -M_0(\cos\delta\cos\lambda\cos\varphi + \cos 2\delta\sin\lambda\sin\varphi)$$

$$M_{yz} = M_{zy} = -M_0(\cos\delta\cos\lambda\sin\varphi - \cos 2\delta\sin\lambda\cos\varphi)$$

$$M_{zz} = M_0(\sin 2\delta\sin\lambda)$$

φ = strike

δ = dip

λ = rake

M_0 = moment

Մոմենտ թենզորը ներկայացվում է մատրիցայի տեսքով՝ երկու զույգ ազդող ուժերի տարածական կոմպոնենտներով (x,y,z)՝

$$M = \begin{pmatrix} M_{xx} & M_{xy} & M_{xz} \\ M_{yx} & M_{yy} & M_{yz} \\ M_{zx} & M_{zy} & M_{zz} \end{pmatrix}$$

Մեյսմիկ մոմենտ թենզորը նկարագրում է օջախում ազդող ուժերի ուղղությունները և միջավայրում այն ունի իզոտրոպ հատկություն:

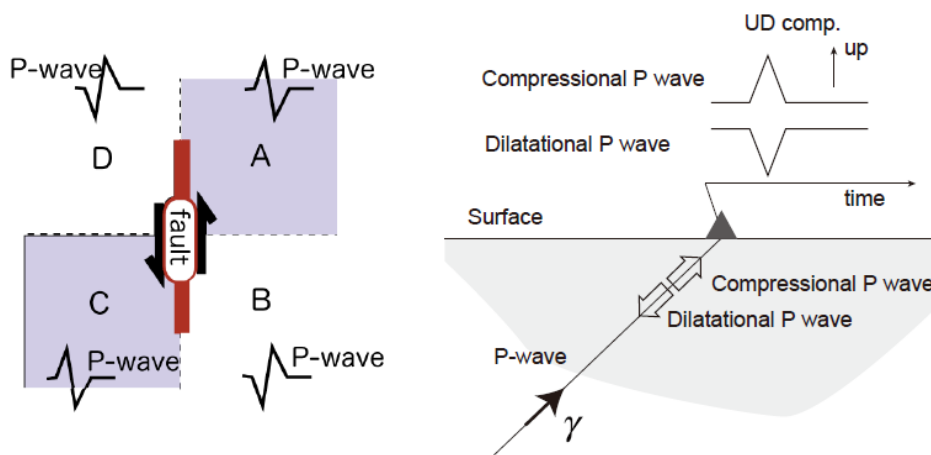
Երկրաշարժերի Ֆոկալ մեխանիզմի որոշման համար մեր կողմից կիրառվել է P ալիքի առաջին մուտքի նշանով որոշվող մեթոդը [19,15]:

Նշված մեթոդի հիմքում ընկած է այն մոտեցումը, որ P ալիքի բևեռացումը երկրաշարժի հիպոկենտրոնից ունի տարբեր ուղղություններ և հետևաբար տեղադրման տարբեր անկման ազիմուտներ ունեցող սեյսմիկ կայանների նկատմամբ կլինի տարբեր: Վերջինս պայմանավորված է նրանով, որ ալիքի ժամանման առաջին մուտքը ցույց է տալիս տվյալ միջավայրի սեղմումը (միջավայրը կազմող զանգվածը շարժվում է դեպի կայանը) կամ ընդարձակումը (միջավայրը կազմող զանգվածը տեղաշարժվում է կայանից հեռու):

Ֆոկալ մեխանիզմի որոշման ճշտությունն շատ կարևոր է և այդ պատճառով անհրաժեշտ է հաշվի առնել մի շարք գործոններ: Սեյսմոգրամների վրա գրանցված ալիքային պատկերի վերլուծության ժամանակ անհրաժեշտ պարամետր է հանդիսանում P ալիքի առաջին մուտքի հստակ արտահայտվածությունը (մուտքի նշանը), այն կարող է լինել դեպի վեր ուղղված (UP +) կամ դեպի վար (DOWN -): Առաջին դեպքում գործ ունենք դեպի կայան միջավայրի սեղմման հետ, իսկ երկրորդ դեպքում՝ ընդարձակման հետ: Քանի որ երկրաշարժի օջախից հարուցված առաձգական սեյսմիկ ալիքները տարածվում են տարբեր անկյուններով և հատում են տարբեր միջավայրներ, Երկրի մակերևույթ են հասնում տարբեր ազիմուտային անկյուններով:

Հետևաբար, կախված սեյսմիկ կայանի և օջախի փոխադարձ ազիմուտային դիրքից՝ երկայնական ալիքի առաջին մուտքը տարբեր կայաններում կլինի տարբեր: Ընդ որում օջախի դինամիկ պարամետրերի մասին լիարժեք և ճշգրիտ գնահատականներ տալու համար անհրաժեշտ է ունենալ երկրաշարժի օջախը ներփակող սեյսմիկ կայանների գրանցումներ: Այսպիսով, ֆոկալ մեխանիզմի որոշման համար շատ կարևոր գործոն է երկրաշարժի էպիկենտրոնի նկատմամբ սեյսմիկ կայանների հնարավորինս համաչափ և խիտ բաշխվածությունը [34]:

Այսպիսով, երկրաշարժի էպիկենտրոնի նկատմամբ սեյսմիկ կայաններում P-ալիքի առաջին մուտքի նշաններով պայմանավորված էպիկենտրոնային տիրույթը կարելի է բաժանել փոփոխական սեղմման և ձգման ենթարկվող չորս քառակուսիների: Քանի որ այդ փոխադարձ ուղղահայաց գծերը (հարթությունները) հատելիս տեղափոխություններն իրենց ուղղությունները փոխում են, ապա հենց իրենց վրա տեղափոխությունները պետք է հավասար լինեն զրոյի: Այդ հարթությունները, որոնք իրականում երկրի մակերևույթի հետ հատվելիս, ոչ թե ուղիղ գծեր են, այլ շրջանագծեր, կոչվում են նոդալ հարթություններ [5]:

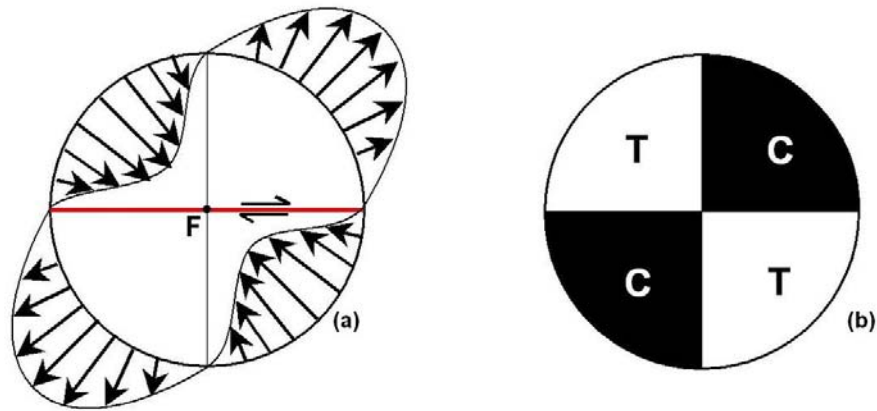


Նկար 3.3 P ալիքի առաջին մուտքի նշանով պայմանավորված փոխուղղահայաց քարորդների բաժանումը

Այսպիսով, օջախում շարժման կինեմատիկան բնութագրվում է այդ փոխուղղահայաց հարթություններից (նոդալ հարթություններ) մեկի հարաբերական շարժմամբ, դա էլ հենց իրենից ներկայացնում է խզման հարթությունը (fault plane), իսկ մյուսը՝ օժանդակ հարթությունը (auxiliary plane):

Նկ. 3.3-ում ցույց են տրված վերոնշյալ չորս փոխուղղահայաց քարորդների բաժանումը համապատասխան P-ալիքի առաջին մուտքի նշանի: A և C քարորդներում P ալիքի առաջին մուտքն ունի դեպի վեր ուղղված նշան (UP), իսկ B և D քարորդներում՝

դեպի վար (DOWN): Որպես կանոն, նոդալ գծերի երկու կողմերում P-ալիքի առաջին մուտքերն ունենում են հակառակ նշաններ:



Նկար 3.4 Երկրաշարժի օջախում սեղմման և ձգման քարորդների բաժանումը պատկերող դիագրամը

Նկ. 3.4-ում սխեմատիկորեն ներկայացված է երկրաշարժի օջախում սեղմման և ձգման քարորդների բաժանումը պատկերող դիագրամը, որտեղ C (Compression) և T (Tension) համապատասխանաբար՝ սեղմման և ձգման գոտիներն են, իսկ կարմիրով նշված է հնարավոր խզվածքի տարածման ուղղությունը:

3.2 Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակում տեղի ունեցած երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկը

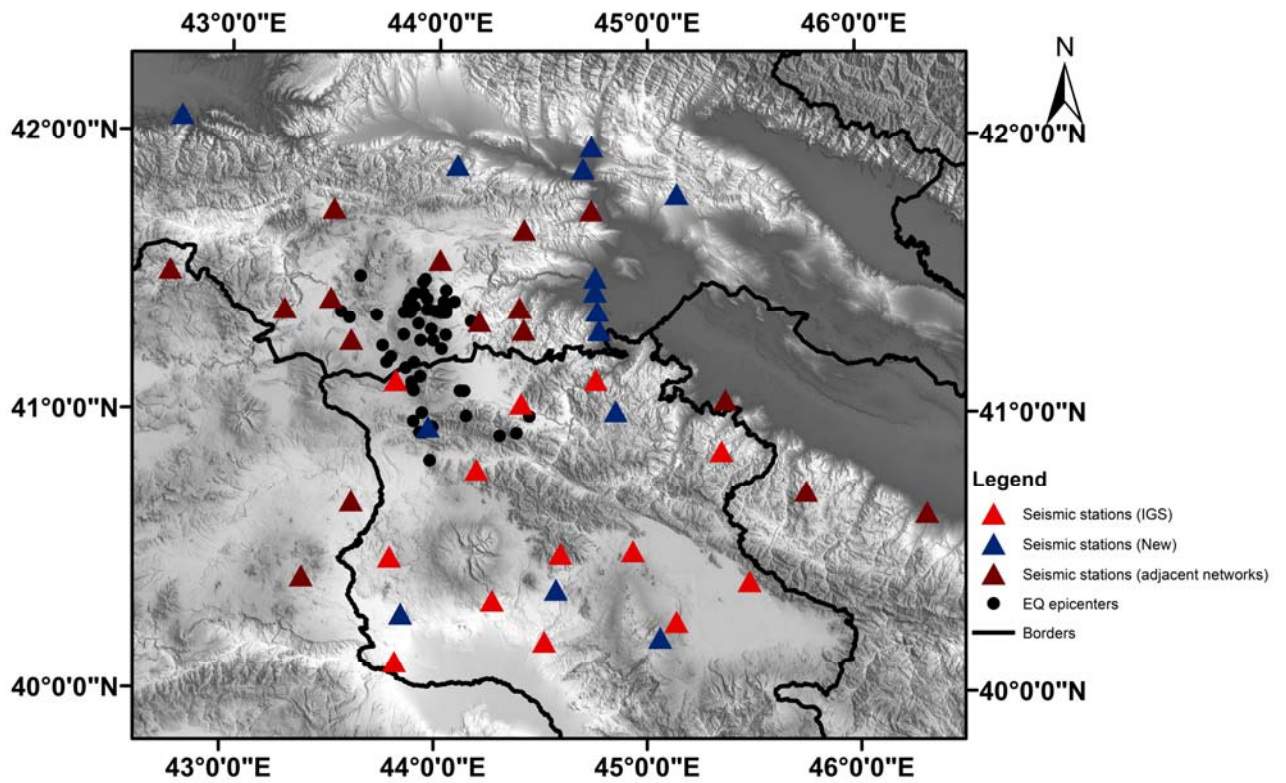
Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակում և հարակից տարածքներում հաշվարկվել են 2005-2017թթ. ընթացքում գրանցված շուրջ 58 երկրաշարժերի, որոնց մագնիտուդը $M_L \geq 3.0$, ֆոկալ մեխանիզմները:

P ալիքի առաջին մուտքի նշանով մեթոդի կիրառմամբ երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկի ամենակարևոր նախապայմաններից մեկն է ապահովել էպիկենտրոնի նկատմամբ սեյսմիկ կայանների օպտիմալ ազիմուտային ծածկույթը, ինչպես նաև P ալիքի առաջին մուտքի նշանի հստակ գրանցումը ալիքային պատկերի վրա: Դա թույլ է տալիս ճշգրիտ մուտքագրել P ալիքի առաջին մուտքի նշանը, ինչն էլ

կապահովի լուծման բարձր ճշտությունը՝ գնահատելով սեյսմիկ կայանի նկատմամբ միջավայրի սեղմման կամ ընդարձակման իրական պատկերը:

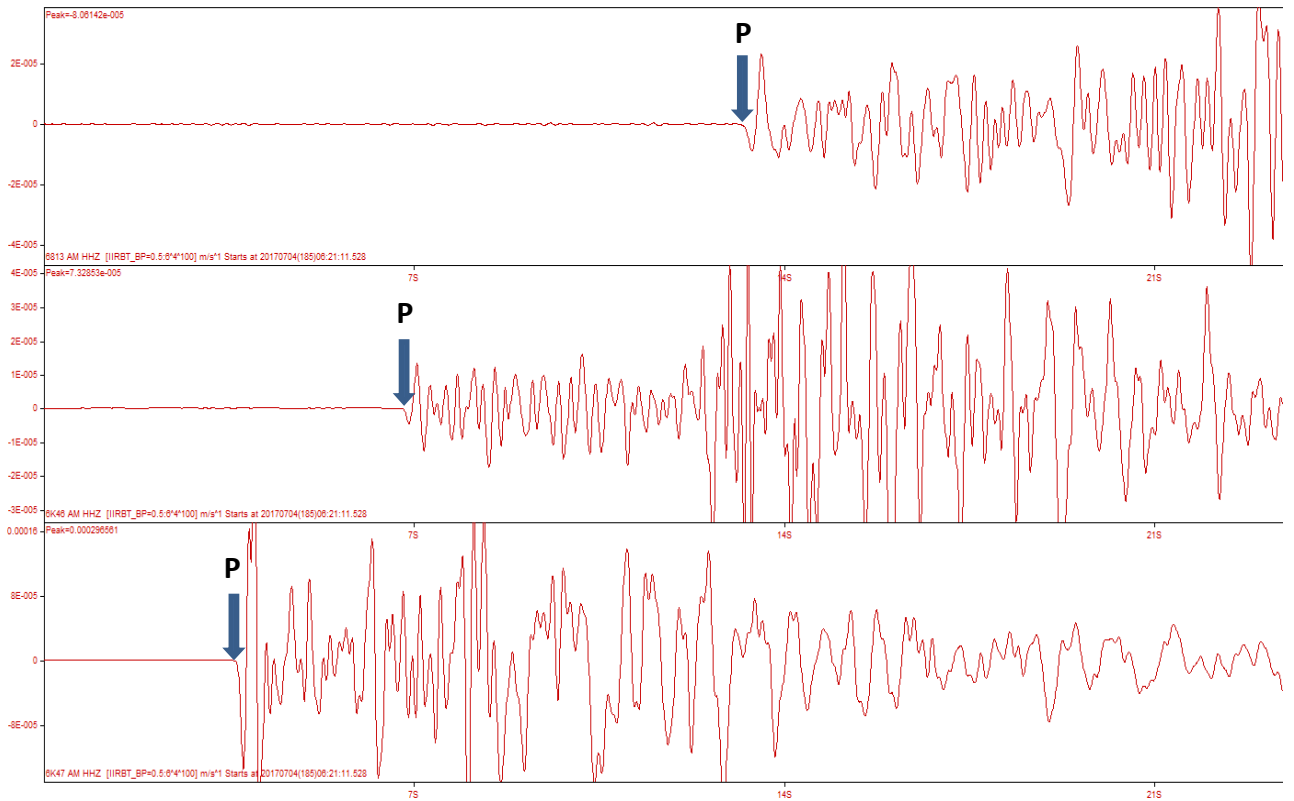
Այսպիսով, 2005-2017թթ. ընթացքում գրանցված $M_L \geq 3.0$ մագնիտուդով երկրաշարժերից հաշվարկվել են ֆոկալ մեխանիզմները այն երկրաշարժերի համար, որոնց դեպքում էպիկենտրոնի նկատմամբ սեյսմիկ կայանների ազիմուտային անկյունը (GAP) եղել է փոքր ($<100^\circ$), իսկ P ալիքի առաջին մուտքի նշանների քանակը նվազագույնը կազմել է 12: Արդյունքում ֆոկալ մեխանիզմների լուծումներ տրվել են 58 երկրաշարժի համար:

Հաշվարկների համար օգտագործվել են ԳԱԱ ԵԳԻ (Թայվանի Սինիկայի համալսարանի միջև կնքված գիտա-հետազոտական համագործակցության շրջանակներում) ՀՀ տարածքում տեղադրված 14 սեյսմիկ կայանների տվյալները, ինչպես նաև հարևան պետությունների սեյսմիկ կայանների տվյալները, որոնք հասանելի են միջազգային տվյալների փոխանակման տիրույթում՝ IRIS (<http://ds.iris.edu/ds/>) կայքում: 2017թ-ից սկսած Հայաստանի և Վրաստանի տարածքներում (TRANSECT, Caucasus Project) տեղադրվել են նաև Guralp-3TD լայնաշերտ տվիչներով նոր սեյսմիկ կայաններ, որոնց գրանցումները ևս ներառվել են 2017թ-ի երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկի ժամանակ (նկ. 3.5):



Նկար 3.5 Սեյսմիկ կայանների տեղադիրքերը, որոնց գրանցումները օգտագործվել են ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկի համար և 58 ընտրված երկրաշարժերի էպիկենտրոնների տեղադիրքը

Նկ. 3.5-ում ներկայացված են ՀՀ և հարևան պետությունների սեյսմիկ կայանների տեղադիրքերը, որոնց գրանցումների տվյալները օգտագործվել են երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկի ժամանակ: Քարտեզի վրա բերված են այն երկրաշարժերի էպիկենտրոնները, որոնց համար հաշվարկվել են ֆոկալ մեխանիզմները: Ինչպես երևում է նկ. 3.5-ից, սեյսմիկ կայաններն ամբողջովին շրջապատում են երկրաշարժերի էպիկենտրոնները: Բոլոր երկրաշարժերի համար նշված սեյսմիկ կայանների գրանցած սեյսմոգրամները վերծանվել են և որոշվել են ալիքային մուտքերի նշանները (նկ. 3.6):



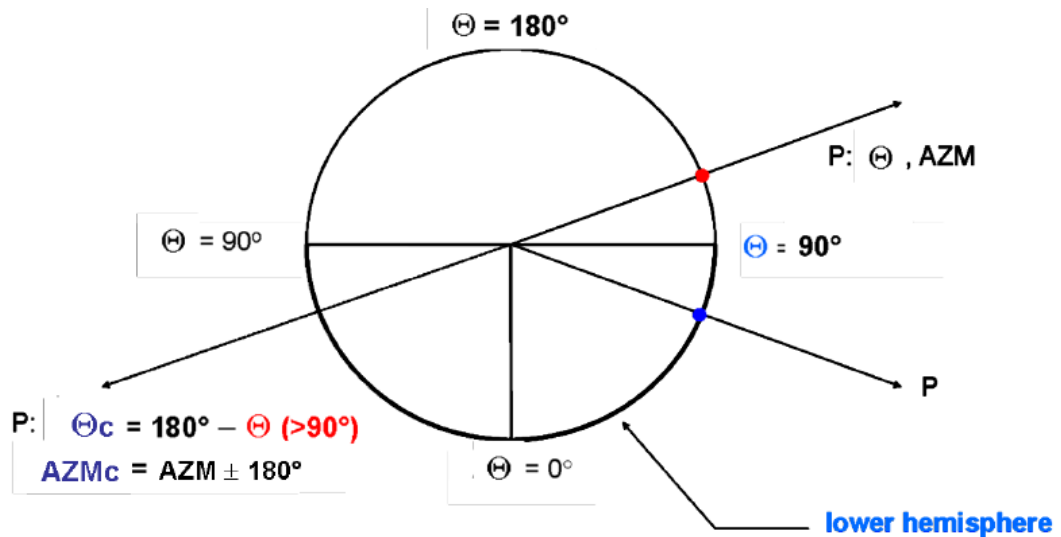
Նկար 3.6 P ալիքի մուտքերն առանձնացված երկրաշարժի սեյսմոգրամայի վրա

P ալիքի առաջին մուտքի նշանով, սեյսմիկ կայանների տեղադիրքերով, և երկրաշարժի հիմնական պարամետրերի տվյալներով կազմվել է համապատասխան տվյալների բազա՝ ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկման համար:

Մեխանիզմների լուծումները հաշվարկվել են FA համակարգչային փաթեթի կիրառմամբ [109]: Այն թույլ է տալիս հաշվել երկրաշարժի էպիկենտրոնի նկատմամբ տարբեր ուղղություններում բաշխված սեյսմիկ կայանների ազիմուտային անկյունները, P –ալիքի տարածման անկման անկյունները յուրաքանչյուր կայանի նկատմամբ, որոշել երկրաշարժի օջախում խզման պրոցեսը բնութագրող երկու նոդալ հարթությունների պարամետրերը, լարվածության սեղմման և ընդարձակման առանցքները և այլն [109]: Ծրագրի հիմքում մշակված ալգորիթմը հնարավորություն է տալիս ելքային պարամետրերի արդյունքների համար ապահովել սխալանքի (misfit) մինչև $\pm 5^\circ$ ճշտություն [109]:

Որպես մուտքային պարամետրեր՝ FA ծրագիր մուտքագրվում են գրանցված երկրաչափի P ալիքի առաջին մուտքերը, որոնք որոշվել են սեյսմիկ կայանների գրանցած սեյսմոգրամների վերծանմամբ, ինչպես նաև սեյսմիկ կայանների ազիմուտային անկյունները էպիկենտրոնի նկատմամբ, P –ալիքի տարածման անկման անկյունները յուրաքանչյուր կայանի նկատմամբ: Այս պարամետրի արժեքները խիստ կերպով պայմանավորված են տեղանքի երկրաբանա-տեկտոնական պայմաններով, միջավայրի ֆիզիկա-մեխանիկական հատկություններով: Սովորաբար, արագությունների մոդելի մի քանի ստանդարտ օրինակներ են կիրառվում, հատկապես հեռավոր գրանցումների վերլուծությունների ժամանակ [104,105], իսկ ինչ վերաբերում է լոկալ երկրաչափերին, ապա խիստ կարևոր է կոնկրետ տեղանքին համատապասխան արագությունների մոդելի կիրառումը: Ծրագրի հիմքում օգտագործվել է ԵԳԻ –ում մեր կողմից նոր տվյալների հիման վրա ստացված արագությունների եռաչափ մոդելը:

Սովորաբար ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկն իրականացվում է կամ միայն վերին, կամ միայն ստորին կիսահարթությունների համար, այնպես որ դրանք լինեն միևնույն կիսահարթության համար հաշվարկված: Մեր դեպքում ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկն իրականացվել է ստորին կիսահարթության համար: Այսինքն այն դեպքերում, երբ ալիքի անկման անկյունը, և ազիմուտն ընդունել են համապատասխանաբար ($90^\circ \leq \Theta \leq 180^\circ$) և ($0^\circ \leq AZM \leq 360^\circ$) արժեքները, ապա վերահաշվարկի արդյունքում $\Theta_c = 180^\circ - \Theta$, $AZM_c = AZM (<180^\circ) + 180^\circ$ կամ $AZM (\geq 180^\circ) - 180^\circ$ այս բանաձևերի կիրառմամբ բոլոր լուծումները բերվել են միևնույն (ստորին) կիսահարթություն (նկ. 3.7):



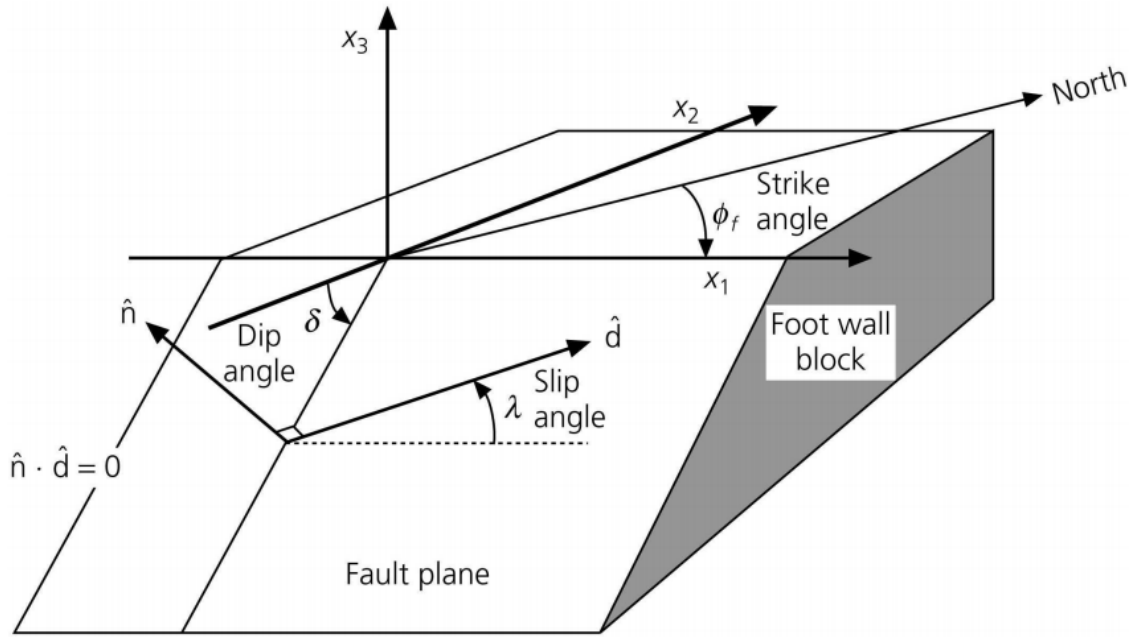
Նկար 3.7 Ֆոկալ մեխանիզմի լուծման ստորին կիսահարթության սխեման [89]

Երկրաշարժի օջախում խզման հարթությունը բնութագրվում է երեք անկյուններով՝ խզվածքի տարածման ուղղություն (Strike), խզման հարթության անկման անկյուն (Dip), խզման հարթության սահքի անկյուն (Slip or Rake) և երկու օրթոգոնալ վեկտորներով՝ խզման հարթության նորմալի (n) և սահքի (d) վեկտորներ (նկ. 3.8):

խզվածքի տարածման ուղղությունը (Strike) խզման հարթության և հորիզոնի հատման անկյունն է Հյուսիսի նկատմամբ: Այն ընդունում է $0^\circ - 360^\circ$ արժեքներ:

խզման հարթության անկման անկյունը (Dip) խզման հարթության և հորիզոնական հարթության միջև կազմած անկյունն է, ընդունում է 0° (հորիզոնական հարթություն) - 90° (ուղղաձիգ հարթություն) արժեքները:

խզման հարթության սահքի անկյունը (Slip or Rake, λ) խզվածքի տարածման ուղղությամբ խզման հարթության շարժման անկյունն է: Կարող է ընդունել $\pm 180^\circ$: Ընդ որում $\lambda = 0^\circ$ համապատասխանում է ձախ-կողաշարժին: $\lambda = \pm 180^\circ$ արժեքները՝ աջ-կողաշարժին; $\lambda > 0$ դեպքում՝ վերնետք կամ վրաշարժ; $\lambda < 0$ վարնետք (normal fault):



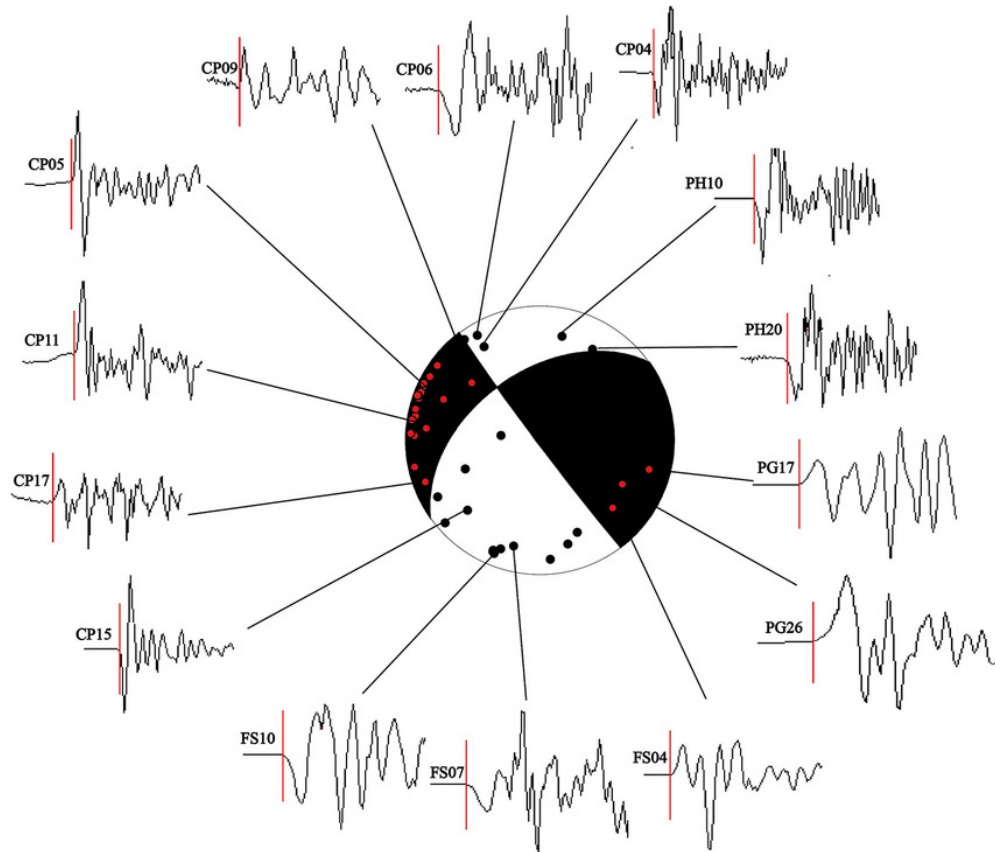
Նկար 3.8 Երկրաշարժի օջախի խզման հարթության սխեման՝ ներկայացված Strike, Dip, Rake

Աղյուսակ 3.1

Dip = 90°	Rake = 0°	Ձախակողմյան կողաշարժ
Dip = 90°	Rake = 180°	Աջակողմյան կողաշարժ
Dip = 45°	Rake = 90°	Վերնետք
Dip = 45°	Rake = -90°	Վարնետք

Աղյուսակ 3.1-ում ներկայացված են, թե խզման հարթության անկման և սահքի անկյունների որ արժեքներին շարժման ինչ տիպ է համապատասխանում:

FA ծրագրի միջոցով իրականացրած հաշվարկները թույլ են տալիս ստանալ երկրաշարժի օջախում խզման դինամիկան բնութագրող հնարավոր երկու նոդալ հարթությունների հիմնական պարամետրերը՝ Strike, Dip, Slip or Rake: Վերջիններիս տվյալներով հնարավոր է դառնում ֆոկալ մեխանիզմի լուծումը պատկերել երկու փոխուղղահայաց հարթություններով (նոդալ հարթություններ) սահմանափակվող կիսասֆերայի տեսքով:



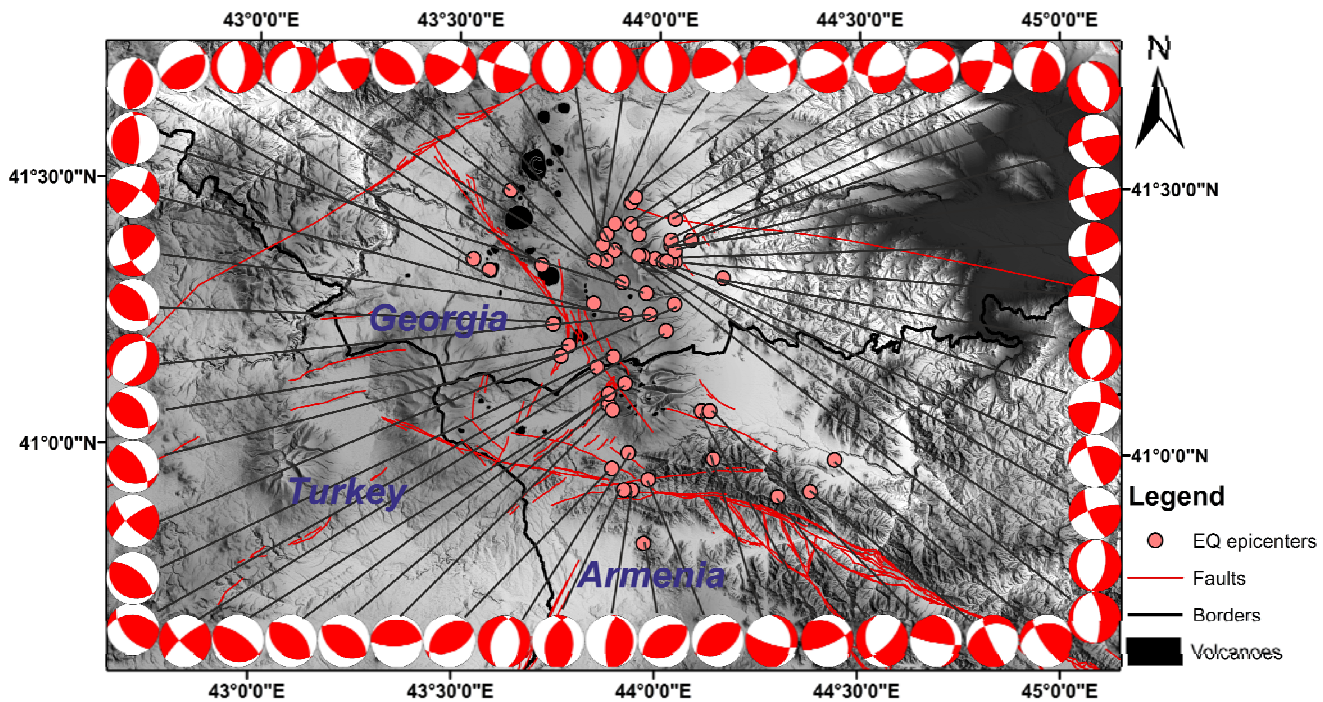
Նկար 3.9 Ֆոկալ մեխանիզմի լուծումը՝ beach ball – ի տեսքով

Նկ. 3.9-ում պատկերված է երկրաշարժի օջախի ֆոկալ մեխանիզմի լուծումը «գնդակ»-ի (beachball) տեսքով: P ալիքի առաջին մուտքի նշանով պայմանավորված տարանջատվել են սեղմող և ընդարձակող միջավայրերը՝ փոխուղղահայաց նոդալ հարթություններով, ընդ որում այդ հարթություններից մեկը խզման հարթությունն է, որով իրականում տեղի է ունեցել խզման դինամիկան, իսկ մյուսը՝ դրան ուղղահայաց օժանդակ (auxiliary) հարթությունն է (նկ. 3.9):

3.3 Ստացված արդյունքները և վերլուծությունը

Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակում և հարակից տարածքներում 2005-2017թթ. ընթացքում գրանցված $M_L \geq 3.0$ մագնիտուդով 58 երկրաշարժի համար կատարվել է ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկ և կազմվել է մեխանիզմների պարամետրերի կատալոգ: Ստացված արդյունքների գնդակների տեսքով պատկերները բերված են նկ. 3.10-ում:

Այդ երկրաշարժերը, որոնց էպիկենտրոնները հիմնականում հարում են Ջավախքի խզվածքին, Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտին, ինչպես նաև Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքին, բնութագրվում են շարժման տարբեր տիպի կինեմատիկաներով (կողաշարժային, վերնետքային, վարնետքային) (նկ. 3.10):






































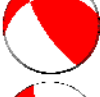






















Նկար 3.10 Երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները (2005-2017թթ.)
 $M \geq 3.0$

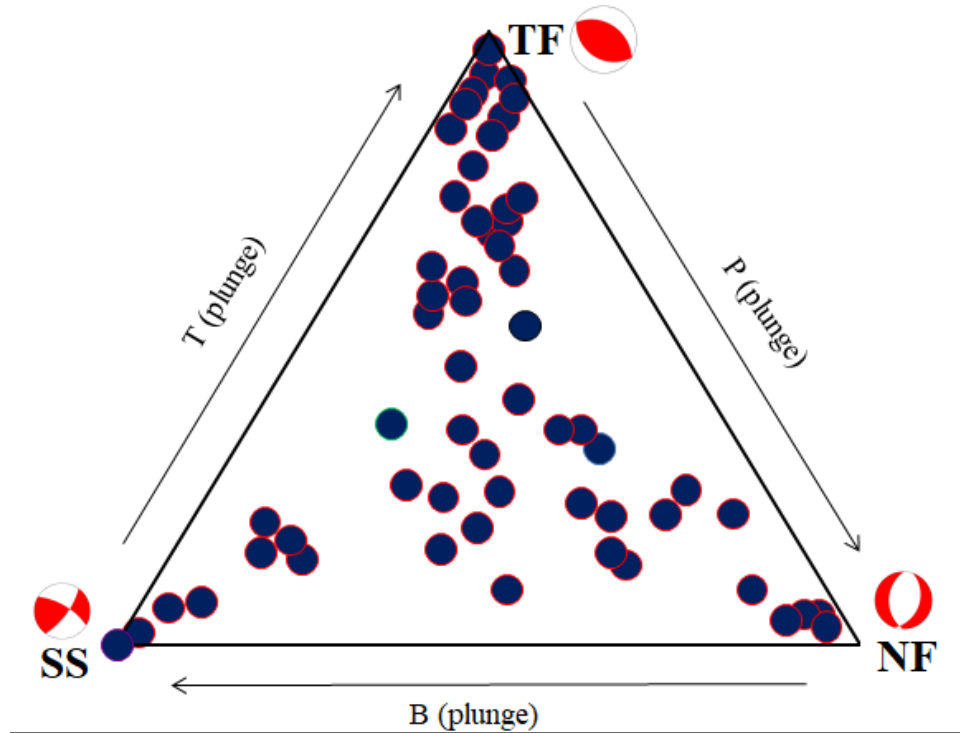
Ինչպես երևում է քարտեզից, Ջավախքի խզվածքին և Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեզմենտին հարող տարածքներում երկրաշարժերը հիմնականում բնութագրվում են շարժման վերնետքային տիպով (TF), իսկ Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում՝ կողաշարժային (SS) և վարնետքային (NF) տիպերով:

Աղյուսակ 3.2-ում բերված են ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները յուրաքանչյուր երկրաշարժի համար: Որպես վիճակագրություն, նշենք, որ հաշվարկված 58 լուծումներից 26-ը բնութագրվել են վերնետքային, 16-ը՝ կողաշարժային և ևս 16-ը՝ վարնետքային շարժման կինեմատիկաներով:

Աղյուսակ 3.2

	2005.12.16 $M_L=4.3$ H=12 km TF		2006.05.24 $M_L=3.7$ H=08 km NF		2006.12.28 $M_L=3.6$ H=12 km SS		2007.07.09 $M_L=4.0$ H=10 km TF		2007.07.24 $M_L=4.1$ H=05 km TF		2008.06.18 $M_L=3.7$ H=07 km NF
	2010.05.05 $M_L=3.5$ H=11 km SS		2011.02.22 $M_L=3.5$ H=15 km SS		2011.07.23 $M_L=3.5$ H=15 km TF		2011.09.06 $M_L=3.5$ H=16 km SS		2011.09.27 $M_L=4.4$ H=12 km SS		2011.12.11 $M_L=3.4$ H=12 km TF
	2012.03.05 $M_L=3.4$ H=09 km TF		2012.05.20 $M_L=3.5$ H=18 km NF		2013.01.25 $M_L=3.3$ H=12 km TF		2013.06.05 $M_L=3.1$ H=15 km TF		2013.08.08 $M_L=3.5$ H=05 km SS		2013.08.08 $M_L=3.2$ H=15 km SS
	2013.09.06 $M_L=3.8$ H=10 km TF		2013.09.07 $M_L=3.0$ H=15 km NF		2013.10.17 $M_L=3.3$ H=08 km NF		2013.10.18 $M_L=3.2$ H=10 km TF		2013.10.25 $M_L=3.5$ H=08 km NS		2014.03.09 ML=3.5 H=16 km SS
	2014.03.16 $M_L=3.0$ H=10 km NF		2014.04.14 $M_L=3.0$ H=05 km NS		2014.05.26 $M_L=4.0$ H=13 km TF		2014.08.25 $M_L=3.2$ H=18 km TF		2014.11.08 $M_L=3.0$ H=05 km NF		2015.01.08 $M_L=3.5$ H=05 km TF
	2015.03.24 $M_L=3.9$ H=12 km TF		2015.04.19 $M_L=3.0$ H=12 km NF		2015.05.25 $M_L=3.6$ H=05 km TF		2015.07.18 $M_L=3.3$ H=09 km SS		2015.10.27 $M_L=3.2$ H=12 km NS		2016.01.05 $M_L=3.4$ H=10 km NF
	2016.03.02 $M_L=3.2$ H=08 km NS		2016.03.16 $M_L=3.1$ H=10 km TF		2016.03.24 $M_L=3.2$ H=10 km TF		2016.07.12 $M_L=4.8$ H=18 km SS		2016.07.12 $M_L=3.5$ H=14 km SS		2016.07.13 $M_L=3.4$ H=15 km TF
	2016.07.13 $M_L=3.6$ H=10 km TF		2016.07.21 $M_L=4.3$ H=10 km SS		2016.08.04 $M_L=3.1$ H=12 km SS		2016.08.04 $M_L=3.0$ H=10 km SS		2016.08.15 $M_L=3.6$ H=10 km TF		2016.10.17 $M_L=3.7$ H=20 km TF
	2016.10.19 $M_L=3.7$ H=12 km SS		2017.01.11 $M_L=3.2$ H=12 km NF		2017.03.24 $M_L=3.7$ H=05 km TF		2016.03.24 $M_L=3.0$ H=05 km TF		2017.04.18 $M_L=3.1$ H=19 km TF		2017.04.18 $M_L=3.0$ H=09 km NF
	2017.05.09 $M_L=3.1$ H=08 km NF		2017.05.09 $M_L=3.6$ H=10 km NF		2017.07.04 $M_L=3.7$ H=05 km TF		2017.08.15 $M_L=3.2$ H=08 km TF				

Ֆոկալ մեխանիզմների շարժման տիպերի բաշխումը ավելի պատկերավոր դարձնելու համար այն կարելի է ներկայացնել այսպես կոչված եռակի դիագրամի (ternary diagram) միջոցով (նկ. 3.11):

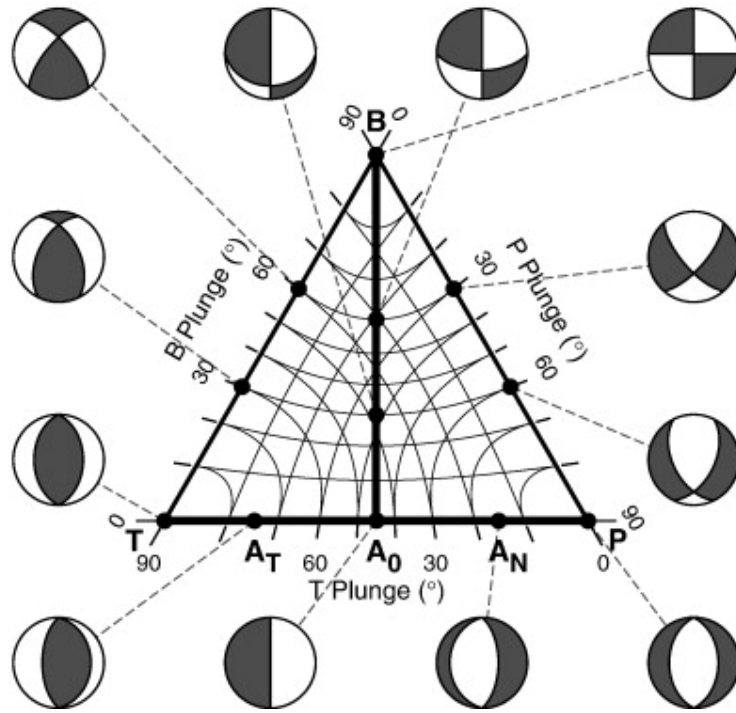


Նկար 3.11 Եռակի դիագրամի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումների համար

Եռակի դիագրամը քանակական բաշխումը նկարագրող և պատկերող գրաֆիկական մեթոդ է, որը շատ արդիական է երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները՝ ըստ շարժման տիպերի բաշխման շատ ավելի պատկերավոր դարձնելու համար: Այս դեպքում մեթոդը հիմնված է խզման հարթությունները բնութագրող սեղմման P (compression), ընդարձակման T (tension) և միջանկյալ B (intermediate) առանցքների անկման անկյունների (plunge angle) արժեքների վրա (δ_T , δ_B և δ_P) [87]: Եռանկյան ներսում P, T և B առանցքներով կետի կառուցումը հնարավոր է դառնում, քանի որ ցանկացած երեք փոխուղղահայաց վեկտորներ, որոնց անկման անկյունները δ_T , δ_B և δ_P են բավարարում են հետևյալ պայմանին.

$$\sin^2 \delta_T + \sin^2 \delta_B + \sin^2 \delta_P = 1$$

Եթե վերոնշյալ հավասարումը սահմանենք կոորդինատական համակարգի առանցքներով $x = \sin \delta_T$, $y = \sin \delta_B$, և $z = \sin \delta_P$, ապա այն իրենից կներկայացնի գնդի հավասարումը $x^2 + y^2 + z^2 = 1$:

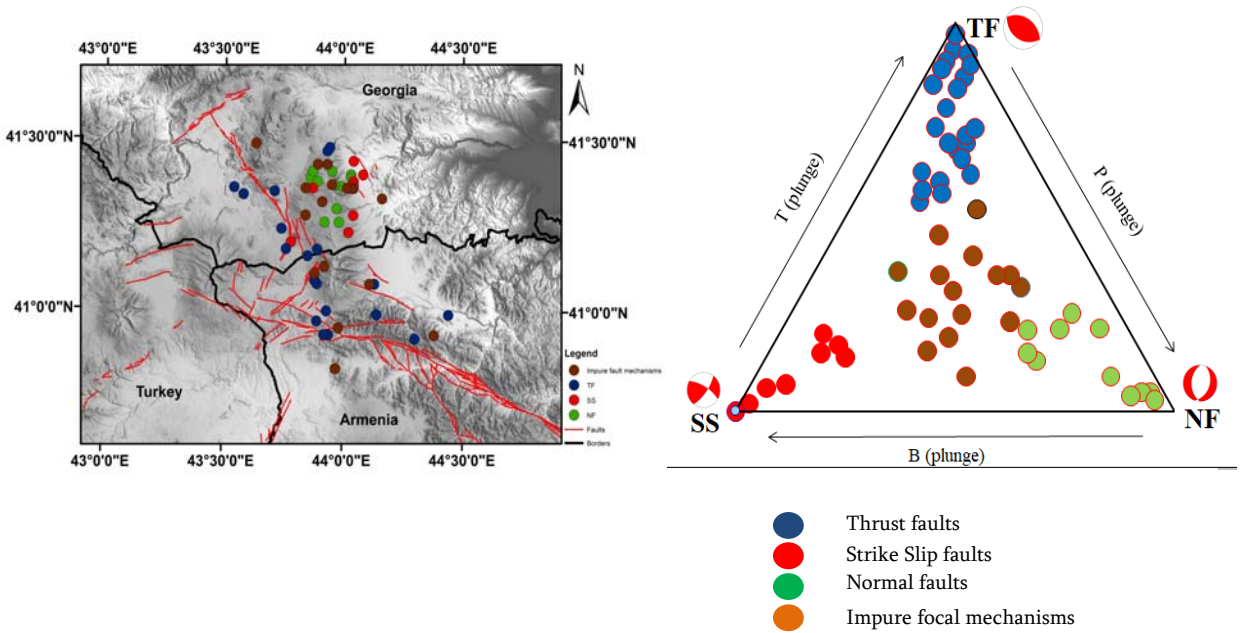


Նկար 3.12 Եռակի դիագրամը պատկերող սխեման

Քանի որ բոլոր անկյունների արժեքներն ընկած են 0 և 90 ° միջև, հետևաբար եռանկյան գագաթներին P, T և B առանցքների անկման անկյունները կլինեն հավասար 90°: Հետևաբար, եռանկյան գագաթներում կլինեն երկրաչափեր T ուղղահայաց առանցքով (վերնետքային, TF), B ուղղահայաց առանցքով (կողաշարժային, SS) և P ուղղահայաց առանցքով (վարնետքային, NF) [87] (նկ. 3.12):

Բոլոր այն երկրաչափերը, որոնք դիագրամի ներսում մոտ են գագաթներից որևէ մեկին, համապատասխանում են շարժման այդ տիպի՝ ավելի մաքուր (pure) լինելուն (նկ. 3.11): Դիագրամի միջանկյալ հատվածի երկրաչափերի շարժման տիպերի լուծումները ոչ այնքան մաքուր (pure) են, կամ պարունակում են որոշակի այլ բաղադրիչներ:

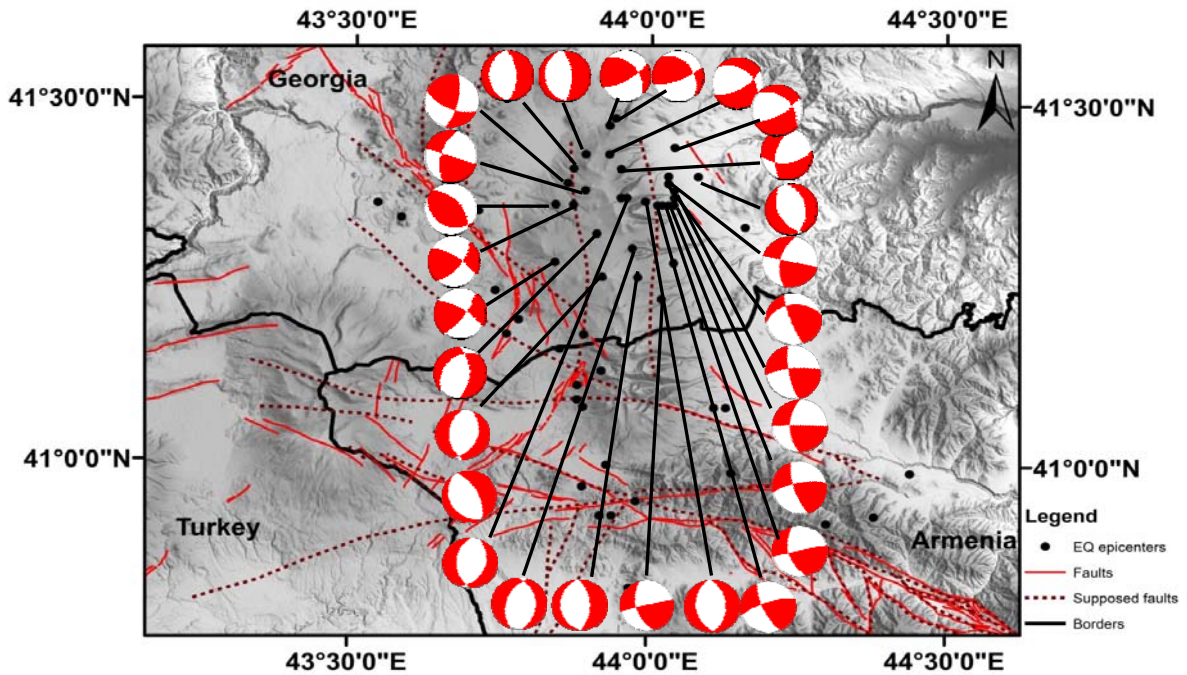
Եռակի դիագրամի բաշխումն ավելի պատկերավոր դարձնելու համար այն ներկայացնենք պայմանական գունային բաժանմամբ (նկ. 3.13):



Նկար 3.13 Ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները եռակի դիագրամի միջոցով՝ համապատասխան գունային բաժանմամբ

Նկ. 3.13-ում ներկայացված է ֆոկալ մեխանիզմների լուծումների բաշխման եռակի դիագրամը՝ համապատասխան գունային բաժանմամբ, ինչը թույլ է տալիս ավելի հստակ պատկերացնել շարժման որևէ տիպով բնութագրվող երկրաշարժի էպիկենտրոնի տեղադիրքը քարտեզի վրա: Կապույտ գույնով նշված են վերնետքային, կարմիրով՝ կողաշարժային, կանաչով՝ վարնետքային շարժմամբ բնութագրվող երկրաշարժերը, իսկ շագանակագույնով՝ պայմանականորեն առանձնացվել են այն երկրաշարժերը, որոնց ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները բնութագրում են շարժման ոչ միատեսակ տիպեր, այսինքն, շարժման որևէ տիպ զուգորդվում է մեկ այլ տեսակով: Ինչպես երևում է նկ. 3.13-ից, վերնետքային կինեմատիկայով բնութագրվող երկրաշարժերը հիմնականում գրանցվել են խզվածքներին հարող տարածքներում, իսկ վարնետքային և կողաշարժային շարժմամբ բնութագրվողները՝ Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում:

Դիտարկենք Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները (նկ. 3.14):

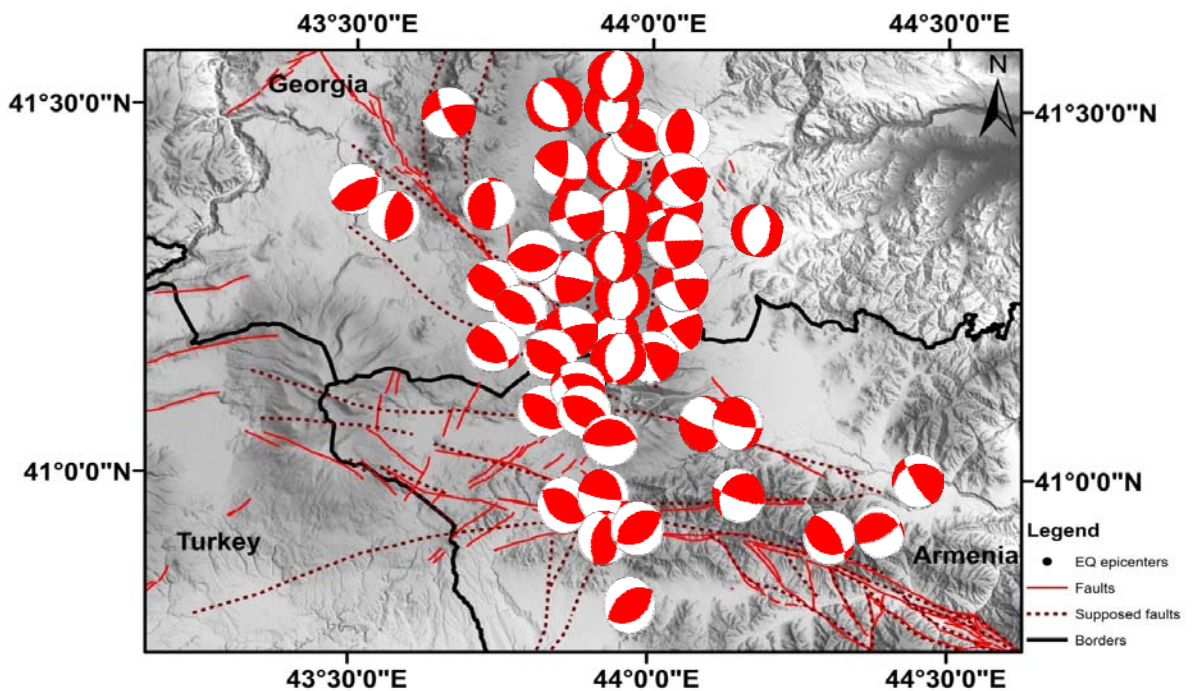


Նկար 3.14 Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները

Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում գրանցված երկրաշարժերի համար ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկները ցույց տվեցին, որ այստեղ հիմնականում օջախները բնութագրվում են վարնետքային և կողաշարժային կինեմատիկաներով: Բայց հատկանշական է այն, որ դրանք ունեն որոշակի օրինաչափ տարածում: Լեռնաշղթայի երկայնքով երկու կողմերից հատում են ենթադրյալ խզվածքներ: Այդ երկու խզվածքներին հարող երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները գրեթե միայն կողաշարժային տիպի են (նկ. 3.14): Ընդ որում այդ կողաշարժային կինեմատիկայով երկրաշարժերը դասավորված են այդ ենթադրյալ խզվածքների երկայնքով՝ լեռնաշղթայի երկու կողմերից: Վարնետքային տիպի շարժմամբ բնութագրվող երկրաշարժերի էպիկենտրոնները հիմնականում գտնվում են լեռնաշղթայի զանգվածի տարածքում:

Այսպիսով, ստացվում է, որ Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում հիմնականում գրանցվել են վարնետքային, իսկ դրա երկու կողմերի երկայնքով՝ կողաշարժային տիպի շարժմամբ բնութագրվող երկրաշարժեր: Ստացված տվյալները նախ կարող են վկայել ենթադրյալ խզվածքների ակտիվության մասին, և մյուս կողմից էլ, հաշվի առնելով կողաշարժային շարժմամբ երկրաշարժերի գրանցումը այդ խզվածքների երկայնքով, կարելի է ենթադրել, որ այդ խզվածքներն ունեն կողաշարժային կինեմատիկա: Նշված խզվածքների միջև վարնետքային տիպի շարժմամբ երկրաշարժերի գրանցումն արտահայտում է հնարավոր հրաբխականության առկայությունը (նկ. 3.14):

Ջավախքի ակտիվ խզվածքին և Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտին հարող տարածքներում գրանցված երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները հիմնականում վերնետքային շարժմամբ են բնութագրվում (նկ. 3.15):

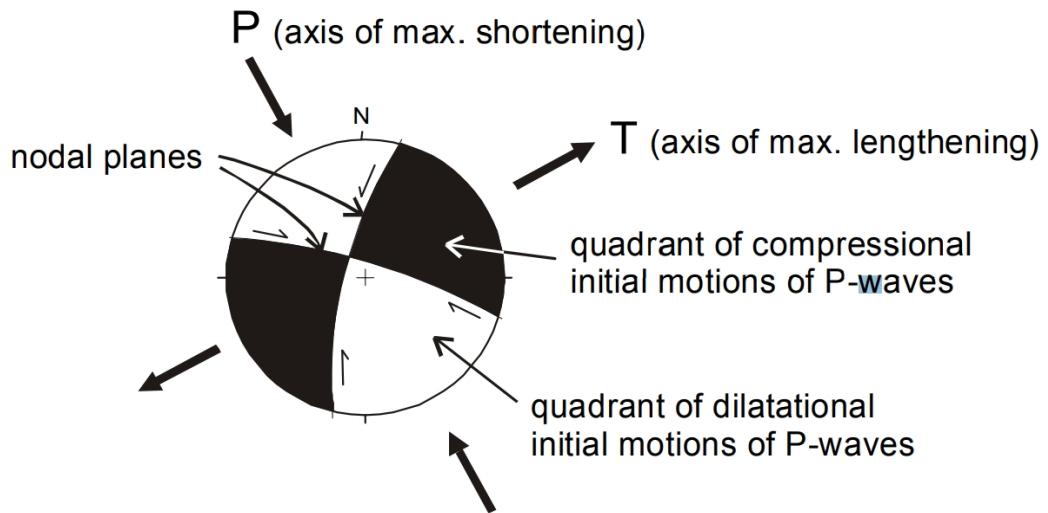


Նկար 3.15 Երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները

Ջավախքի ակտիվ խզվածքը բնութագրվում է վերնետքային կինեմատիկայով, որոշ հատվածներում այն զուգորդվում է կողաշարժերով: Այստեղ գրանցված երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ երկրաշարժերի օջախներում խզման շարժման տիպերը համապատասխանում են Ջավախքի խզվածքի վերնետքային կինեմատիկային: Նույն պատկերն է դիտվում նաև Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտի տարածքում գրանցված երկրաշարժերի դեպքում: Այստեղ ևս երկրաշարժերը բնութագրվում են վերնետքային շարժման տիպով, ինչն էլ համապատասխանում է խզվածքային կինեմատիկային:

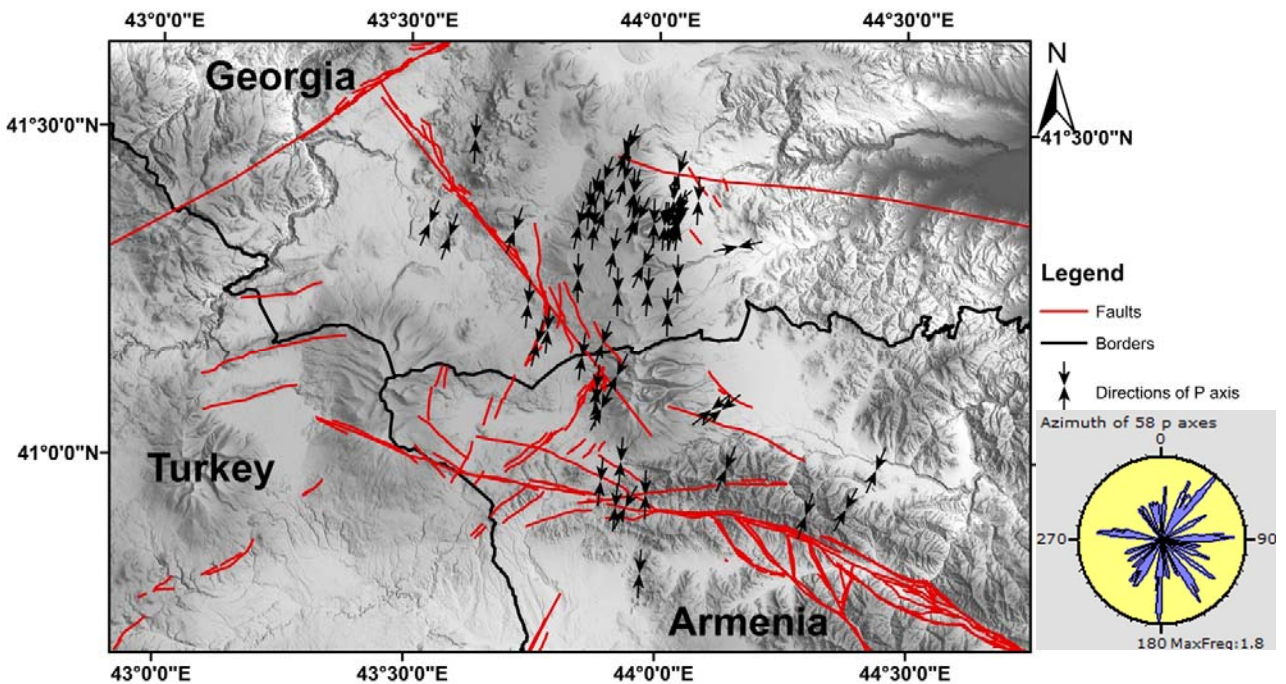
Նշենք նաև, որ վարնետքային և կողաշարժային տիպով բնութագրվող երկրաշարժերի հիպոկենտրոնները գերակշռող մեծամասնությամբ ընկած են մինչև 15 կմ խորությունները: Նման կինեմատիկայով առանձնանում են Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում գրանցված երկրաշարժեր: Ինչ վերաբերում է վերնետքային տիպին, ապա այդ երկրաշարժերը, որոնք հարում են ակտիվ խզվածքների տարածքներին, ունեն հիպոկենտրոնների ավելի մեծ խորություններ (մինչև 20 կմ): Երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկները թույլ են տալիս լուծման արդյունքում ունենալ խզման հարթության սեղմման (P) և ընդարձակման (T) կինեմատիկ առանցքների ուղղությունները:

Կինեմատիկ սեղմման (P) առանցքն ուղղված է դեպի ընդարձակման գոտիները, իսկ ընդարձակման (T) առանցքը՝ դեպի սեղմման գոտիները (նկ. 3.16):



Նկար 3.16 Կինեմատիկ առանցքերի (P, T) ուղղությունները պատկերող սխեման

Սեղմման և ընդարձակման առանցքներն ուղղահայաց են նոդալ հարթությունների կտրվածքներին: Այն առանցքը, որն անցնում է նոդալ հարթություններից որևէ մեկով, կոչվում է միջանկյալ (B) կամ զրոյական առանցք:



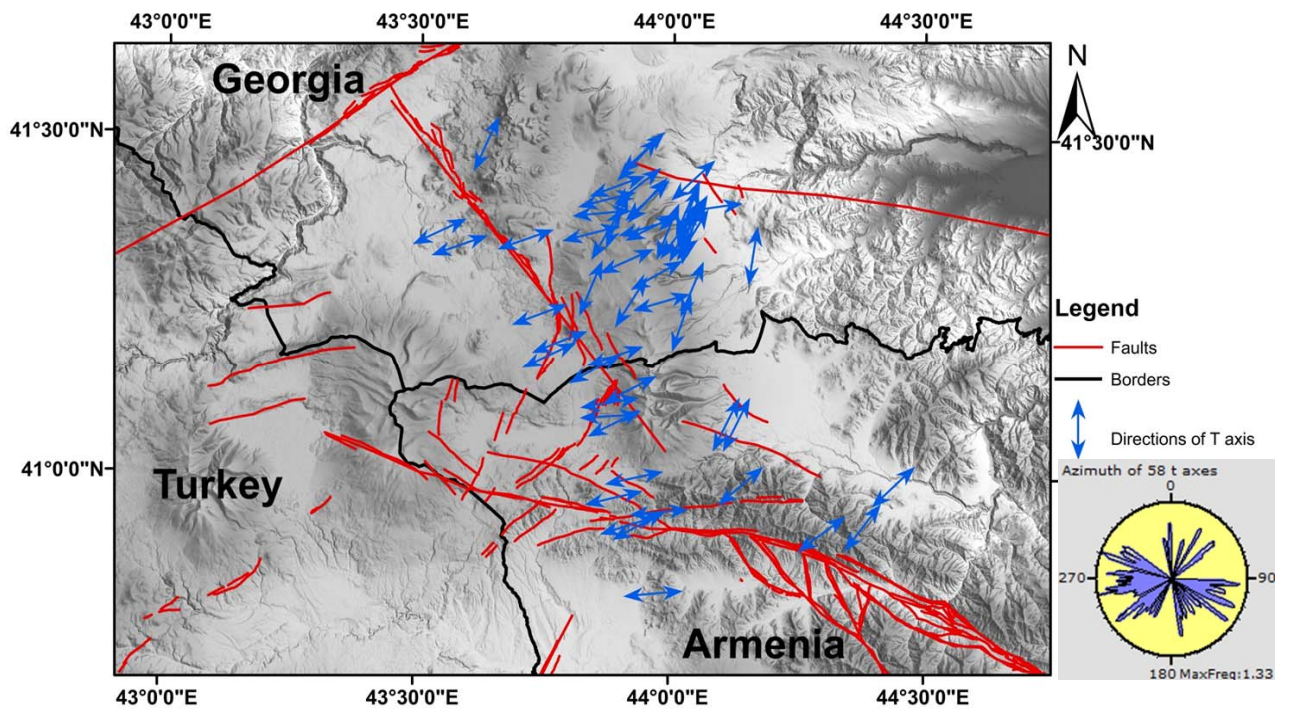
Նկար 3.17 Սեղմման P առանցքերի ուղղությունների քարտեզ

Երկրաշարժերի օջախում խզման հարթության կինեմատիկ առանցքների ուղղությունները ներկայացնելիս օգտագործվել են սեղմման P (compression) և ընդարձակման T (tension) առանցքների անկման անկյունների (plunge angle) արժեքները (δ_P , δ_T):

Այսպիսով, ուսումնասիրվող գոտում երկրաշարժերի օջախում գործող սեղմման լարվածության առանցքներն ունեն նկ. 3.17-ում պատկերված ուղղությունները (նկ. 3.17): Ինչպես երևում է քարտեզից, սեղմման առանցքները հիմնականում տարածվում են հյուսիս-արևելք հարավ-արևմուտք ուղղությամբ, այսինքն ունեն մերձ-միջօրեական գերակշռող ուղղություն:

Նկ. 3.17-ին կցված է վարդի դիագրաման, որտեղ ներկայացված է սեղմման առանցքների բաշխումն՝ ըստ ազիմուտային անկյան:

Նույն երկրաշարժերի համար կազմվել է նաև ընդարձակման T առանցքների ուղղությունների քարտեզը (նկ. 3.18):



Նկար 3.18 Ընդարձակման T առանցքների ուղղությունների քարտեզ

Նկ. 3.18-ից երևում է, որ ընդարձակման (T) կինեմատիկ առանցքներն ունեն հիմնականում արևելք-արևմուտք ուղղությամբ տարածում, այսինքն՝ մերձ-հորիզոնական գերակշռող ուղղություն: Նկարին կցված է նաև վարդի դիագրաման, որտեղ ցույց են տրված ընդարձակման առանցքների բաշխվածությունն՝ ըստ ազիմուտային անկյան:

Ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկների արդյունքում ստանում ենք սեղմման, միջանկյալ և ընդարձակման կինեմատիկ առանցքների ուղղությունների բաշխումը, որոնց անկման անկյունների (plunge angle) արժեքները թույլ են տալիս որոշել նաև առավելագույն հորիզոնական սեղմման լարվածության ազիմուտը (S_H azimuth) [150]: Սեղմման, միջանկյալ և ընդարձակման առանցքների անկման անկյունների տվյալներով ստացվում է համապատասխան տեկտոնական ռեժիմը, որից հետո, ըստ Ջոբակի գնահատման աղյուսակի, որոշվում է առավելագույն հորիզոնական սեղմման լարվածությունը [150] (աղյուսակ 3.3):

Աղյուսակ 3.3

P/S1-axis	B/S2-axis	T/S3-axis	Regime	S_H -azimuth
$pl > 52$		$pl < 35$	NF	azim. of B-axis
$40 < pl < 52$		$pl < 20$	NS	azim. of T-axis + 90°
$pl < 40$	$pl > 45$	$pl < 20$	SS	azim. of T-axis + 90°
$pl < 20$	$pl > 45$	$pl < 40$	SS	azim. of P-axis
$pl < 20$		$40 < pl < 52$	TS	azim. of P-axis
$pl < 35$		$pl > 52$	TF	azim. of P-axis

Աղյուսակ 3.3-ում ներկայացված են տեկտոնական ռեժիմի գնահատման նորմերը՝ ըստ Ջոբակի [150], համաձայն որի, S_H կողմնորոշումը գնահատվում է B առանցքի ազիմուտին համարժեք բոլոր այն դեպքերում, երբ խոսքը հստակ արտահայտված վարնետքային (normal fault) ռեժիմի մասին է (NF), և $90^\circ + T$ ազիմուտին համարժեք այն դեպքերում, երբ B առանցքի անկումն ավելի կտրուկ է, քան T առանցքինը (NS): Ինչ վերաբերում է կողաշարժային կամ վերնետքային

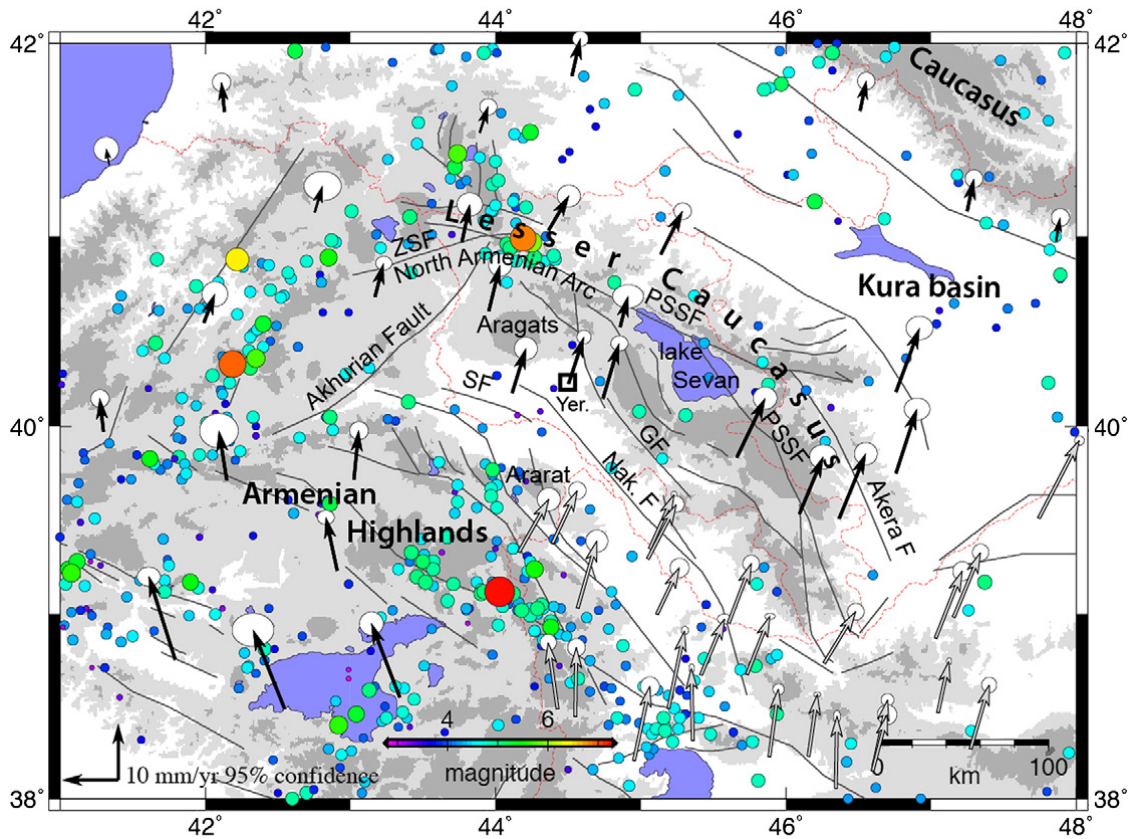
տեկտոնական ռեժիմներին, ապա այս դեպքերում, առավելագույն հորիզոնական սեղմման լարվածության առանցքը համընկնում է P առանցքի ազիմուտի հետ:

Հաշվի առնելով Ջոբակի մոտեցմամբ տեկտոնիկ ռեժիմի գնահատման վերոնշյալ նորմերը՝ ուսումնասիրվող տարածքի համար հաշվարկվել են առավելագույն հորիզոնական սեղմման լարվածության S_H ազիմուտը: Տեկտոնիկ տարբեր ռեժիմներով բնութագրվող երկրաշարժերի օջախներում առավելագույն հորիզոնական սեղմման լարվածության ազիմուտների արժեքների բաշխումը ներկայացված է ֆոկալ մեխանիզմների կատալոգում:

Այսպիսով, մեր կողմից հաշվարկված ֆոկալ մեխանիզմների արդյունքներով կազմվել են կինեմատիկ սեղմման և ընդարձակման առանցքների ուղղությունների բաշխման քարտեզները (նկ. 3.17, 3.18): Համաձայն ստացված տվյալների՝ ուսումնասիրվող սեյսմիկ գոտում սեղմման առանցքներն ունեն մերձ-միջօրեական գերակշռող ուղղություն, իսկ ընդարձակման առանցքները՝ մերձ-հորիզոնական: Այսինքն, ուսումնասիրվող գոտին ենթարկվում է հյուսիս-արևելք հարավ-արևմուտք (NE-SW) սեղմման և հյուսիս-արևմուտք հարավ-արևելք (NW-SE) ընդարձակման դեֆորմացիաներին: Մեր կողմից ստացված տվյալները համադրվել են այստեղ նախկինում իրականացված GPS չափումների:

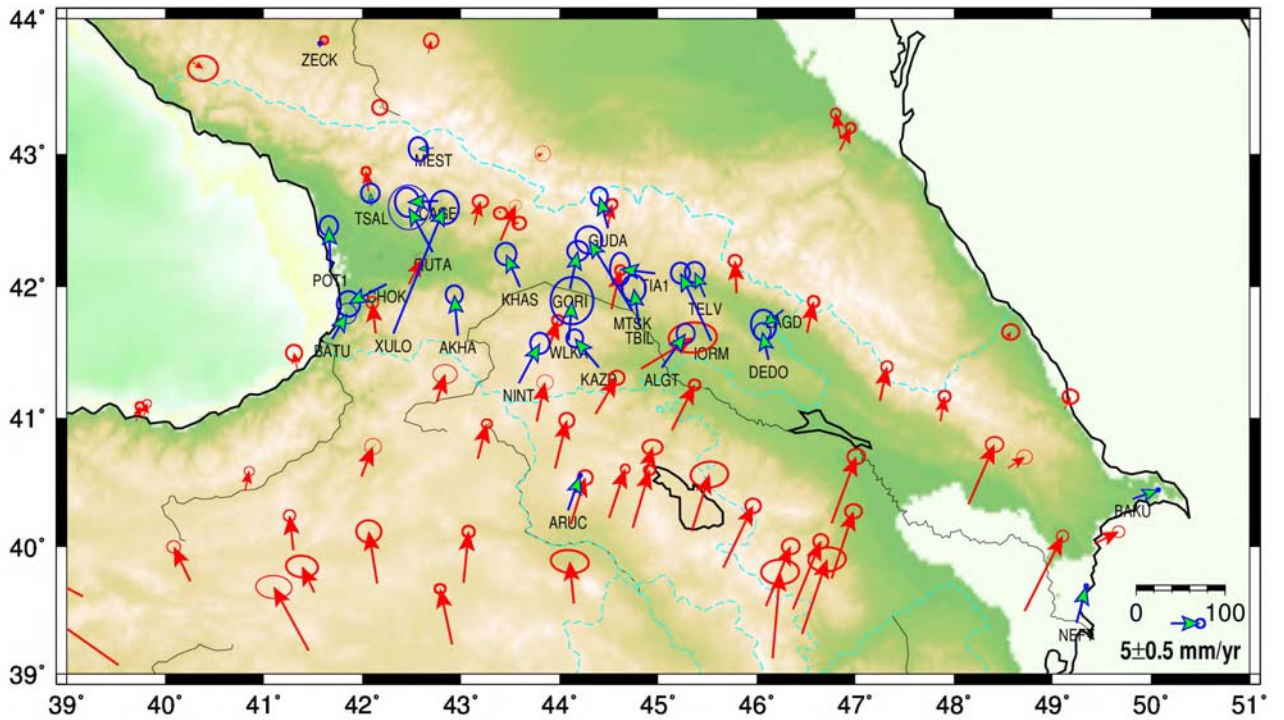
ՀՀ և հարակից տարածքներում GPS դիտարկումները սկսվել են 1994թ-ից 6 դիտարկման կետերում [133], և 2002թ-ին դիտարկման GPS կետերի թիվը հասել է 16-ի: Այս դիտարկումների տվյալների համաձայն, ՀՀ և հարակից տարածքները ենթարկվում են հյուսիս հյուսիս-արևելք ուղղությամբ սեղմման՝ Արաբական սալի դեպի հյուսիս 20 մմ/տարի միջին տարեկան արագությամբ շարժման հետևանքով [102]:

Բացի նշված ցանցից, 1998թ-ին ԳԱԱ ԵԳԻ, «Գեոռիսկ» ՓԲԸ և Ֆրանսիայի Մոնպելյե-2 համալսարանի միջև կնքված գիտա-հետազոտական ծրագրի շրջանակներում սկսել է գործել GPS դիտարկումների ցանց կազմված՝ 6 նոր մշտական կայաններից և 31 դիտարկման կետերից:



Նկար 3.20 a GPS վեկտորների քարտեզը [102]՝ [96], [99] տվյալների հիման վրա

Կարախանյան և ուր. աշխատանքում վերլուծված են ինչպես 1994-2002թթ. տվյալները, այնպես էլ 1998-2009թթ. տվյալները, ինչը թույլ է տվել հեղինակներին քարտեզագրել ՀՀ և հարակից տարածքների երկրակեղևի խոշոր բլոկների հորիզոնական շարժումը [102] (նկ. 3.20 a):



Նկար 3.20 b GPS վեկտորների քարտեզը՝ [107] (կապույտ սլաքներ) և [134] (կարմիր սլաքներ) տվյալների հիման վրա

Նկ. 3.20 a և b -ում ներկայացված են GPS դիտարկման կետերում շարժման վեկտորների ուղղությունները «անշարժ» Եվրասիական սալի նկատմամբ՝ տարբեր հեղինակների կողմից կազմված:

Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների հատվածում ըստ վերոնշյալ GPS տվյալների՝ երկրակեղևի շարժման ուղղությունը գնահատվում է դեպի հյուսիս-արևելք: Ուսումնասիրվող տարածքը, պայմանավորված Արաբական սալի՝ Եվրասիական սալի նկատմամբ դեպի հյուսիս-արևելք շարժմամբ (ըստ GPS տվյալների), ենթարկվում է այդ ուղղությամբ սեղմմանը [102,107]:

Մյուս կողմից, ինչպես արդեն նշվել է ներածական մասում Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի տարածքում նախկինում իրականացված ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկների, լարվածային դաշտի ուսումնասիրման աշխատանքների տվյալներով ուսումնասիրվող գոտում սեղմման առանցքների համար գերակշռող են մերձմիջօրեական, իսկ ընդարձակման առանցքների համար՝ մերձլայնական ուղղությունները [4,51]:

Այսպիսով, համաձայն մեր հաշվարկների արդյունքում ստացված սեղմման և ընդարձակման կինեմատիկ առանցքների տարածման ուղղությունների՝ ուսումնասիրվող գոտին ենթարկվում է հյուսիս-արևելք հարավ-արևմուտք (NE-SW) սեղմման և հյուսիս-արևմուտք հարավ-արևելք (NW-SE) ընդարձակման ազդեցությունների, որը համապատասխանում է այս տարածքի համար GPS չափումներով ստացված տվյալներին և նախկինում իրականացրած ֆոկալ մեխանիզմներ որոշ հետազոտությունների արդյունքներին:

Ամփոփում

Այսպիսով, ամփոփելով Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների համար երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկի արդյունքները, հանգում ենք հետևյալ եզրակացություններին.

- Ուսումնասիրվող գոտում երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկներն ու վերլուծությունը վկայում են այդ գոտում ներկայիս տեկտոնական ակտիվության մասին: Ջավախքի խզվածքին և Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտին հարող տարածքներում երկրաշարժերը հիմնականում բնութագրվում են շարժման վերնետքային տիպով (TF), ինչը համապատասխանում է խզվածքների կինեմատիկային, իսկ Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում՝ կողաշարժային (SS) և վարնետքային (NF) տիպերով:
- Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի հարակից տարածքում գրանցված երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկները ցույց են տալիս «ենթադրյալ» խզվածքների ակտիվությունը և գոտում խզվածքավորման գերակշիռ կողաշարժային և վարնետքային բնույթը:
- Իզման հարթությունների սեղմման (P) կինեմատիկ առանցքներն ունեն մերձ-միջօրեական գերակշռող ուղղություն, իսկ ընդարձակման (T) կինեմատիկ առանցքները՝ մերձ-հորիզոնական: Համաձայն սեղմման և ընդարձակման

կինեմատիկ առանցքների տարածման ուղղությունների՝ ուսումնասիրվող գոտին ենթարկվում է հյուսիս-արևելք հարավ-արևմուտք (NE-SW) սեղմման և հյուսիս-արևմուտք հարավ-արևելք (NW-SE) ընդարձակման ազդեցությունների:

ԳԼՈՒԽ 4. ԵՐԿՐԱԿԵՂԵՎԻ ԼԱՐՎԱԾԱՅԻՆ ԴԱՇՏԻ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ըստ Ձորակի հետազոտությունների [149], երկրակեղևի լարվածային դաշտի պարամետրերի և դրանց փոփոխությունների իմացությունը թույլ է տալիս պատկերացում կազմել տվյալ տարածքի տեկտոնական և լարվածային ռեժիմների առանձնահատկությունների մասին:

Երկրաշարժի ֆոկալ մեխանիզմների հիման վրա տեկտոնական լարվածության դաշտի ուսումնասիրումը հատկապես միջին և ուժեղ երկրաշարժերի առկայությամբ, հնարավորություն է տալիս վերանայել հետազոտվող տարածքում ժամանակակից լարվածային դաշտի, գործող տեկտոնական ուժերի, ինչպես նաև երկրակեղևի գեոդինամիկայի առանձնահատկությունները և բլոկների փոխազդեցությունը: Դա շատ կարևոր է հատկապես սեյսմիկ վտանգի գնահատման խնդիրներում [4]:

Լարվածային դաշտի ուսումնասիրմանն ուղղված մի շարք աշխատանքներ են իրականացվել բազմաթիվ հեղինակների կողմից՝ տարբեր մեթոդների կիրառմամբ, տարբեր մոտեցումներով և ալգորիթմներով: Մասնավորապես, լայն կիրառում ունի երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկի միջոցով երկրակեղևում սեղղման և ընդարձակման առանցքների հիմնական ուղղություններն ուսումնասիրելու մոտեցումը [120,150,88,84,69,103,73,20]:

«Ն» և հարակից տարածքների համար տարբեր հեղինակների կողմից իրականացվել են լարվածության դաշտի ուսումնասիրման ուղղված մի շարք աշխատանքներ, որոնցում հիմնականում օգտագործվել են ֆոկալ մեխանիզմներով որոշված P և T առանցքները [32,33,50,144,24,26,55,3]:

Տեկտոնական լարվածային դաշտի ուսումնասիրությանն և վերլուծությանն ուղղված բազմաթիվ լայնամասշտաբ հետազոտություններ են իրականացվել Կարախանյան, Ավազյան և ուրիշների կողմից, ովքեր իրենց աշխատություններում վերլուծությունների ժամանակ օգտագործել են նաև նույն հասակի հրաբխային կոների դասավորության օրինաչափությունը [99,67,69,1]:

Այս աշխատանքում Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների համար առանձնացված գոտու համար մեր կողմից իրականացվել է երկրակեղևի լարվածային դաշտի առանձնահատկությունների ուսումնասիրություն և վերլուծություն՝ օգտագործելով աշխատանքի նախորդ գլխում ստացված ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները և կառուցվել են համապատասխան լարվածության թենզորները:

4.1 Լարվածության թենզորի որոշման ինվերսիոն մեթոդ

Երկրակեղևի լարվածային դաշտի առանձնահատկություններն ուսումնասիրելու համար կիրառվում են լարվածության թենզորի (stress tensor) որոշման մի շարք մեթոդներ, որոնց հիմքում ընկած են տարբեր ալգորիթմներ՝ պայմանավորված ֆոկալ մեխանիզմների լուծումներով:

Լարվածության թենզորի որոշման ինվերսիոն հայտնի մեթոդներից են Գեպարտի և Ֆորսույի [88], Մայքլի [119], Ռիվերա և Կիստերնասի [136], Դելվաուքսի և Սպիրների [80] մեթոդները, որոնց հիմքում ընկած են տարբեր ալգորիթմներ:

Գեպարտի մեթոդի կիրառումը հնարավորություն է տալիս նվազագույնի հասցնել լարվածության թենզորի դիտված և հաշվարկված մոդելների անհամապատասխանությունը: Մեթոդը թույլ է տալիս լարվածության թենզորի հաշվարկ իրականացնել մուտքագրելով լարվածության P և T առանցքների տվյալները [88]:

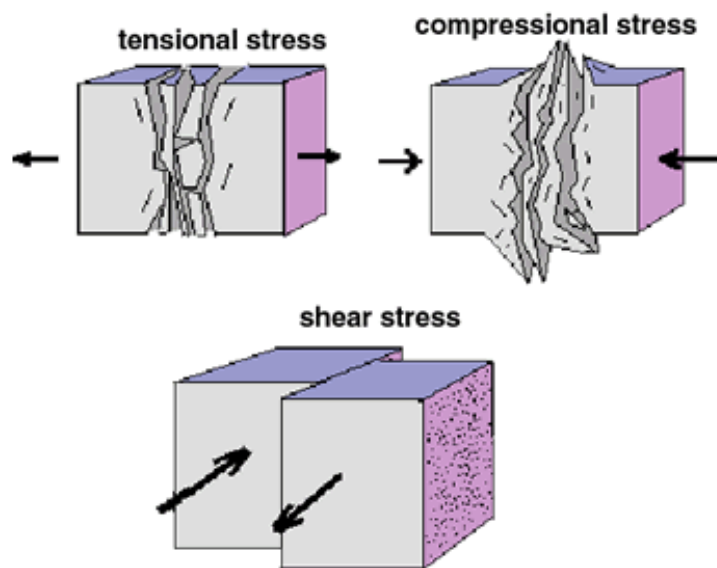
Մայքլի կողմից մշակված ալգորիթմը լարվածության թենզորը հաշվում է գծային ամենափոքր քառակուսիների մեթոդով: Այս դեպքում ֆոկալ մեխանիզմներով հաշվարկված երկու նոդալ հարթություններից խզման իրական հարթությունը որոշվում է պատահականության սկզբունքով [119]:

Ռիվերա և Կիստերնասի կողմից առաջարկվող մեթոդում թենզորի հաշվարկման համար հնարավոր է որպես մուտքային պարամետր օգտագործել ոչ թե որոշված ֆոկալ մեխանիզմները, այլ ծավալային ալիքների առաջին մուտքի նշանները [136]:

Լարվածության թենզորի որոշման համար հայտնի է նաև Դելվաուբուի և Սպիրների մեթոդը [80]:

Վերոնշյալ մեթոդների կիրառման արդյունքում ստացվում է լարվածության թենզորը, որը ներառում է 4 հիմնական պարամետրեր՝ լարվածության երեք՝ սեղմման, միջանկյալ և ընդարձակման առանցքները (ներկայացված PL, AZ ազիմուտով) և լարվածության գլխավոր առանցքների հարաբերակցության մեծությունը $R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$, որտեղ $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ համապատասխանաբար լարվածության սեղմման, միջանկյալ, և ընդարձակման առանցքներն են, ընդ որում ($\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$) [80]:

Օջախում երկրաշարժին նախորդող լարվածային բարդ իրավիճակը բնութագրելու համար կառուցվում է լարվածության թենզորը՝ իր սեղմման, ընդարձակման և սահքի կոմպոնենտներով (նկ. 4.1):

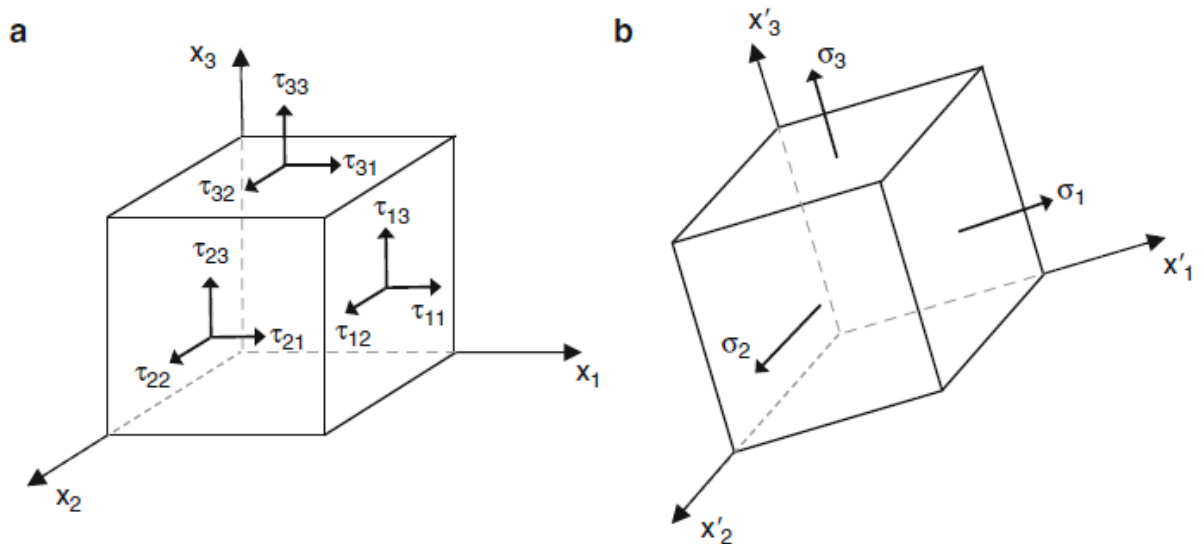


Նկար 4.1 Սեղմման, ընդարձակման և սահքի լարվածությունների սխեման

Լարվածության թենզորը 9 կոմպոնենտներով ներկայացվող մատրիցա է, այն բնութագրում է դեֆորմացվող գոտում կամ մարմնում նյութի լարվածային վիճակը:

$$\boldsymbol{\tau} = \begin{bmatrix} \tau_{11} & \tau_{12} & \tau_{13} \\ \tau_{21} & \tau_{22} & \tau_{23} \\ \tau_{31} & \tau_{32} & \tau_{33} \end{bmatrix}$$

Այդ կոմպոնենտների արժեքները կախված են կորդինատական համակարգից, որում հաշվարկվում են, Դեկարտյան կորդինատական համակարգում ունեն (նկ. 4.2 a) տեսքը, իսկ պտտական համակարգում՝ արտահայտված լարվածային առանցքների մեծություններով՝ (նկ. 4.2 b) տեսքը:



Նկար 4.2 Լարվածության թենզորի բաղադրիչները՝ Դեկարտյան և պտտական կորդինատական համակարգերում

Հայտնի է, որ S մակերեսի վրա n նորմալի ուղղությամբ ազդող ուժը կոչվում է քարշի ուժ (T) և ներկայացվում է հետևյալ բանաձևով

$$T_i = \tau_{ij}n_j$$

Այն իր մեջ ներառում է լարվածության նորմալ և սահքի կոմպոնենտները (նկ. 4.2), որոնք արտահայտվում են հետևյալ տեսքով՝

$$\sigma_n = T_i n_i = \tau_{ij}n_i n_j$$

$$\tau N_i = T_i - \sigma_n n_i = \tau_{ij}n_j - \tau_{jkn_j}n_k n_i = \tau_{kj}n_j(\delta_{ik} - n_i n_k),$$

որտեղ N –ը S մակերեսի վրա սահքի կոմպոնենտի ուղղությունն է:

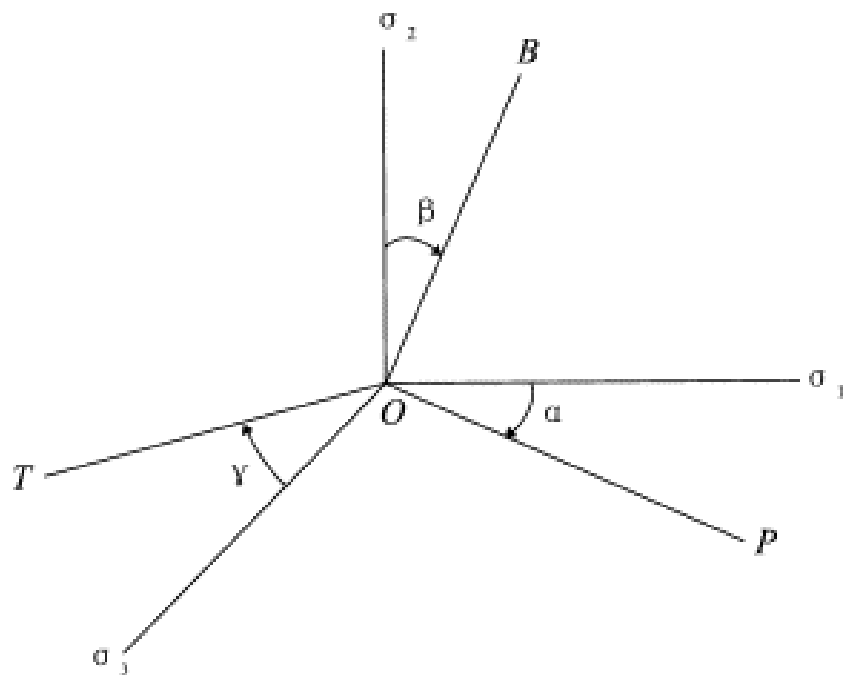
Բոլոր այն դեպքերում, երբ ազդող ուժը առաջացնում է խզման հարթության միայն դեֆորմացիա, և ոչ թե նաև պտույտ, այդ ժամանակ լարվածության թենզորը ներկայացվում է սիմետրիկ մատրիցայով

$$\tau_{ij} = \tau_{ji}$$

և նկարագրվում է 6 անկախ կոմպոնենտներով:

Լարվածության գլխավոր $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ առանցքների և կինեմատիկ P, B, T առանցքների միջև կազմող α, β, γ անկյունների շնորհիվ (նկ. 4.3), կորդինատական համակարգը միշտ կարելի է պտտել այնպես, որ լարվածության թենզորը ներկայացվի գծային մատրիցայի տեսքով՝

$$\boldsymbol{\tau} = \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 \end{bmatrix}$$



Նկար 4.3 Լարվածության գլխավոր $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ առանցքների և կինեմատիկ P, B, T առանցքների կորդինատական սխեման

Լարվածության թենզորը գծային մատրիցայով ներկայացնելու դեպքում խնդիրը բերում ենք լարվածության երեք գլխավոր՝ սեղմման, միջանկյալ և ընդարձակման առանցքների ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) որոշմանը:

$$\sigma_n = \sigma_1 n_1^2 + \sigma_2 n_2^2 + \sigma_3 n_3^2,$$

$$\tau^2 = \sigma_1^2 n_1^2 + \sigma_2^2 n_2^2 + \sigma_3^2 n_3^2 - \sigma_n^2$$

Այսպիսով, լարվածության թենզորի կառուցումն իրենից ենթադրում է 4 հիմնական կոմպոնենտների՝ լարվածության երեք գլխավոր առանցքների ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) և առանցքների հարաբերակցության մեծության $R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ որոշում:

R-ը կարող է ընդունել 0 –ից ($\sigma_2 = \sigma_3$) 1 ($\sigma_1 = \sigma_2$) արժեքները: Երբ R –ի արժեքները մոտ են 0 կամ 1-ին, այդ դեպքում լարվածության արժեքի մի փոքր տատանումը կարող է հանգեցնել լարվածության մի ռեժիմից մյուսին անցմանը [92]: Որքան R մոտ է 0,5 արժեքին, այնքան լարվածության ռեժիմները համարվում են մաքուր «pure» [80]:

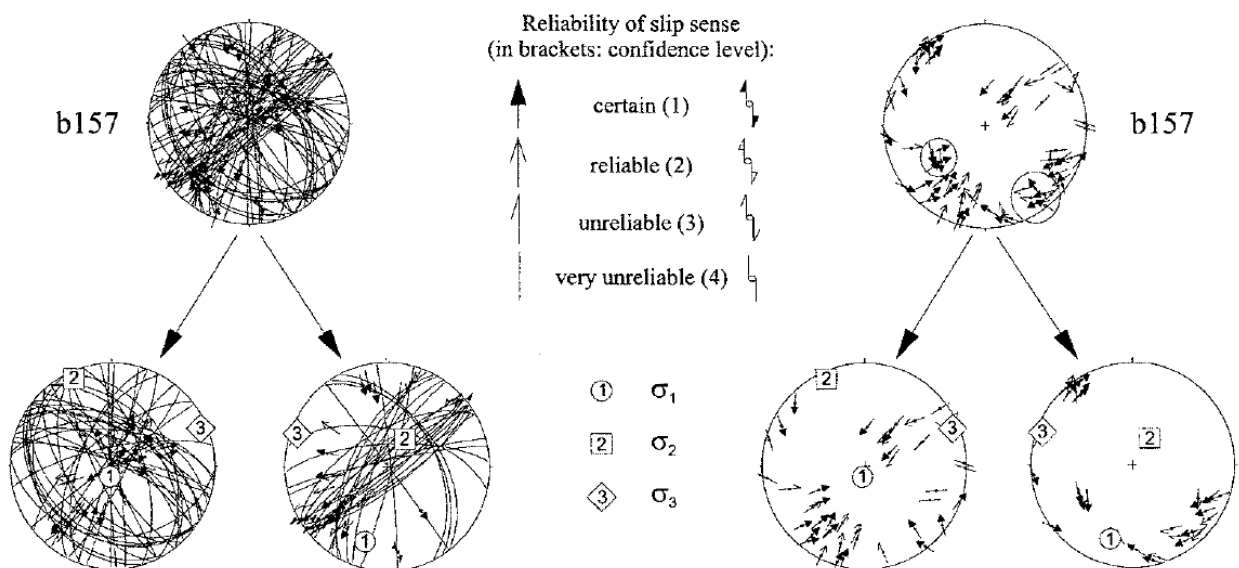
Այս աշխատանքում լարվածության թենզորի որոշման համար մեր կողմից կիրառվել է Դելվաուքսի և Սպիրների [80] մեթոդը:

Մեթոդի կիրառումը հնարավորություն է տալիս նվազագույնի հասցնել լարվածության թենզորի դիտված և հաշվարկված մոդելների անհամապատասխանությունը: Մեթոդը մշակված է այնպիսի ալգորիթմով, որ տվյալների մուտքագրման, լուծման առավելագույն ճշտությունն ապահովող ֆունկցիայի ընտրության ժամանակ հաշվի են առնվում տեղանքի ոչ տեկտոնական կառուցվածքային տարրերը (սահքը, սեղման և ընդարձակման ուժերը, և այլն): Հեղինակների կողմից մշակվել է TENSOR համակարգչային ծրագրային փաթեթը [80] (http://www.damiendelvaux.be/Tensor/WinTensor/win-tensor_download.html):

Ուսումնասիրվող գոտում լարվածության թենզորների կառուցման, լարվածային ռեժիմների գնահատման համար կիրառվել է վերոնշյալ TENSOR համակարգչային ծրագիրը:

Ծրագիրն ունի մուտքային պարամետրերի լայն սպեկտր, թույլ է տալիս մուտքագրել նոդալ հարթությունների պարամետրերը (strike, dip, rake), սեղմման (P) և ընդարձակման (T) առանցքները, արդեն հաշվարկված լարվածության առանցքների ազիմուտները կամ անկման անկյունները և այլն: Ընդ որում ծրագիրը սահմանափակում չի դնում խզման իրական հարթության երկակիության առաջ: Երկու նոդալ հարթություններն էլ մուտք են արվում ծրագիր որպես առանձին անկախ խզման հարթություններ, հաշվարկի վերջում ծրագիրը թույլ է տալիս առանձնացնել տվյալ երկրաշարժի օջախին համապատասխանող խզման իրական հարթությունը՝ դիտված և հաշվարկված արժեքների նվազագույն անհամապատասխանության սկզբունքով:

Ծրագրում կիրառվում է Դիհեդրոնի (Right Dihedron) դասական մեթոդը, որը մշակվել է Անջելիերի և Միքլերի կողմից 1977 թ-ին [65]: Այն գրաֆիկական մեթոդ է և կիրառվում է խզվածքների կինեմատիկայի վերլուծության ժամանակ լարվածության սեղմման σ_1 և ընդարձակման σ_3 առանցքների կողմնորոշումների հնարավոր սահմանների որոշման համար (նկ. 4.4) [65]:



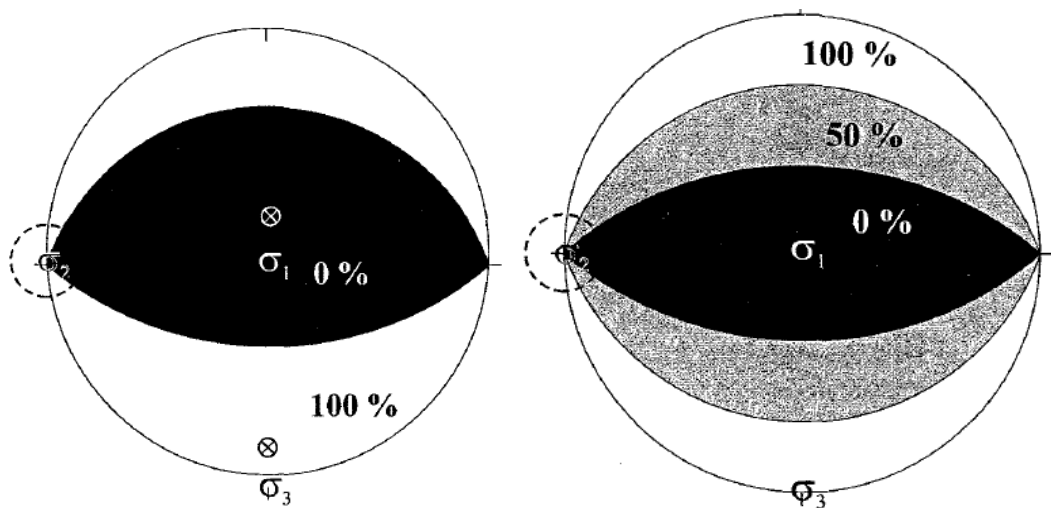
Նկար 4.4 Տարբեր սահմի ուղղություններ ունեցող խզման հարթությունների բաժանումը երկու ենթախմբերի (Դիհեդրոնի մեթոդ)

Մեթոդը տարիների ընթացքում բազմիցս ենթարկվել է մշակման, զարգացման, և լայնորեն կիրառվում է ինչպես հնէալարվածային, այնպես էլ ժամանակակից լարվածային դաշտի ուսումնասիրման նպատակով [80]:

Վերջին տարիների մշակումները նվազագույնի են հասցրել լարվածության գործակցի R որոշման սխալի չափը, և ալգորիթմը զարգացրել են այնքան, որ հաշվարկային շեղում (Counting Deviation) կիրառելու միջոցով հնարավոր է դարձել միաժամանակ կշիռներ տալ տվյալներին, և ձևավորել համապատասխան ենթախմբեր (նկ. 4.4):

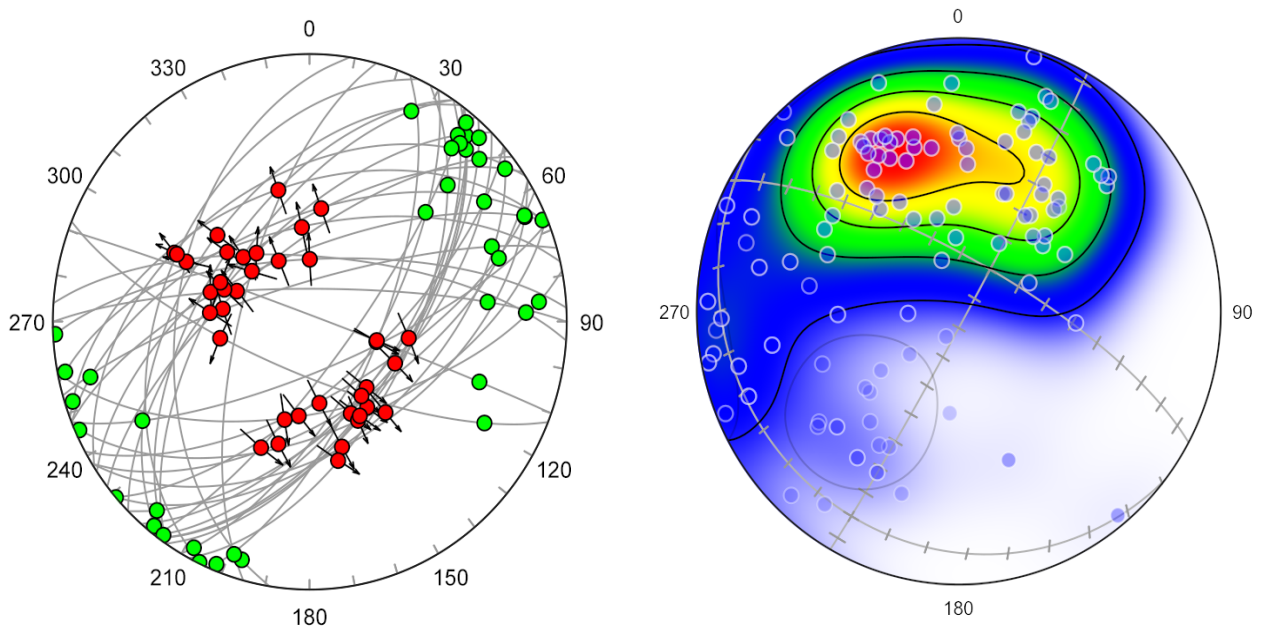
Նշենք, որ նույն խզման հարթությունները կարող են ունենալ սահքի տարբեր ուղղություններ, որոնց տարբերությամբ պայմանավորված էլ իրականացվում է ենթախմբերի բաժանումը՝ ցանցային որոնման ռեժիմով (նկ. 4.4):

Քանի որ սեղմման և ընդարձակման գոտիների բաժանումը որոշվում է համաձայն խզման հարթության և սահքի ուղղության պարամետրերի, հետևաբար այդ գոտիները քարորդների տեսքով դրվում են տեղեկատվական ցանցերի վրա և պայմանականորեն բոլոր կողմնորոշումները, որոնք ընկած են ընդարձակման քարորդներում ընդունում են 100% հաշվարկային արժեքներ (Counting Value), մինչդեռ սեղմման քարորդներում՝ 0% արժեքներ (նկ. 4.5):



Նկար 4.5 Լարվածության առանցքների որոշման անճշտության չափը՝ Դիհեդրոնի մեթոդով

Հայտնի է, որ սեղմման դեֆորմացվող գոտիներում լարվածության նորմալ բաղադրիչն ընդունում է իր առավելագույն արժեքը, մինչդեռ՝ սահքի բաղադրիչը՝ հասնում է նվազագույնի: Հակառակ պատկերը դիտվում է ընդարձակման գոտիների դեպքում: Հետևաբար, Դիհեդրոնի մեթոդով որոշվում է լարվածության գործակցի արժեքը միայն այն դեպքերում, երբ խոսքը գնում է սեղմման կամ ընդարձակման գոտիների մասին, այսինքն, երբ լարվածության նորմալ և սահքի բաղադրիչներն ընդունում են իրենց առավելագույն կամ նվազագույն արժեքները [65]: Մնացած միջանկյալ արժեքների դեպքում ծրագրի հիմքում մշակված ալգորիթմի համաձայն, կիրառվում է պտտման օպտիմալիզացիան (Rotational Optimization) մեթոդը: Մեթոդի կիրառման արդյունքում կառուցվող լարվածության թենզորը մի քանի անգամ պտտվում է գլխավոր առանցքների շուրջ ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$)՝ մինչև որ կհանգեցնի լավագույն լուծմանը՝ նվազագույն սխալի չափով: Յուրաքանչյուր առանցքի համար որոշվում է պտտման անկյունը, որին համապատասխանում է անճշտության ֆունկցիայի (misfit function) նվազագույն արժեքը:



Նկար 4.6 Թենզորի կառուցումը՝ Rotational Optimization մեթոդի կիրառմամբ

Նույնը կատարվում է նաև լարվածության գործակցի՝ R որոշման ժամանակ, առանցքները պտտվում են այնքան անգամ, մինչև որ թենզորը կայունանում է (նկ. 4.6):

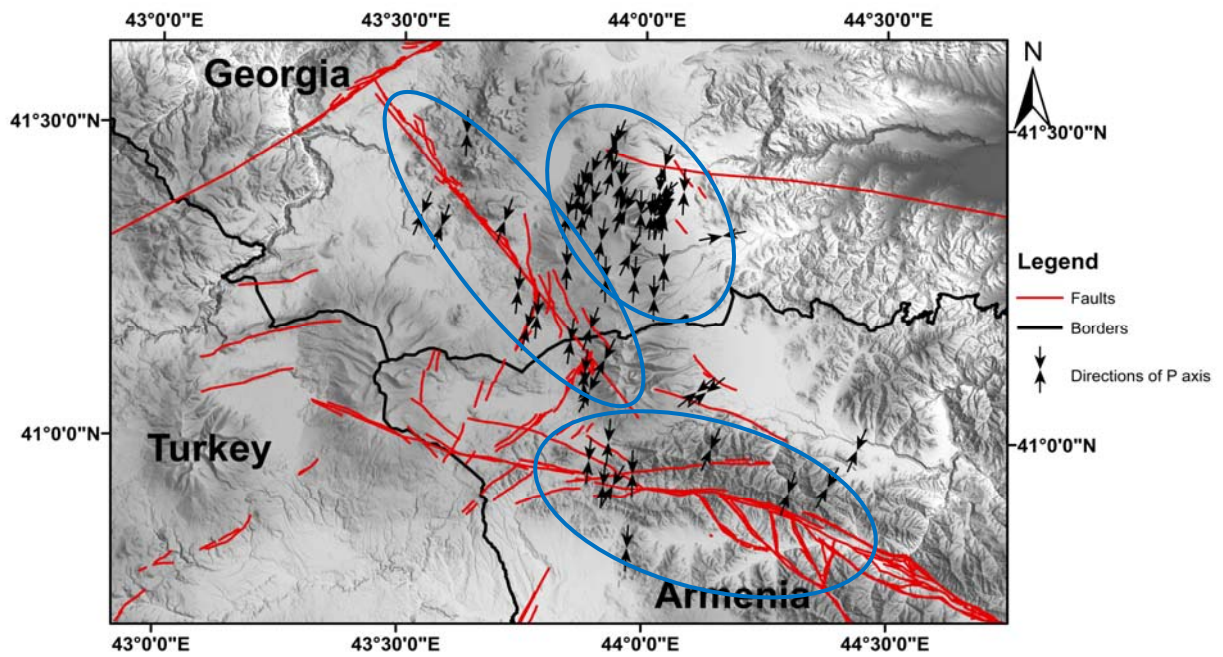
Թենզորը պտտվում է յուրաքանչյուր առանցքի շուրջ $\pm 45^\circ$ միջակայքում 5° և 22° քայլով և ստուգում է R –ի արժեքները 0 և 1 միջակայքում համապատասխանաբար 0.25 և 0.12 քայլով [80]:

Վերոնշյալ մեթոդների կիրառմամբ լարվածության սեղմման և ընդարձակման առանցքների որոշման անճշտության չափն (misfit) գնահատվում է $\pm 5^\circ$ (σ_1 ; σ_3), իսկ լարվածության գործակցի՝ R արժեքի անորոշության չափը (misfit)՝ $R \pm 0.1$ [80]:

4.2 Լարվածության թենզորի կառուցումը

Ջավախքի բարձրավանդակի և հարակից տարածքների երկրակեղևի լարվածային դաշտի առանձնահատկություններն ուսումնասիրելու նպատակով մեր կողմից իրականացվել է առանձնացված գոտում լարվածության թենզորի հաշվարկ: Այս գոտում երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկը թույլ է տալիս որոշել սեղմման և ընդարձակման կինեմատիկ առանցքների տարածման ուղղությունները, և հետևաբար առանձնացնել ուսումնասիրվող գոտու սեղմման և ընդարձակման գոտիները (Տես գլուխ 3):

Գոտու երկրակեղևի լարվածային ռեժիմները գնահատելու և թենզորներ կառուցելու համար դիտարկվել են կինեմատիկ սեղմման P առանցքների տարածման ուղղությունները, համաձայն որոնց ուսումնասիրվող գոտում առանձնացվել են երեք տեղամասեր՝ ըստ սեղմման առանցքների օրինաչափ կուտակումների (նկ. 4.7):



Նկար 4.7 Ուսումնասիրվող գոտում լարվածության թենզորներ կառուցելու նպատակով առանձնացված երեք տեղամասերը

Հաշվի առնելով գոտում լարվածության սեղմման առանցքների ուղղությունները՝ առանձնացվել են Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում, վերջինիս հարակից Ջավախքի ակտիվ խզվածքին հարող տարածքում և Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտին հարող տարածքում գրանցված երկրաշարժերը: Առանձնացված գոտիների համար հաշվարկվել են լարվածային ռեժիմները, և կառուցվել են լարվածության թենզորները:

Հայտնի է, որ որևէ սեյսմիկ ակտիվ գոտում երկրակեղևի լարվածությունը գնահատելու համար անհրաժեշտ է այդտեղ գրանցված երկրաշարժերի առնվազն 4 ֆոկալ մեխանիզմների լուծումներ: Այս դեպքում առանձնացված երեք գոտիներում էլ ունենք ֆոկալ մեխանիզմների շատ լուծումներ, ինչը կապահովի լուծման բարձր ճշտությունը:

Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում լարվածության թենզորը կառուցելու համար օգտագործվել են 32 երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները:

Ջավախքի խզվածքին հարող տարածքում լարվածության թենզորը կառուցվել է օգտագործելով 13, իսկ Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտին հարող տարածքում՝ 9 երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները:

Նախքան լարվածության թենզորի կառուցումը, TENSOR համակարգչային ծրագրի միջոցով իրականացվել է խզման հարթության որոշումը [80]: Ինչպես արդեն նշել ենք, ծրագիրը սահմանափակում չի դնում խզման իրական հարթության երկակիության առաջ: Երկու նոդալ հարթություններն էլ մուտք են արվում որպես առանձին անկախ խզման հարթություններ, և ծրագիրը թույլ է տալիս առանձնացնել տվյալ երկրաշարժի օջախին համապատասխանող խզման իրական հարթությունը՝ դիտված և հաշվարկված արժեքների նվազագույն անհամապատասխանության սկզբունքով [80]:

Այսպիսով, խզման իրական հարթությունների որոշումից հետո, կառուցվել են լարվածության թենզորները առանձին գոտիների համար: Վերջինիս իրականացման համար որպես մուտքային պարամետրեր TENSOR համակարգչային ծրագիր մուտքագրվել են խզման հարթությունների պարամետրերը (strike, dip, rake):

Աղյուսակ 4.1-ում ներկայացված են բոլոր այն 32 երկրաշարժերի պարամետրերը, որոնց ֆոկալ մեխանիզմների լուծումներն օգտագործվել են Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում լարվածային ռեժիմի գնահատման և թենզորի կառուցման համար:

Աղյուսակ 4.1

Year	Month	Day	Hour	Min	Sec	LAT	LONG	Depth	M	Fault Plane		
										STRIKE	DIP	RAKE
2008	6	18	11	4	31	41.33	44.16	7	3.7	355	37	-100
2010	5	5	14	58	22	41.38	43.89	11	3.5	197	60	179
2011	9	27	8	58	53	41.36	43.99	12	4.4	156	73	165
2011	9	6	0	35	44	41.37	44.04	16	3.5	256	88	033
2011	2	22	1	24	37	41.36	43.87	15	3.5	040	65	020
2013	9	6	16	35	26	41.36	43.84	10	3.8	120	34	076
2013	10	25	23	45	1	41.44	44.04	8	3.5	062	71	050
2013	8	8	6	20	27	41.28	44.04	5	3.5	137	72	164
2013	8	8	6	38	38	41.23	44.02	15	3.2	136	76	168
2013	9	7	0	34	49	41.39	43.86	15	3	358	49	093
2014	11	8	8	4	43	41.41	43.87	5	3	358	59	090
2014	4	14	0	2	53	41.43	43.93	5	3	306	43	146
2014	3	16	14	28	51	41.37	43.96	10	3	353	71	091
2015	5	25	23	49	4	41.3	43.97	5	3.6	357	71	075
2015	7	18	17	14	17	41.26	43.92	9	3.3	155	68	026
2015	10	27	16	18	26	41.41	43.95	12	3.2	196	57	036
2016	7	12	10	14	3	41.37	44.04	18	4.8	351	89	-161
2016	7	21	15	17	45	41.36	44.01	10	4.3	173	69	149
2016	10	19	3	17	56	41.36	44.04	12	3.7	172	62	018
2016	10	17	8	11	1	41.39	44.03	20	3.7	198	74	-055
2016	7	13	15	34	43	41.34	43.58	10	3.6	010	26	089
2016	7	13	3	17	16	41.38	44.04	15	3.4	161	55	170
2016	1	5	12	24	9	41.43	43.89	10	3.4	170	25	083
2016	3	2	3	43	55	41.41	43.95	8	3.2	097	72	137
2016	8	4	11	26	40	41.36	44.02	12	3.1	274	71	162
2016	8	4	21	7	3	41.4	44.03	10	3	014	71	021
2017	3	24	1	24	1	41.47	43.93	5	3.7	315	47	156
2017	3	24	1	30	35	41.48	43.94	5	3	321	39	156
2017	4	18	8	28	59	41.4	44.08	9	3	348	43	101
2017	5	9	6	32	43	41.32	43.91	8	3.1	001	58	064
2017	5	9	11	7	24	41.26	43.98	10	3.6	021	51	070
2017	1	11	19	29	1	41.37	43.95	12	3.2	012	60	096

Աղյուսակ 4.2 և 4.3-ում համապատասխանաբար ներկայացված են այն երկրաշարժերի պարամետրերը, որոնց ֆոկալ մեխանիզմների լուծումներն օգտագործվել են Ջավախքի խզվածքի և Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտի տարածքներում լարվածային ռեժիմի գնահատման և թե՛նզորի կառուցման համար:

Աղյուսակ 4.2

Year	Month	Day	Hour	Min	Sec	LAT	LONG	Depth	M	Fault Plane		
										STRIKE	DIP	RAKE
2005	12	16	4	2	28	41.16	43.85	12	4.3	271	44	048
2006	12	28	22	52	19	41.28	43.84	12	3.6	036	75	018
2007	7	24	19	31	23	41.24	43.74	5	4.1	326	54	113
2007	7	9	9	33	8	41.09	43.88	10	4	123	42	091
2011	7	23	2	49	24	41.36	43.54	8	3.6	034	24	065
2011	12	11	14	26	34	41.35	43.71	12	3.4	002	64	094
2012	3	5	11	12	50	41.11	43.88	9	3.4	124	38	082
2014	3	9	11	31	34	41.49	43.63	16	3.5	157	75	159
2014	8	25	22	11	28	41.2	43.78	18	3.2	326	53	115
2015	3	24	16	0	53	41.08	43.89	12	3.9	087	71	085
2015	1	8	21	39	42	41.18	43.76	5	3.5	325	62	113
2016	8	15	17	41	21	41.13	43.92	10	3.6	106	20	072
2016	7	13	15	34	43	41.34	43.58	10	3.6	010	26	089

Աղյուսակ 4.3

Year	Month	Day	Hour	Min	Sec	LAT	LONG	Depth	M	Fault Plane		
										STRIKE	DIP	RAKE
2012	5	20	23	7	26	41	43.93	18	3.5	198	51	104
2013	10	18	18	57	18	40.83	43.97	10	3.2	236	49	086
2013	10	17	15	4	46	40.95	43.98	8	3.3	233	44	083
2013	1	25	20	56	43	40.97	43.89	12	3.3	227	40	073
2014	5	26	10	57	44	41.08	44.13	13	4	100	80	-116
2016	3	24	3	54	9	40.93	44.38	10	3.2	252	39	009
2016	3	16	21	2	10	40.99	44.44	10	3.1	147	76	125
2017	7	4	6	21	11	40.93	43.94	5	3.7	350	18	071
2017	8	15	5	12	1	40.93	43.92	8	3.2	349	42	065

Այսպիսով, առանձնացված գոտիների համար խզման հարթության պարամետրերը (strike, dip, rake), որոնք ներկայացված են աղյուսակ 4.1-4.3-ում, մուտքագրվել են TENSOR համակարգչային ծրագիր: Կիրառելով պտտման օպտիմալացման (Rotational Optimization), իսկ այնուհետև Դիհեդրոնի մեթոդները՝ կառուցվել են լարվածության թենզորները:

Ծրագրի հիմքում մշակված ալգորիթմի շնորհիվ որպես ելքային պարամետրեր ստացվում են լարվածության երեք գլխավոր առանցքների (σ_1 , σ_2 , σ_3) անկյունների

արժեքները և առանցքների հարաբերակցության մեծության $R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ արժեքը:

Ընդ որում [80]-ի կողմից մշակված լարվածային ռեժիմի դասակարգման աղյուսակը ներկայացված է ստորև, որտեղ, կախված լարվածության գործակցի R արժեքներից, տարանջատվում են լարվածային ռեժիմները (նկ. 4.8):

Stress tensor type	EXTENSIVE				STRIKE-SLIP			COMPRESSIVE					
	Stress symbols												
Stress ratio R	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	0.75	0.5	0.25	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
Stress regime	Radial EXTENSIVE	Pure EXTENSIVE		TRANS-TENSIVE	Pure STRIKE-SLIP		TRANS-PRESSIVE	Pure COMPRESSIVE		Radial COMPRESSIVE			
Stress index R'	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00
Determination of R'	R' = R				R' = 2 - R				R' = 2 + R				

Նկար 4.8 Լարվածային ռեժիմների դասակարգումը՝ ըստ լարվածության գործակցի R արժեքների [80]

Լարվածային ռեժիմը թվային գնահատմամբ կարող է արտահայտվել նաև Դելվաուբու և ուր. կողմից սահմանված R' լարվածային ինդեքսի միջոցով [79]: Հայտնի է, որ լարվածային ռեժիմը ֆունկցիա է լարվածության գլխավոր առանցքների կողմնորոշումից և առանցքներով պարփակվող էլիպսոիդի ձևից. ընդարձակման լարվածային ռեժիմի դեպքում σ_1 -ն է ուղղահայաց, կողաշարժայինի դեպքում՝ σ_2 -ը, և սեղմման լարվածային ռեժիմի դեպքում՝ σ_3 -ը: Բոլոր նշված ռեժիմների դեպքում լարվածության R գործակցի արժեքը տատանվում է 0-ից 1 միջակայքում: Երբ գործակցի արժեքը մոտ է 0.5-ին, լարվածային ռեժիմները կոչվում են մաքուր «pure» ընդարձակման/կողաշարժային/սեղմող: Անցումը մի ռեժիմից մյուսին ներկայացվում է R -ի սահմանային արժեքներով, ընդ որում R -ի միևնույն արժեքին կարող են համապատասխանել լարվածային երկու ռեժիմներ միաժամանակ: Օրինակ, $R=1$

սահմանային արժեքը համապատասխանում է ընդարձակման և կողաշարժային ռեժիմներին, նույնը կարող ենք ասել նաև $R=0$ սահմանային արժեքի դեպքում, այն համարժեք է և՛ կողաշարժային, և՛ սեղմման լարվածային ռեժիմներին (նկ. 4.8):

Որպեսզի հստակեցվի լարվածային ռեժիմների սահմանային անցումները, Դելվաուբս և ուր. կողմից սահմանվեց R' լարվածային ինդեքսը, որը գնահատվում է հետևյալ կերպ.

- $R' = R$, երբ σ_1 ուղղահայաց է (ընդարձակման լարվածային ռեժիմ),
- $R' = 2 - R$, երբ σ_2 ուղղահայաց է (կողաշարժային լարվածային ռեժիմ),
- $R' = 2 + R$, երբ σ_3 ուղղահայաց է (սեղմման լարվածային ռեժիմ) [78]:

R' լարվածային ինդեքսն ընդունում է 0-ից (ռադիալ ընդարձակում) 3 (ռադիալ սեղմում) արժեքներ, ընդ որում $R' = 0.5$ դեպքում «մաքուր» ընդարձակում է, $R' = 1.0$ դեպքում ընդարձակում է՝ կողաշարժի զուգորդմամբ, $R' = 1.5$ արժեքի դեպքում «մաքուր» կողաշարժ, $R' = 2.0$ ՝ կողաշարժ և սեղմում, իսկ $R' = 2.5$ արժեքի դեպքում «մաքուր» սեղմում [79]:

4.3 Ստացված արդյունքները և վերլուծությունը

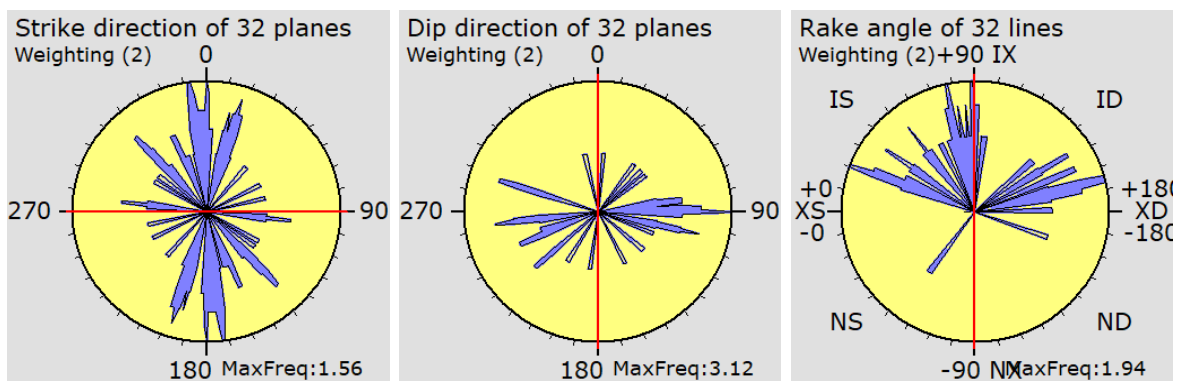
Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքներում 2005-2017թթ. ընթացքում գրանցված $M_L \geq 3.0$ մագնիտուդով 58 երկրաշարժի համար հաշվարկված ֆոկալ մեխանիզմների լուծումներով իրականացվել է երկրակեղևի լարվածային դաշտի առանձնահատկությունների վերլուծություն, կառուցվել են լարվածության թենզորները և որոշվել են լարվածային ռեժիմները:

Ինչպես արդեն նշվել է, ըստ սեղմման P կինեմատիկ առանցքների տարածման ուղղությունների բաշխման՝ ուսումնասիրվող գոտին բաժանվել է երեք շրջանների (Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի գոտի, Ջավախքի ակտիվ խզվածքի գոտի, և Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի հյուսիս-սրևմտյան սեգմենտի գոտի), որոնց համար որոշվել են լարվածային ռեժիմները և կառուցվել են լարվածության թենզորները:

Անդրադառնանք այդ գոտիներին առավել մանրամասն:

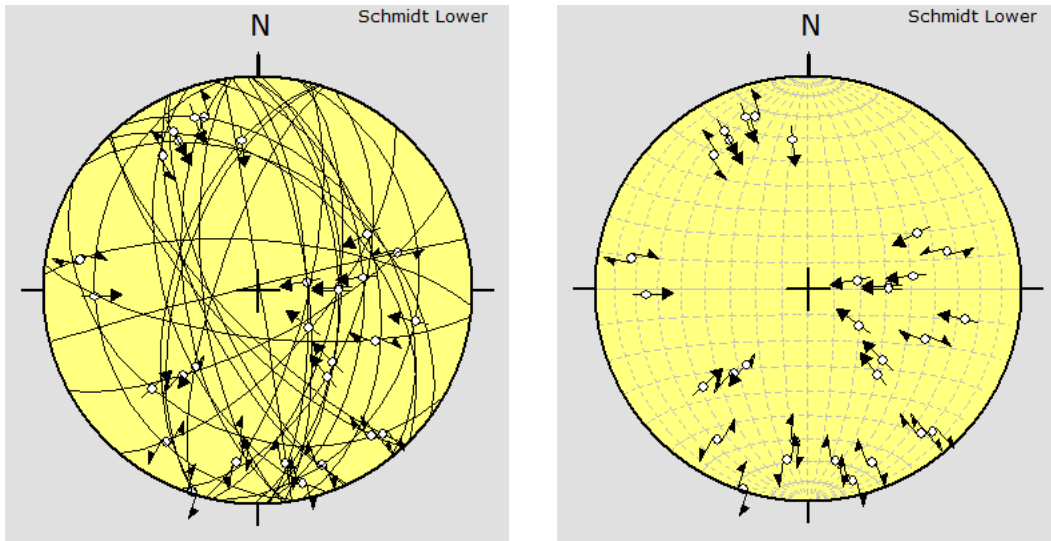
Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի գոյրի

Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում լարվածության թենզորը կառուցելու համար օգտագործվել են 32 երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները, որոնց խզման հարթությունների պարամետրերի (Strike, Dip, Rake) բաշխումը ներկայացված է վարդի դիագրամաների (Rose Diagram) տեսքով (նկ. 4.9):



Նկար 4.9 Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի գոտում լարվածության թենզորի կառուցման համար օգտագործված երկրաշարժերի խզման հարթությունների պարամետրերի (Strike, Dip, Rake) բաշխման վարդի դիագրամաները

Վերոնշյալ երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները թույլ են տալիս ներկայացնել խզման հարթությունների սահքի ուղղությունները (slip line) տարածական ցանցի միջոցով (Շմիդտի ցանց), որտեղ հստակ առանձնանում են սեղմման և ընդարձակման գոտիները (նկ. 4.10):

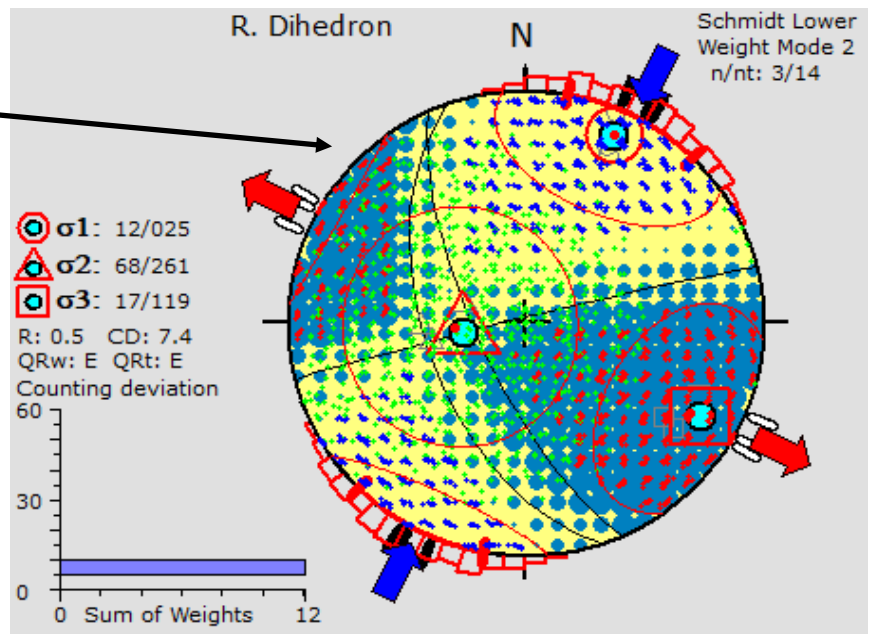
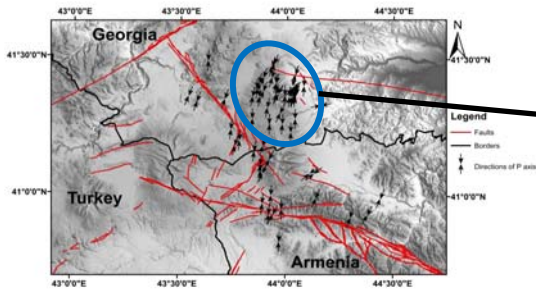


Նկար 4.10 Երկրաշարժերի խզման հարթությունների սահքի ուղղությունները (slip line) Շմիդտի ցանցի վրա

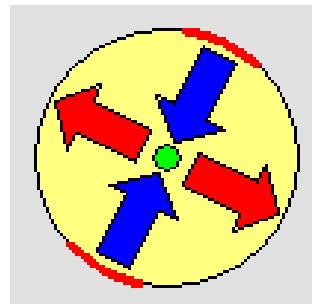
Պտտման օպտիմալացման (Rotational Optimization), իսկ այնուհետև Դիհեդրոնի մեթոդները կիրառելով՝ որոշվել են լարվածության գլխավոր սեղմման, միջանկյալ և ընդարձակման առանցքների անկման (Pl.) և ազիմուտային (Az.) անկյունների արժեքները, ինչպես նաև գնահատվել են լարվածության R գործակցի և լարվածային ինդեքսի R' արժեքները: Արդյունքում Զավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքի համար կառուցվել է լարվածության թենզորը (նկ. 4.11):

Երկրաշարժերի այս խմբի համար հաշվարկված լարվածային ռեժիմը մաքուր կողաշարժային է (SS)՝ $R = 0.5$ (նկ. 4.11):

Սեղմման լարվածության σ_1 մերձհորիզոնական ($\rho_l = 12^\circ$) առանցքն ուղղված է հյուսիս արևելքից – հարավ արևմուտք ($Az. = 25^\circ$): Ընդարձակման σ_3 մերձհորիզոնական ($\rho_l = 17^\circ$) առանցքն ունի հյուսիս արևմուտքից հարավ արևելք տարածման ուղղություն ($Az. = 119^\circ$)՝ գրեթե մերձլայնական կողմնորոշում (նկ. 4.11):



	Pl. (°)	Az. (°)
σ_1	12	25
σ_3	17	119
Stress Regime (SS)		



Results					
Axes Orient.	Nbr.	C.V.	Orthog	Av.Unc.	1 σ
σ_1	12/025	111	0	12/025	12/025 ± 32.4
σ_2	68/261	50	68/261	66/267	± 41.9
σ_3	17/119	115	100	18/118	22/119 ± 32.8
R	0.5		R'	1.6	± 0.61
		SHmax	027	27.4	± 17.2
Counting dev.	7.4	± 1.8	max.	9.8	
WSM Reg.	SS	Stress regime			

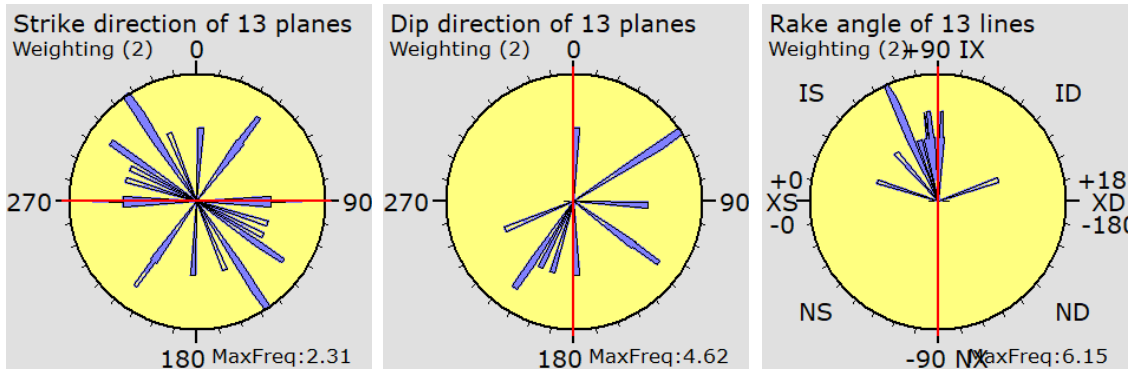
Նկար 4.11 Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքի համար կառուցված լարվածության թենզորը և լարվածային ռեժիմը

Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքի համար հաշվարկված լարվածության թենզորի համաձայն այստեղ գործում են հյուսիս արևելք - հարավ արևմուտք ուղղությամբ սեղմման և հյուսիս արևմուտք - հարավ արևելք ուղղությամբ ընդարձակման լարվածային դաշտեր (նկ. 4.11):

Ջավախքի խզվածքային գոտի

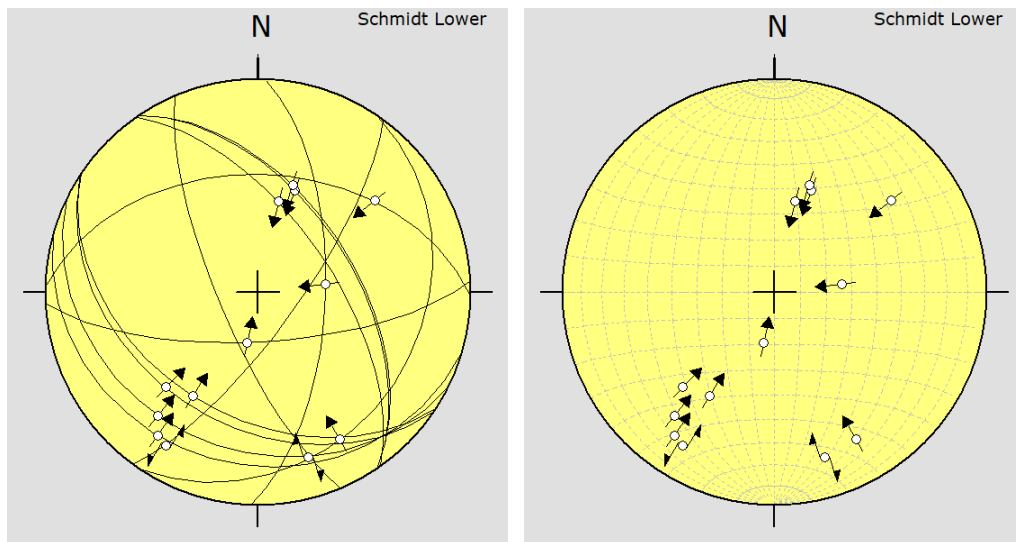
Առանձնացված մյուս գոտին, որի համար կառուցվել է լարվածության թենզորը, Ջավախքի ակտիվ խզվածքին հարող տարածքն է (նկ. 4.7):

Այստեղ լարվածության թենզորը կառուցելու և լարվածային ռեժիմը գնահատելու համար օգտագործվել են 13 երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները, որոնց պարամետրերի բաշխումը ներկայացված է վարդի դիագրամաների տեսքով (նկ. 4.12):



Նկար 4.12 Ջավախքի ակտիվ խզվածքին հարող տարածքում լարվածության թենզորի կառուցման համար օգտագործված երկրաշարժերի խզման հարթությունների պարամետրերի (Strike, Dip, Rake) բաշխման վարդի դիագրամաները

Այս գոտու համար ևս խզման հարթությունների սահքի ուղղությունները (slip line) ներկայացվել են տարածական ցանցի միջոցով (Շմիդտի ցանց), որտեղ սլաքներով նշված են յուրաքանչյուր խզման հարթության սահքի ուղղությունները (նկ. 4.13):

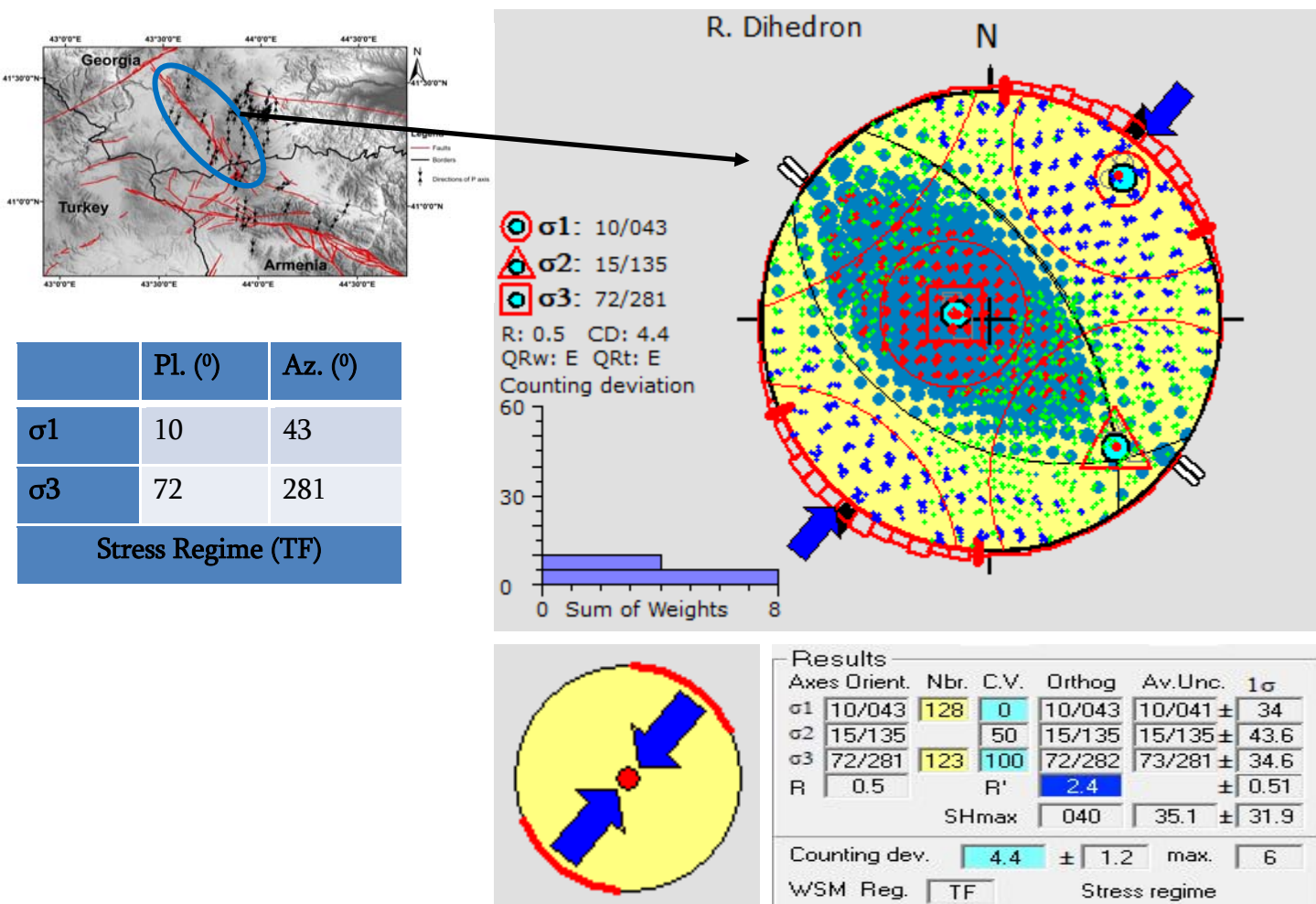


Նկար 4.13. Երկրաշարժերի խզման հարթությունների սահքի ուղղությունները (slip line) Շմիդտի ցանցի վրա

Նշված 13 երկրաշարժերի խզման հարթությունների պարամետրերի որոշման և սահքի ուղղությունների (slip line) հաշվարկի միջոցով, Ջավախքի ակտիվ խզվածքի տարածքի համար կառուցվել է լարվածության թենզորը և որոշվել է լարվածային ռեժիմը (նկ. 4.14):

Նկ. 4.14-ում տրված են լարվածության գլխավոր սեղմման, միջանկյալ և ընդարձակման առանցքների կողնորոշման պարամետրերը, համաձայն որոնց Ջավախքի խզվածքին հարող տարածքում լարվածային ռեժիմը վերնետրային է (TF)՝ կողաշարժային բաղադրիչով (SS) (նկ. 4.14):

Սեղմման լարվածության σ_1 մերձհորիզոնական ($\rho_l=10^\circ$) առանցքն ուղղված է հյուսիս արևելքից - հարավ արևմուտք ($Az.=43^\circ$): Ընդարձակման σ_3 մերձուղղաձիգ ($\rho_l=72^\circ$) առանցքն ունի հյուսիս արևմուտքից հարավ արևելք տարածման ուղղություն ($Az.=281^\circ$): Այս գոտու համար լարվածության R գործակցի արժեքը գնահատվել է 0.5, իսկ լարվածային ինդեքսի R՝ արժեքը՝ 2.4 (նկ. 4.14):

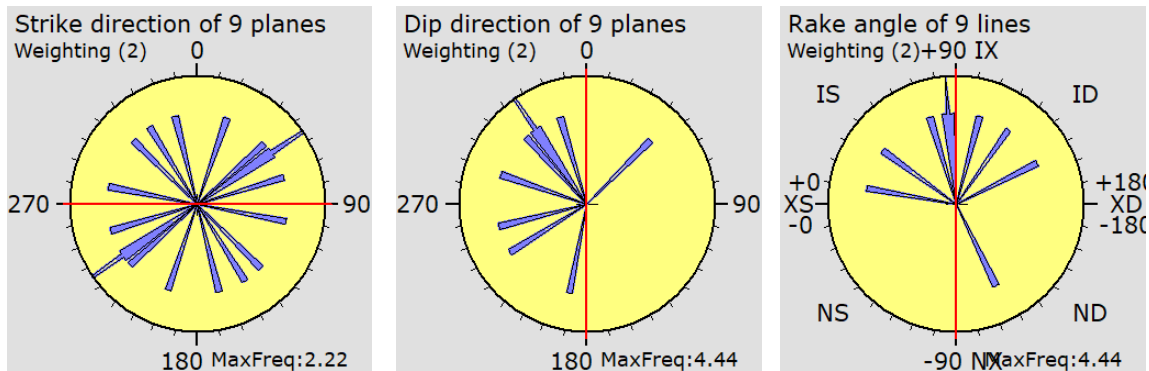


Նկար 4.14 Ջավախքի ակտիվ խզվածքի տարածքի համար կառուցված լարվածության թենզորը և լարվածային ռեժիմը

Ջավախքի ակտիվ խզվածքին հարող տարածքի համար հաշվարկված լարվածության թենզորի համաձայն այստեղ գործում են հյուսիս արևելք – հարավ արևմուտք ուղղությամբ սեղմման լարվածային դաշտեր (նկ. 4.14):

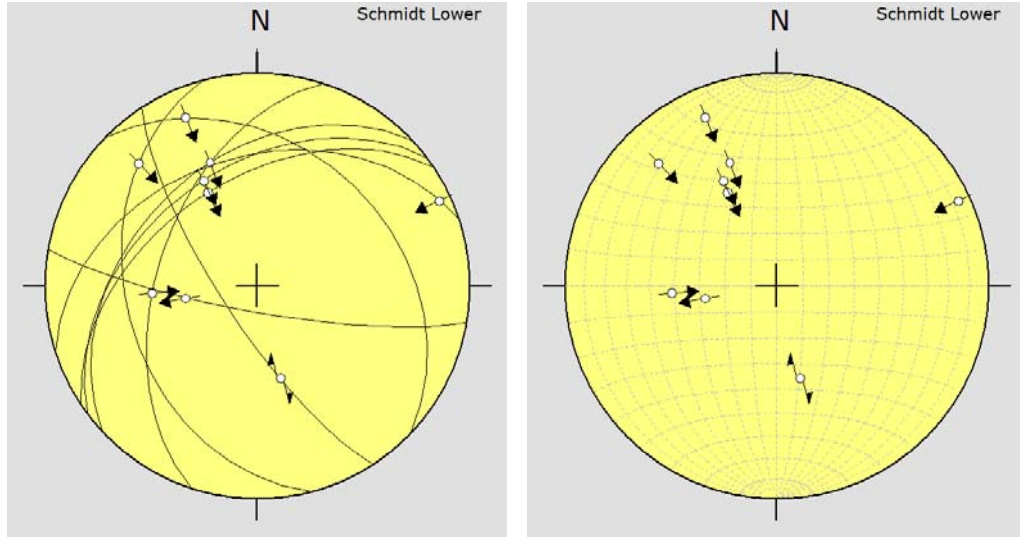
Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտի գոտի

Ուսումնասիրությունների համար առանձնացված երրորդ գոտին դա Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտին հարող տարածքն է (նկ. 4.7): Այստեղ լարվածության թենզորը կառուցելու համար օգտագործվել են 9 երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները, որոնց խզման հարթությունների պարամետրերի բաշխման վարդի դիագրամաները ներկայացված են (նկ. 4.15)-ում:



Նկար 4.15. Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտին հարող տարածքում լարվածության թենզորի կառուցման համար օգտագործված երկրաշարժերի խզման հարթությունների պարամետրերի (Strike, Dip, Rake) բաշխման վարդի դիագրամաները

Այդ 9 երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծման արդյունքներով որոշված խզման հարթությունների սահքի ուղղությունները (slip line) ներկայացված են տարածական ցանցի վրա (Շմիդտի ցանց) (նկ. 4.16):

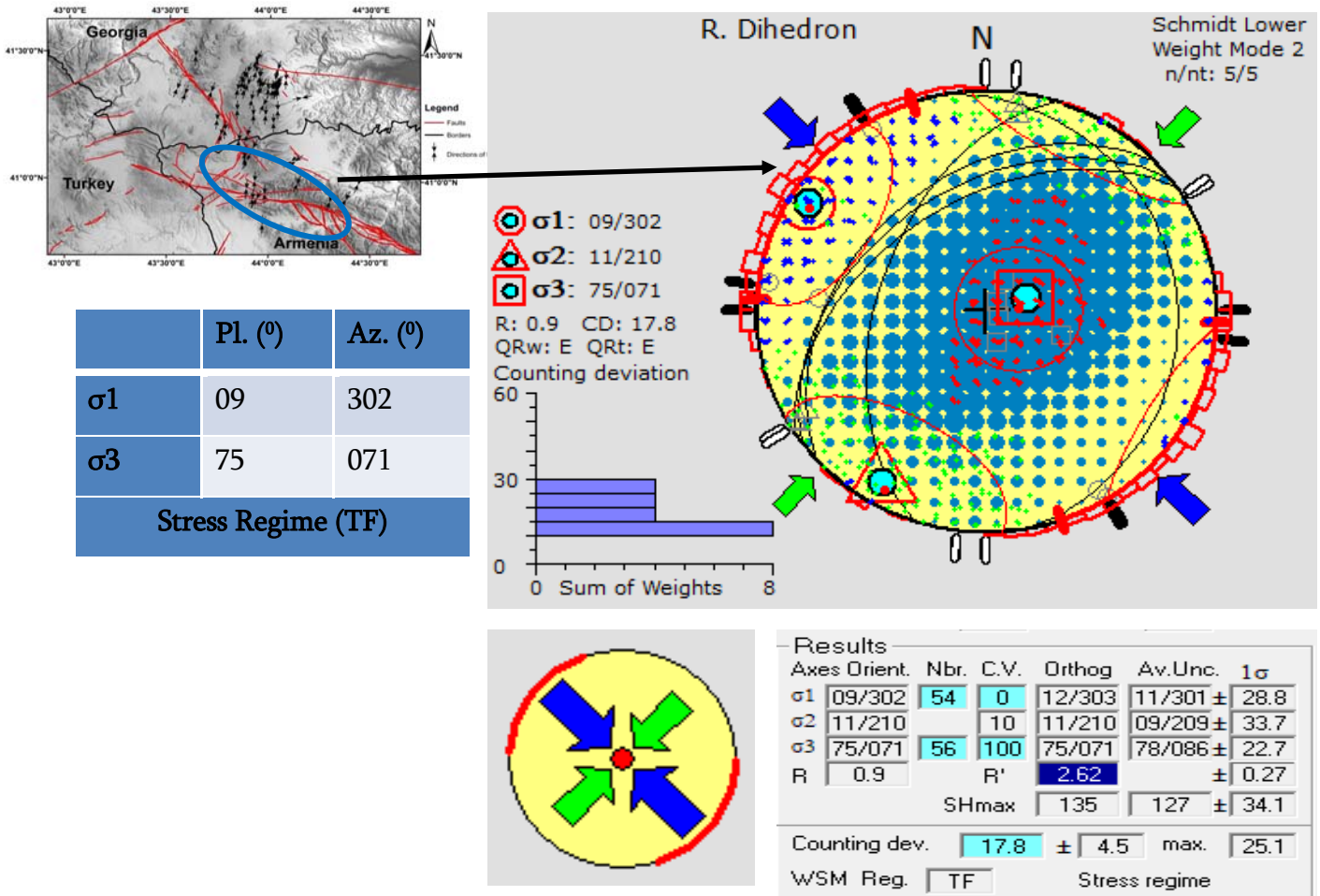


Նկար 4.16 Երկրաշարժերի խզման հարթությունների սահքի ուղղությունները (slip line) Շմիդտի ցանցի վրա

Երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումներն օգտագործելով, ինչպես նաև հաշվի առնելով խզման հարթությունների սահքի ուղղությունները, ուսումնասիրվող գոտում առանձնացված երրորդ տեղամասի համար կառուցվել է լարվածության թենզորը, և հաշվարկվել է լարվածային ռեժիմը (նկ. 4.17):

Նկ. 4.17-ում ներկայացված է նշված գոտու լարվածության թենզորը, և տրված են լարվածության գլխավոր սեղմման, միջանկյալ և ընդարձակման առանցքերի կողնորոշման պարամետրերը, ինչպես նաև լարվածության R գործակցի և լարվածային R' ինդեքսի արժեքները:

Սեղմման լարվածության σ_1 մերձհորիզոնական ($\rho_l.=09^\circ$) առանցքն ուղղված է հյուսիս արևմուտքից - հարավ արևելք ($Az.=302^\circ$): Ընդարձակման σ_3 մերձուղիաձիգ ($\rho_l.=75^\circ$) առանցքն ունի հյուսիս արևելքից հարավ արևմուտք տարածման ուղղություն ($Az.=71^\circ$) (նկ. 4.17):



Նկար 4.17 Փամբակ-Սևան-Սյունիք ակտիվ խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտի տարածքում լարվածության թենզորը և լարվածային ռեժիմը

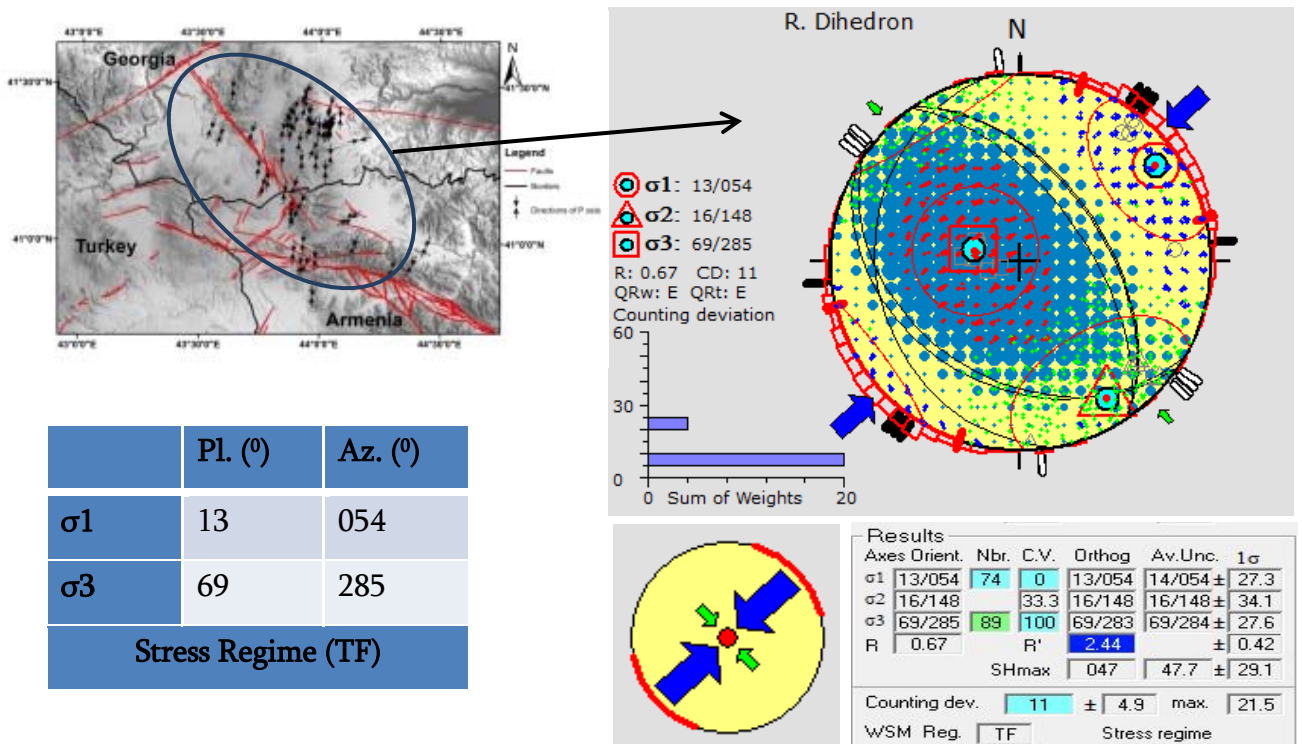
Ինչպես Ջավախքի խզվածքին հարող տարածքը, այստեղ ևս գոտին բնութագրվում է ռադիալ սեղմման լարվածային դաշտով: Բայց, ի տարբերություն նախորդ գոտու, այստեղ լարվածության դաշտի սեղմման գերակշռող ուղղություն է համարվում հյուսիս արևմուտք – հարավ արևելք ուղղությունը:

Հաշվարկված լարվածության թենզորի համաձայն այս գոտու լարվածային ռեժիմը վերնետքային է (TF) (նկ. 4.17):

Ջավախքի բարձրավանդակի ամբողջ տարածքի համար ևս կառուցվել է լարվածության թենզորը: 58 երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումներն

օգտագործելով, ինչպես նաև հաշվի առնելով խզման հարթությունների սահքի ուղղությունները, ուսումնասիրվող ամբողջ գոտու համար կառուցվել է լարվածության թենզորը, և հաշվարկվել է լարվածային ռեժիմը (նկ. 4.18):

Նկ. 4.18-ում ներկայացված է նշված գոտու լարվածության թենզորը, և տրված են լարվածության գլխավոր սեղման, միջանկյալ և ընդարձակման առանցքերի կողնորոշման պարամետրերը, ինչպես նաև լարվածության R գործակցի և լարվածային R' ինդեքսի արժեքները:

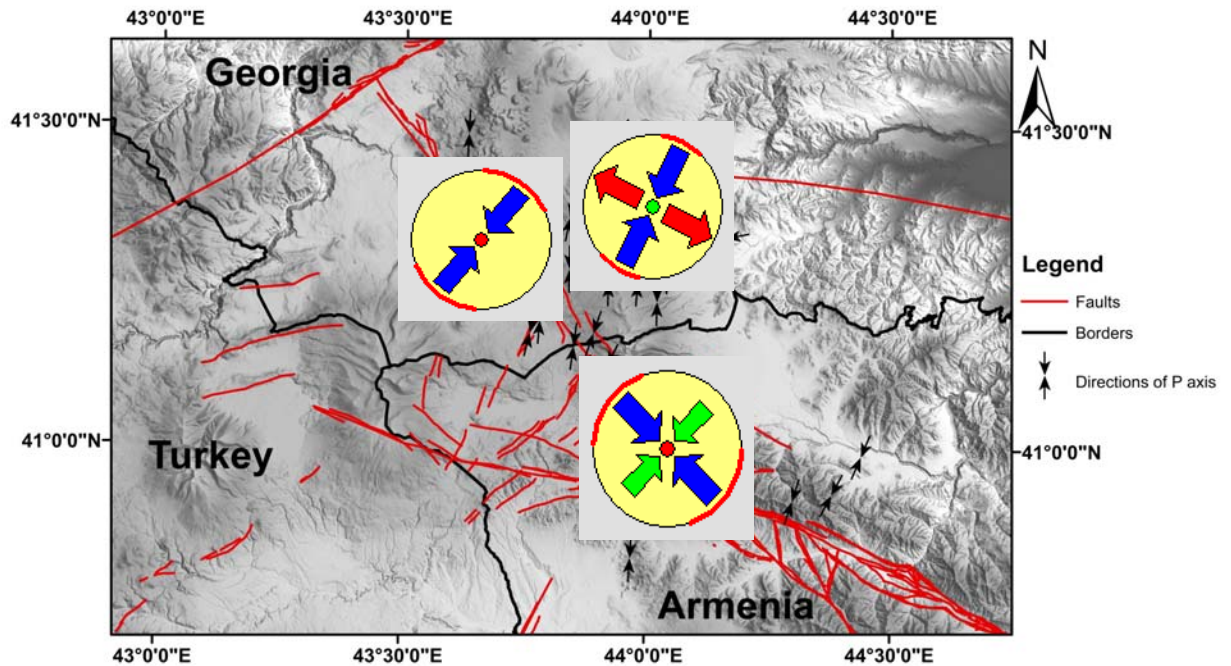


Նկար 4.18 Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի տարածքում լարվածության թենզորը և լարվածային ռեժիմը

Այս գոտու համար լարվածային ռեժիմը վերնետքային է (TF)՝ կողաշարժային (SS) բաղադրիչով (նկ. 4.18): Սեղման լարվածության σ_1 մերձհորիզոնական ($\rho_l=13^\circ$) առանցքն ուղղված է հյուսիս-արևելքից – հարավ-արևմուտք ($Az.=54^\circ$): Ընդարձակման σ_3 մերձուղղաձիգ ($\rho_l=69^\circ$) առանցքն ունի հյուսիս-արևմուտքից հարավ-արևելք տարածման ուղղություն ($Az.=285^\circ$) (նկ. 4.18):

Այսպիսով, Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների համար լարվածային դաշտի առանձնահատկությունները վերլուծելու նպատակով կառուցվել են լարվածության թենզորները և որոշվել են լարվածային ռեժիմները՝ հիմքում օգտագործելով երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները:

Նկ. 4.19-ում բերված են ուսումնասիրվող գոտում առանձնացված երեք շրջանների համար որոշված լարվածային ռեժիմների լուծումները:



Նկար 4.19 Ուսումնասիրվող գոտում առանձնացված լարվածային ռեժիմները

Ինչպես երևում է քարտեզից, Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթան բնութագրվում է կողաշարժային լարվածային ռեժիմով (SS): Այն ենթարկվում է հյուսիս-արևելք հարավ-արևմուտք ուղղությամբ սեղմմանը և հյուսիս-արևմուտք հարավ-արևելք ուղղությամբ ընդարձակմանը (նկ. 4.19): Գոտու լարվածային դաշտի սեղմման և ընդարձակման ուղղությունները համընկնում են Կովկասյան ռեգիոնալ լարվածային դաշտի սեղմման և ընդարձակման ուղղությունների հետ [103]:

Ջավախքի խզվածքին հարող գոտին բնութագրվում է վերնետքային լարվածային ռեժիմով՝ կողաշարժային բաղադրիչով, և ենթարկվում է ռադիալ սեղմմանը, որտեղ սեղմման ուժերի գերակշռող ուղղությունը հյուսիս արևելք – հարավ արևմուտքն է (նկ. 4.19): Ստացված արդյունքը, համադրելով տեղանքի տեկտոնական ակտիվության հետ, կարող ենք ասել, որ լարվածային ռեժիմի վերնետքային բնույթը՝ կողաշարժային բաղադրիչով, համընկնում է Ջավախքի խզվածքի կինեմատիկային [101]:

Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգնետին հարող գոտու լարվածային ռեժիմը գնահատվել է վերնետքային (TF): Այս գոտին ևս ենթարկվում է ռադիալ սեղմմանը, բայց ի տարբերություն Ջավախքի խզվածքի տարածքի, այստեղ լարվածային դաշտի սեղմման առավելագույն ուղղությունը հյուսիս արևմուտք – հարավ արևելքն է (նկ. 4.19): Լարվածային ռեժիմի վերնետքային բնույթը համապատասխանում է Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի այդ սեգմենտի կինեմատիկային [101]:

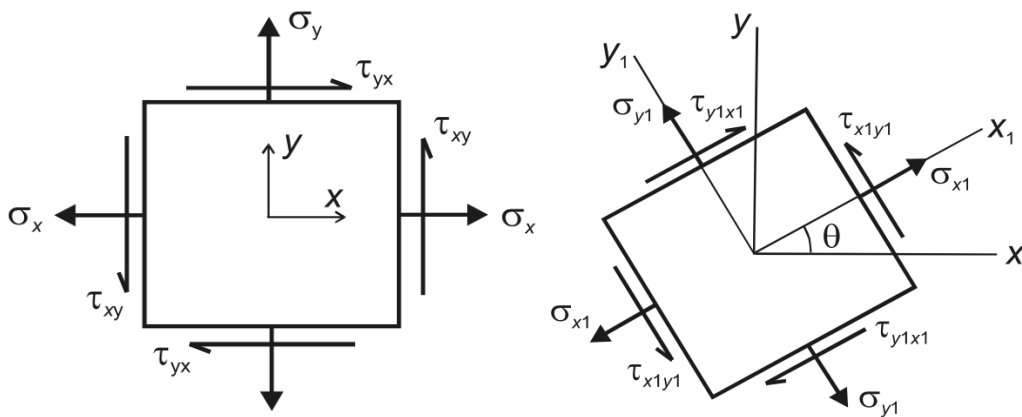
Այսպիսով, Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և դրան հարակից տարածքների համար կառուցված լարվածության թենզորները և հաշվարկված լարվածային ռեժիմները ցույց են տալիս, որ ընդհամենը (40.30 – 41.30)N և (43.30 – 44.30)E կոորդինատներով սահմանափակված տարածքի համար առանձնանում են լարվածության տարբեր ռեժիմներ, իսկ լարվածային դաշտի սեղմման և ընդարձակման առանցքներն ունեն տարբեր կողմնորոշումներ: Սա թերևս ուսումնասիրվող գոտու առանձնահատուկ դրսևորումներից մեկն է:

4.4 Մոհրի դիագրամ կամ լարվածային դաշտի երկչափ բաշխում

Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների համար լարվածային դաշտի առանձնահատկությունների վերլուծության արդյունքում ստացված տվյալները թույլ են տալիս երկրաշարժերի տեկտոնական ռեժիմները ներկայացնել

լարվածային դաշտի նորմալ և սահքի կոմպոնենտների հարաբերակցությամբ՝ Մոհրի դիագրամի (Mohr's diagram) միջոցով:

Մոհրի դիագրամը (Mohr's diagram) հնարավորություն է տալիս երկչափ գրաֆիկական պատկերով ներկայացնել երկրաչափերի օջախներում կուտակված լարվածությունը՝ ըստ նորմալ և սահքի կոմպոնենտների [66] (նկ. 4.19):



Նկար 4.19 Լարվածության նորմալ և սահքի կոմպոնենտների սխեման

Լարվածության նորմալ և սահքի կոմպոնենտների արժեքները համապատասխանաբար որոշվում են հետևյալ բանաձևերով՝

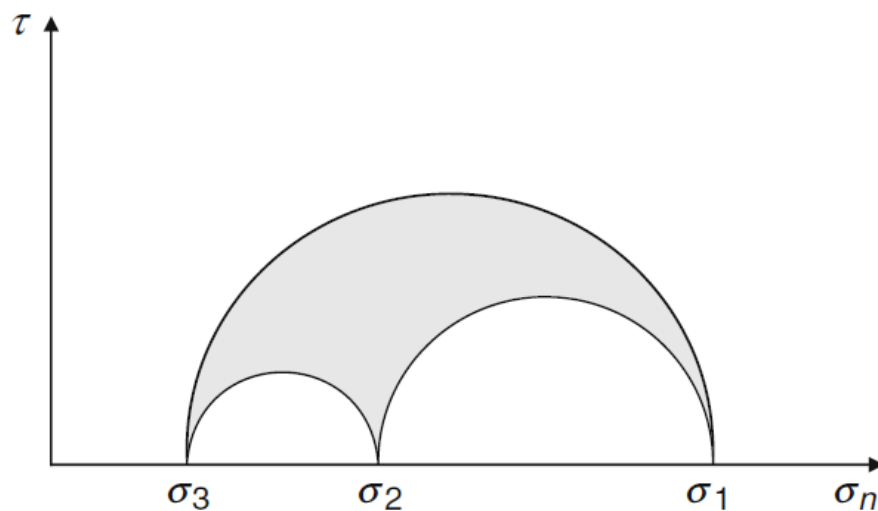
$$\sigma_n = \frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2} + \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2} \cos 2\theta$$

$$\tau = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2} \sin 2\theta$$

Որտեղ θ -ն խզման հարթության նորմալի և առավելագույն լարվածության առանցքի կազմած անկյունն է:

Հաշվարկելով յուրաքանչյուր երկրաշարժի օջախում խզման հարթությամբ լարվածության նորմալ և սահքի կոմպոնենտները՝ կարելի է դրանք ներկայացնել լարվածության սեղմման, միջանկյալ և ընդարձակման առանցքների արժեքներով սահմանափակված կիսասֆերաների տիրույթում: Ընդ որում բոլոր այն երկրաշարժերը, որոնց ֆոկալ մեխանիզմների լուծումները ներառվել են տվյալ գոտու լարվածային դաշտի σ_1 , σ_2 և σ_3 արժեքների հաշվարկման համար, իրենց օջախներում կուտակված լարվածության արժեքներով (համապատասխանաբար սահքի և նորմալ բաղարիչներով) պետք է գտնվեն σ_1 - σ_3 տիրույթում ընկած ստվարաշերտում [66] (նկ. 4.20):

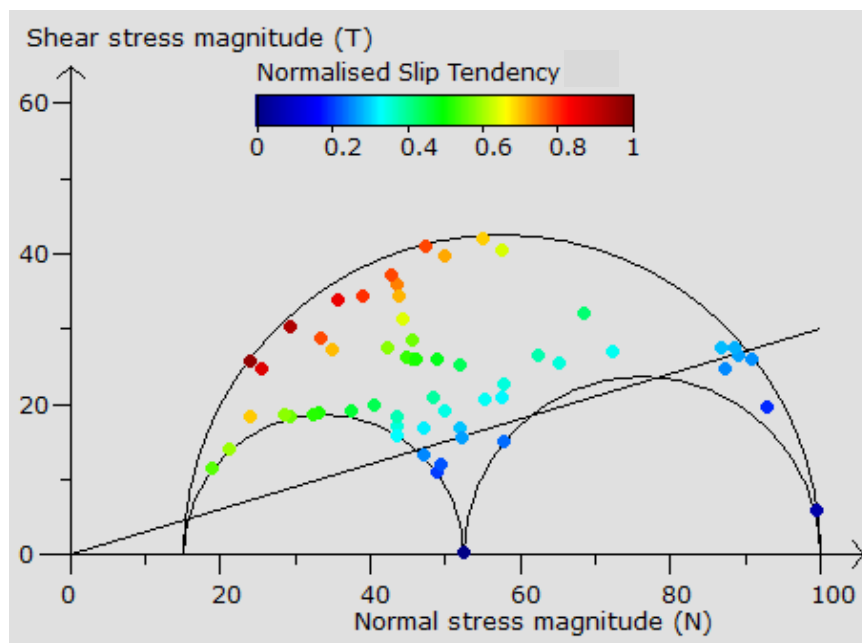
Ինչպես հայտնի է, երկրաշարժի օջախում խզման հարթությամբ շարժը տեղի է ունենում լարվածային դաշտի սահքի կոմպոնենտի առավելագույնն և նորմալ կոմպոնենտի նվազագույն արժեքների դեպքում [66]: Այսինքն, երկրաշարժերի օջախում շարժման կինեմատիկայի բնույթից ելնելով, կարելի է գնահատել լարվածության սահքի և նորմալ կոմպոնենտների հարաբերակցությունը, ինչ էլ ավելի պատկերավոր դարձնելու համար այն ներկայացվում է գրաֆիկի տեսքով:



Նկար 4.20 Լարվածային դաշտի նորմալ և սահքի կոմպոնենտների հարաբերակցության դասական սխեման (σ_1 , σ_2 , σ_3 համապատասխանաբար լարվածության սեղմման, միջանկյալ և ընդարձակման առանցքներն են)

Օրինակ, վարնետքային շարժմամբ (NF) կինեմատիկա ունեցող երկրաշարժերը բնութագրվում են լարվածային դաշտի սահքի կոմպոնենտի առավելագույն և նորմալի նվազագույն արժեքներով: Վերնետքային շարժմամբ (TF) կինեմատիկա ունեցող երկրաշարժերի դեպքում կոիտվի հակառակ պատկերը [66]:

Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների համար երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների լուծումներով հաշվարկվել են լարվածային դաշտի σ_1 , σ_2 , σ_3 արժեքները, և կազմվել է Մոհրի դիագրամը բոլոր այն երկրաշարժերի համար, որոնց լուծումները ներառվել են լարվածային դաշտի հաշվարկման մեջ (նկ. 4.21): Երկրաշարժերը, ըստ օջախներում շարժման կինեմատիկաների բնույթի, ներկայացվել են գունային բաժանմամբ: Կարմիր և նարնջագույն գույներով նշված են այն երկրաշարժերը, որոնք բնութագրվում են վարնետքային (NF) շարժման կինեմատիկայով, կանաչով և բաց կապույտով՝ կողաշարժային (SS) կինեմատիկայով բնութագրվող երկրաշարժերը, իսկ մուգ կապույտով՝ վերնետքային (TF) կինեմատիկա ունեցող երկրաշարժերը (նկ. 4.21):



Նկար 4.21 Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների համար կառուցված Մոհրի դիագրամը

Ուղիղ գծով ներկայացված է շփման կորը, որը նվազագույն սահքի լարվածության և նորմալ լարվածության միջև գծային է: Շփման կորից վերև, որտեղ լարվածության սահքի կոմպոնենտն ընդունում է ավելի մեծ արժեքներ (MPa), քան նորմալ կոմպոնենտը (MPa), ընկած են վարնետքային (NF) և կողաշարժային (SS) կինեմատիկայով երկրաշարժերը, իսկ կորից ներքև, որտեղ լարվածության սահքի կոմպոնենտը հասնում է նվազագույնի (MPa), իսկ նորմալ կոմպոնենտի արժեքները կտրուկ աճում են (MPa), ընկած են վերնետքային (TF) շարժմամբ երկրաշարժերը (նկ.4.21):

Ամփոփում

Այսպիսով, ամփոփելով Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների համար երկրակեղևի լարվածային դաշտի առանձնահատկությունների վերլուծության արդյունքները, հանգում ենք հետևյալ եզրակացություններին.

- Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթան բնութագրվում է կողաշարժային լարվածային ռեժիմով (SS): Այն ենթարկվում է հյուսիս-արևելք հարավ-արևմուտք ուղղությամբ սեղմմանը և հյուսիս-արևմուտք հարավ-արևելք ուղղությամբ ընդարձակմանը: Գոտու լարվածային դաշտի սեղմման և ընդարձակման ուղղությունները համընկնում են Կովկասյան ռեգիոնալ լարվածային դաշտի սեղմման և ընդարձակման ուղղությունների հետ:
- Ջավախքի խզվածքային գոտին բնութագրվում է վերնետքային լարվածային ռեժիմով՝ կողաշարժային բաղադրիչով, և ենթարկվում է ռադիալ սեղմմանը, որտեղ սեղմման ուժերի գերակշռող ուղղությունը հյուսիս արևելք – հարավ արևմուտքն է: Ստացված արդյունքը, համադրելով տեղանքի տեկտոնական ակտիվության հետ, կարող ենք ասել, որ լարվածային ռեժիմի վերնետքային բնույթը՝ կողաշարժային բաղադրիչով, համընկնում է Ջավախքի խզվածքի կինեմատիկային:

- Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտին հարող գոտու լարվածային ռեժիմը գնահատվել է վերնետքային (TF): Այս գոտին ևս ենթարկվում է ռադիալ սեղմմանը, բայց ի տարբերություն Ջավախքի խզվածքի տարածքի, այստեղ լարվածային դաշտի սեղմման առավելագույն ուղղությունը հյուսիս արևմուտք – հարավ արևելքն է: Լարվածային ռեժիմի վերնետքային բնույթը համապատասխանում է Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի այդ սեգմենտի կինեմատիկային:
- Ջավախքի բարձրավանդակը և հարակից տարածքները բնութագրվում են վերնետքային լարվածային ռեժիմով՝ կողաշարժային բաղադրիչով, որտեղ սեղմման ուժերի գերակշռող ուղղությունը հյուսիս-արևելք – հարավ–արևմուտքն է:
- Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և դրան հարակից տարածքների համար կառուցված լարվածության թենզորները և հաշվարկված լարվածային ռեժիմները ցույց են տալիս, որ ուսումնասիրվող գոտում առանձնանում են լարվածության տարբեր ռեժիմներ, իսկ գոտու տարբեր տեղամասերում լարվածային դաշտի սեղմման և ընդարձակման առանցքներն ունեն տարբեր կողմնորոշումներ: Սա ուսումնասիրվող գոտու երկրակեղևի լարվածային դաշտի առանձնահատուկ դրսևորումներից է:

Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակում և հարակից փարածքներում երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների կադալոգ (2005-2017թթ)

No	Date	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	P Az. (°)	P Pl. (°)	T Az. (°)	T Pl (°)	SH Max Azim	SH Min Azim	Regime Code	Regime Index
1	16.12.2005	04:02:28	41.16	43.85	4.3	12	270.8	43.6	47.99	209	08	104	61	26	116	2.5	TF
2	24.05.2006	03:17:19	41.08	44.11	3.7	08	107	77	-116	347	51	201	27	140	50	0.5	NF
3	28.12.2006	22:52:19	41.28	43.84	3.6	12	36	75	18	168	01	259	23	168	78	1.5	SS
4	24.07.2007	19:31:23	41.24	43.74	4.1	05	326	54	113	040	06	292	70	38	128	2.5	TF
5	09.07.2007	09:33:08	41.09	43.88	4.0	10	123	42	91	032	03	203	87	32	122	2.5	TF
6	18.06.2008	11:04:31	41.33	44.16	3.7	07	355	37	-100	127	79	272	09	1	91	0.5	NF
7	05.05.2010	14:58:22	41.38	43.89	3.5	11	197	60	179	058	20	157	22	62	152	1.5	SS
8	27.09.2011	08:58:53	41.36	43.99	4.4	12	156	73	164.6	023	02	113	22	23	113	1.5	SS
9	23.07.2011	02:49:24	41.36	43.54	3.6	08	34	24	65	323	22	169	65	138	48	2.5	TF
10	06.09.2011	00:35:44	41.37	44.04	3.5	16	256	88	33	026	21	126	24	21	121	1.5	SS
11	22.02.2011	01:24:37	41.36	43.87	3.5	15	40	65	20	352	05	259	31	171	81	1.5	SS
12	11.12.2011	14:26:34	41.35	43.71	3.4	12	2	64	93.9	089	19	280	71	88	178	2.5	TF
13	20.05.2012	23:07:26	41.00	43.93	3.5	18	198	51	104	278	05	164	78	97	7	2.5	NF
14	05.03.2012	11:12:50	41.11	43.88	3.4	09	124	38	82	040	07	255	81	39	129	2.5	TF
15	06.09.2013	16:35:26	41.36	43.84	3.8	10	120	34	76	040	12	255	76	38	128	2.5	TF
16	25.10.2013	23:45:01	41.44	44.04	3.5	08	62	70.7	50	180	17	289	48	6	96	2.5	NS
17	08.08.2013	06:20:27	41.28	44.04	3.5	05	137	72	164	004	01	095	23	4	94	1.5	SS
18	18.10.2013	18:57:18	40.83	43.97	3.2	10	236	49	86	329	04	112	85	149	59	2.5	TF
19	08.08.2013	06:38:38	41.23	44.02	3.2	15	136	76	167.6	002	01	093	19	2	92	1.5	SS
20	17.10.2013	15:04:46	40.95	43.98	3.3	08	233	44	83	148	01	047	85	148	58	2.5	TF
21	25.01.2013	20:56:43	40.97	43.89	3.3	12	227	40	73	149	06	030	77	148	58	2.5	TF
22	07.09.2013	00:34:49	41.39	43.86	3.0	15	358	49	93	086	04	298	85	86	176	2.5	NF
23	05.06.2013	16:12:52	41.18	43.89	3.1	15	116	27	78	035	19	232	71	33	123	2.5	TF
24	26.05.2014	10:57:44	41.08	44.13	4.0	13	100	80	-116	347	51	218	27	140	50	0.5	TF
25	09.03.2014	11:31:34	41.49	43.63	3.5	16	157	75	159	206	03	114	25	25	115	1.5	SS
26	25.08.2014	22:11:28	41.20	43.78	3.2	18	325.5	52.5	115	038	05	296	69	36	126	2.5	TF
27	08.11.2014	08:04:43	41.41	43.87	3.0	05	358	59	90	088	14	268	76	88	178	2.5	NF
28	14.04.2014	00:02:53	41.43	43.93	3.0	05	306	43	146.4	179	15	288	52	5	95	2.5	NS
29	16.03.2014	14:28:51	41.37	43.96	3.0	10	353	71	90.6	082	26	264	64	81	171	2.5	NF

30	24.03.2015	16:00:53	41.08	43.89	3.9	12	87	71	85	180	26	350	64	3	93	2.5	TF
31	25.05.2015	23:49:04	41.30	43.97	3.6	05	357	71	75	099	25	245	61	107	17	2.5	TF
32	08.01.2015	21:39:42	41.18	43.76	3.5	05	325	61.8	113.4	039	14	278	65	34	124	2.5	TF
33	18.07.2015	17:14:17	41.26	43.92	3.3	09	155	68	26	285	01	015	33	105	15	1.5	SS
34	27.10.2015	16:18:26	41.41	43.95	3.2	12	196	57	36	141	02	049	48	140	50	2.5	NS
35	19.04.2015	03:41:47	40.92	44.30	3.0	12	165	38	35	112	18	356	54	105	15	2.5	NF
36	12.07.2016	10:14:03	41.37	44.04	4.8	18	350.9	89.2	-161	217	13	125	12	36	126	1.5	SS
37	21.07.2016	15:17:45	41.36	44.01	4.3	10	173	69	149	226	05	132	37	44	134	1.5	SS
38	19.10.2016	03:17:56	41.36	44.04	3.7	12	172	62	18	125	08	030	32	123	33	1.5	SS
39	17.10.2016	08:11:01	41.39	44.03	3.7	20	198	74	-55	146	49	262	21	164	74	0.5	TF
40	15.08.2016	17:41:21	41.13	43.92	3.6	10	106	20	72	030	26	225	63	25	115	2.5	TF
41	13.07.2016	15:34:43	41.34	43.58	3.6	10	10	26	89	281	19	102	71	101	11	2.5	TF
42	12.07.2016	10:16:01	41.36	44.03	3.5	14	11	89	-164	236	12	144	11	55	145	1.5	SS
43	13.07.2016	03:17:16	41.38	44.04	3.4	15	161	55	170	024	18	125	30	29	119	1.5	SS
44	05.01.2016	12:24:09	41.43	43.89	3.4	10	170	25	83	085	20	275	70	84	174	2.5	NF
45	24.03.2016	03:54:09	40.93	44.38	3.2	10	252	39	9	215	28	099	38	24	114	2.5	TF
46	02.03.2016	03:43:55	41.41	43.95	3.2	08	97	71.7	137.4	155	14	052	42	150	60	1.5	NS
47	16.03.2106	21:02:10	40.99	44.44	3.1	10	147	76.4	124.7	211	23	093	47	22	112	2.5	TF
48	04.08.2016	11:26:40	41.36	44.02	3.1	12	274	71	162	142	01	232	26	142	52	1.5	SS
49	04.08.2016	21:07:03	41.40	44.03	3.0	10	14	71	21	145	03	236	24	146	56	1.5	SS
50	24.03.2017	01:24:01	41.47	43.93	3.7	05	315	47	156	183	16	289	44	9	99	2.5	TF
51	24.03.2017	01:30:35	41.48	43.94	3.0	05	321	39	156	187	21	302	47	15	105	2.5	TF
52	18.04.2017	06:49:34	40.99	44.14	3.1	19	314	35	153	181	23	302	50	10	100	2.5	TF
53	18.04.2017	08:28:59	41.40	44.08	3.0	09	348	43	101	250	03	358	82	70	160	2.5	NF
54	09.05.2017	06:32:43	41.32	43.91	3.1	08	1	58	64	110	10	223	66	113	23	2.5	NF
55	09.05.2017	11:07:24	41.26	43.98	3.6	10	20.8	51	69.9	125	04	230	74	126	36	2.5	NF
56	04.07.2017	06:21:11	40.93	43.94	3.7	05	350	18	71	275	28	109	62	90	0	2.5	TF
57	15.08.2017	05:12:01	40.93	43.92	3.2	08	349	42	65	276	06	168	73	94	4	2.5	TF
58	11.01.2017	19:29:01	41.37	43.95	3.2	12	11.6	59.5	95.9	098	15	298	74	96	006	2.5	NF

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Աշխատանքի ուսումնասիրությունների և գիտական արդյունքների ընդհանրացման հիման վրա արվում են հետևյալ եզրակացություններն ու առաջարկությունները.

Եզրակացություններ.

1. Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և հարակից տարածքների սեյսմիկ ռեժիմի վերլուծությունները ցույց են տալիս, որ ուսումնասիրվող գոտու բարձր սեյսմիկ ակտիվությունն արտահայտվում է հատկապես թույլ երկրաշարժերի գրանցմամբ ($M_L \leq 2.0$):
2. Ուսումնասիրվող գոտում երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկներն ու վերլուծությունը վկայում են այդ գոտում ներկայիս տեկտոնական ակտիվության մասին: Ջավախքի խզվածքին և Փամբակ-Սևան-Սյունիք խզվածքի հյուսիս-արևմտյան սեգմենտին հարող տարածքներում երկրաշարժերը հիմնականում բնութագրվում են շարժման վերնետքային տիպով (TF), ինչը համապատասխանում է խզվածքների կինեմատիկային, իսկ Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի տարածքում՝ կողաշարժային (SS) և վարնետքային (NF) տիպերով:
3. Ջավախքի հրաբխային լեռնաշղթայի հարակից տարածքում գրանցված երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկները ցույց են տալիս գոտու խզվածքավորման գերակշիռ կողաշարժային և վարնետքային բնույթը:
4. Ուսումնասիրվող գոտում խզման հարթությունների սեղմման (P) կինեմատիկ առանցքներն ունեն մերձ-միջօրեական գերակշռող ուղղություն, իսկ ընդարձակման (T) կինեմատիկ առանցքները՝ մերձ-հորիզոնական: Համաձայն սեղմման և ընդարձակման կինեմատիկ առանցքների տարածման ուղղությունների՝ ուսումնասիրվող գոտին ենթարկվում է հյուսիս-արևելք հարավ-

արևմուտք (NE-SW) սեղմման և հյուսիս-արևմուտք հարավ-արևելք (NW-SE) ընդարձակման ազդեցությունների:

5. Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի և դրան հարակից տարածքների համար կառուցված լարվածության թենզորները և հաշվարկված լարվածային ռեժիմները ցույց են տալիս, որ ուսումնասիրվող գոտում առանձնանում են լարվածության տարբեր ռեժիմներ, իսկ գոտու տարբեր տեղամասերում լարվածային դաշտի սեղմման և ընդարձակման առանցքներն ունեն տարբեր կողմնորոշումներ: Սա ուսումնասիրվող գոտու երկրակեղևի լարվածային դաշտի առանձնահատուկ դրսևորումներից է:

Առաջարկություններ.

- Ատենախոսությունում ներկայացված աշխատանքի արդյունքներն առաջարկվում է կիրառել ինստիտուտների և գիտահետազոտական կազմակերպությունների կողմից իրականացվող մի շարք գիտակիրառական աշխատանքներում, ինչպիսիք են սեյսմատեկտոնական մոդելի կառուցումը, սեյսմիկ վտանգի գնահատումը, ակտիվ տեկտոնիկայի ուսումնասիրման աշխատանքները, սեյսմոլոգիական և տեկտոնական վերլուծությունները:
- Երկրաշարժերի օջախներում տեկտոնական ռեժիմների արդյունքներն օգտագործել ուսումնասիրվող տարածքում խզվածքային տեկտոնիկայի վարքագծի վերլուծական հետազոտություններում, ինչը շատ կարևոր է հատկապես երկրաշարժերի հնարավոր սցենարների մշակման համար:
- Երկրակեղևի լարվածային դաշտի սեղմման և ընդարձակման առանցքների կողմնորոշման ուղղությունները ներառել երկրակեղևի գեոդինամիկ վերլուծությունների, նաև բլոկների դեֆորմացիոն փոփոխությունների ուսումնասիրությունների մեջ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Ավագյան Ա., «Ակտիվ խզվածքների մերձմակերեսային դրսևորումները շրջակա միջավայրում» Ատենախոսություն, Երևան, 2013; 292 էջ:
2. Դուրգարյան Ր., «Ուժեղ երկրաշարժերի «Սեյսմիկ անդորր» նախանշանի առանձնահատկությունները Կովկասում», Ատենախոսություն, Երևան, 2006, 148 էջ:
3. Թովմասյան Ա. «ՀՀ և հարակից տարածքների ֆոկալ մեխանիզմների կատալոգի մասին», Երկրաբանության, աշխարհագրության և էկոլոգիայի արդի հիմնախնդիրները, ԵՊՀ, Երևան, 2014, էջ 220-226:
4. Թովմասյան Ա., «Լարվածային դաշտի առանձնահատկությունները ՀՀ և հարակից տարածքներում սեյսմոլոգիական տվյալների հիման վրա», Ատենախոսություն, Երևան, 2016; 140 էջ:
5. Խաչիյան Է. «Կիրառական երկրաշարժագիտություն», ՀՀ ԳԱԱ «Գիտություն» հրատարակչություն, Երևան, 2001; 320 էջ:
6. Հայկական ՍՍՀ Գեոմորֆոլոգիան, ԳԱԱ հրատարակչություն, Երևան, 1986 թ.
7. Ղազարյան Կ. «Սեյսմաբանական տեղեկատվության մշակման առանձնահատկությունները և դիտարկումների համակարգի արդյունավետության գնահատումը (Հայաստանի տարածքի օրինակով)», Ատենախոսություն, ՀՀ ԳԱԱ ԱՆՆազարովի անվան երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտ, Գյումրի 2018, 118 էջ:
8. Սահակյան Է. «Ջավախքի սեյսմածին գոտիների առանձնահատկությունները՝ պայմանավորված Սպիտակի 1988 թ. երկրաշարժով» ԵՊՀ ՈՒԳԸ գիտական հոդվածների ժողովածու: Երևան, ԵՊՀ հրատարակչություն, բնական գիտություններ, N1.1(11), 2016 , էջ 41-47:
9. Սահակյան Է., Սարգսյան Լ., Գևորգյան Մ., Իգիթյան Հ. «Ջավախքի հրաբխային բարձրավանդակի եվ հարակից շրջանների սեյսմիկ ակտիվության առանձնահատկությունները (1995-2015թթ.)» ՀՀ, ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ Երկրի մասին, N2, 2017, էջ 3-12:
10. Սահակյան Բ., Մուրադյան Ա., Հովհաննիսյան Հ., «Հյուսիսային Հայաստանի երկրակեղևի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը և սեյսմոտեկտոնական տեղաշարժերը»; ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ Երկրի մասին; 70; N2; 2017; с. 75-85.
11. Абих Г.Б., «Геология Армянского нагорья» Зап. Кавказ, отд. Русск. Географ. Об-ва, т. XI-XII, Тифлис, 201; 1902; 76 с.

12. Авагян А.В., «Анализ микротектонических данных очаговой зоны Спитакского землетрясения 1988 г. и центральной части территории Республики Армения». Известия НАН РА, Наука о Земле, 1997, N 1; с. 94-98.
13. Адамия Ш.А. «Материалы о геологическом строение предгорный Большого Кавказа между р. Малой Лиахви и меридианом г. Душети». На груз. яз. Геол. Ин-т АН Груз. ССР, Тбилиси; 1958.
14. Астахов Н.Е. «К вопросу о молодом вулканизме и древнем оледении Джавахетии». Сообщ. АН. Груз. ССР, т. XIII, N1; 1952.
15. Балакина Л.М., Введенская А.В., Голубева И.В., Мишарина Л.А., Широкова Е.И. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений. М.: Наука. 1972; 192 с.
16. Баранский Н. П., Краснопевцева Г. В., Щукин Ю. К., 1984, Методика изучения земной коры сейсмоопасных зон: Исследования земной коры и верхней мантии сейсмоопасных зон территории СССР: М., Наука, 42 - 53.
17. Ботт М. «Внутреннее строение Земли»; Мир, 1974. 376 с.
18. Бурмин В., Аветисян А., Сергеева Н., Казарян К. «Некоторые закономерности проявления современной сейсмичности Кавказа» Сейсмические приборы. 2013. Т. 49, № 3, стр.11-17.
19. Введенская А.В., Балакина Л.М. Методика и результаты определения напряжений, действующих в очагах землетрясений Прибайкалья и Монголии // Бюлл. Совета по сейсмологии. 1960. - № 10. стр. 73-84.
20. Введенская А. В. “Исследование напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокаций”; the University of California; Наука, 1969; 136 p.
21. Векуа А.К., “Остатки лани из плейстоценовых отложений Южной Грузии”. Сообщ. АН Груз. ССР, т. XXIV; N1; 1960.
22. Габуния К.Е., Гамкрелидзе П.Д.; «Геология южной части Борчалинского района», Тр. Геол. ин-та АН Грузи. ССР. сер. геол., т. 1; 1942.
23. Гамкрелидзе П.Д., «Основные черты тектонического строение Грузии»; Тр., Геол. ин-та АН Груз. ССР, сер, геол. Т. X (XV). 1957.
24. Геодакян Э., Геодакян Н.Э., Анализ напряженно-деформационного состояния земной коры Армянского нагорья. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2011, N4(2), стр. 413-414.
25. Гонгадзе С. А. «Аномальное гравитационное поле Грузии и некоторые вопросы его геолого-геофизической интерпретации» диссертация на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук, Тбилиси; 2006, 112 стр.

26. Гоцадзе О.Д., Кейлис-Борок В.И., Кириллова И.В., Коган С.Д., Кухтикова Т.И., Малиновская Л.Н., Сорский А.А., «Исследование механизма землетрясений»; Труды Геофизик. Ин-та АН СССР; 1957; N40.
27. Гоцадзе О.Д. Об условиях возникновения Джавахетских землетрясений. В кн. Тр. 3-ого Всесоюз. симпоз. По сейсмич. Режимы (3-7.VI 1968). Новосибирск:Наука, 1969, ч. II, стр. 38-50.
28. Джрбашян Р.Т., Гукасян Ю.Г., Карапетян С.Г, Мнацаканян А.Х., Навасардян Г.Х., Геворгян Р.П., Типы вулканических извержений и формы проявления позднеколлизионного наземного вулканизма Армении, НАН РА, Науки о Земле, 2012, № 3, с. 3-20.
29. Дьяконова-Савельева Е.Н., «Ахалкалакское вулканическое нагорье»; XVII сессия МГК. Путеводит. Экскур. по Кавказу. Арм. ССР. 1937.
30. Желтов П.И. «Новые данные о ледниковых отложениях в Закавказье». Сб. К 45-летию научной деятельности Н.Ф. Погребова. Изд. ЦНИГРИ; 1937.
31. Казарян К.С., «Современная сейсмичность Северной Армении и Джавахетского Нагорья», Ученые записки, Геология и Сейсмология, Ширакский Государственный Университет имени М. Налбандяна, N1, 2016; стр. 79-85.
32. Карапетян Н.К. Напряженное состояние в очагах землетрясений Армении и механизм их возникновения, Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1977, N3, стр. 42-49.
33. Карапетян Н.К. Сейсмогеодинамика и механизм возникновения землетрясений Армянского Нагорья Ереван, 1990, 263 стр.
34. Касахара К., Механика землетрясений. Пер. с англ. М., Мир, 1985, 264 с.
35. Квеладзе, З. И. тема диссертации и автореферата по ВАК 04.00.12, кандидат геологоминералогических наук, «Строение земной коры Джавахетской сейсмогенной зоны Малого Кавказа»; Тбилиси, 1985.
36. Кириллова И.В., Сорский А.А. Тектоника и сейсмичность Кавказа. М.: Изд. АН СССР, 1960, стр. 158-170.
37. Костров Б. В. «Механика очага тектонического землетрясения». М.: Наука, 1975. 176 с.
38. Кузнецова К.И., Напряженное состояние и устойчивость процесса деформации горных пород. Тектонофизика: ОИФЗ РАН, 2002, стр. 110-119.
39. Лебедев В.А, Чернышев И.В., Дудаури О.З., и др. «Самсарский вулканический центр как очаг новейшего вулканизма на М. Кавказа: К-Аг геохронологические и Sr-Nd изотопные данные». Докл. ПАН. Т. 393; N6, 2003; стр. 802-808.
40. Левонян А.Ф., Саркисян Л.С., Саакян Э.Э., Дургарян Р.Р. «Геодинамическая сеть и сейсмологические наблюдения в институте геологических наук НАН РА»

- Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных, Материалы девятой международной сейсмологической школы, ОБНИНСК-2014, стр. 205-208.
41. Лемзиков В.К., Лемзиков М.В. “ Определение механизмов очагов слабых вулканических землетрясений по редкой сети сейсмических станций” Научная конференция, освящённая дню вулканолога; “Вулканизм и связанные с ним процессы”; г. Петропавловск-Камчатский; 2016; стр. 198-209.
 42. Майсурадзе Г.М., Кулошвили С.И., «Некоторые вопросы геологии молодого вулканизма Джавахетского нагорья», Проблемы геологии и петрологии. Нов. Серия. Вып. 114; Тбилиси: ГИН АН Грузии, 1999, стр. 220-228.
 43. Маруашвили Л.И., «О древнем оледенении Малого Кавказа». Природа; N7-8; 1938.
 44. Маруашвили Л.И. «Морфология и история развития новейших вулканических сооружений Южной Грузии». Сообщ. АН Груз. ССР, т. XVII, N4; 1956.
 45. Меликсетян Х. Б. “Генерация коллизионных магм на примере четвертичного вулканизма территории Армении и вулканическая опасность” Диссертация на соискание уч. степени доктора геол-мин. наук, Ереван 2018; 494 с.
 46. Мефферт Б.Ф. «Лигнитовые месторождения Ахалцихского района». Тр. ВГРО, вып. 304.; 1933.
 47. Милановский Е.Е. “Новейшая тектоника”, В кн. «Геология Арм ССР», т I, «Геоморфология», Ереван, 1962, с.430-473.
 48. Милановский Е.Е. “Рифтовые зоны континентов”. М.: Недра, 1976; 277 с.
 49. Мушкетов И.В. «Материалы по Ахалкалакскому землетрясению 19 декабря 1899 года». Тр. Геол. Ком., нов. Сер., вып. 1; 1900.
 50. Назаретян С.Н., Киракосян А.А, Гаспарян В.С., Микаелян Э.М. Направления региональных напряжений в верхних частях земной коры территории Армении и вероятные активные глубинные разломы, Геодинамика Кавказа, Москва, «Наука», 1989, стр. 165-170.
 51. Назаретян С., Дургарян Р., Шахбекян Т., Григорян А., Мирзоян Л. «Региональные разломы территории Армении по геофизическим данным и их сейсмичность», Ереван, издательство «Гитутюн»; НАН РА; 2015; 183 с.
 52. Освальд «К истории тектонического развития Армянского нагорья»; Зап. Кавказ. Отд. Русск. Геогр. Об-ва, т. XXIX, вып. 2. Тифлис, 1906; 77 с.
 53. Паффенгольц К. Н., Геологический очерк Армении и прилежащих частей Малого Кавказа, Изд-во АН Арм. ССР Ин-т геол. наук, Ереван, 1946, с. 341.
 54. Паффенгольц К.Н. «Геологический очерк Кавказа». Изд. АН Арм. ССР. Ереван, 1959; 506 с.

55. Сихарулидзе Д.И., Тутберидзе Н.П., Баграмян А.Х., и др., «Строение напряженно-деформированное состояние и условия сейсмичности литосферы Малого Кавказа»; Тбилиси; Мецниереба, 1983; 123 с.
56. Схиртладзе Н.Н. «Постпалеогеновый эффузивный вулканизм Грузии», Тбилиси; Изд-во АН ГрузССР, 1958; 368 с.
57. Сычева Н.А. «Очаговые механизмы и сеймотектонические деформации как проявление напряженного состояния коры Северного Тянь-Шаня» В сб. Геодинамические, сейсмологические и геофизические основы прогноза землетрясений и оценки сейсмического риска. Казахстанско-Российская межд. конф. Алматы. 2005; стр. 41–48.
58. Тутберидзе Б.Г. Геология и петрология альпийского позднеорогенного магматизма центральной части Кавказского сегмента. Тбилиси: Изд-во Тбил. ун-та, 2004; 340 с.
59. Харазян Э.Х. «Новейшие вулканические образования верховьев бассейна р. Ахурян (АрмССР).» Изв. АН АрмССР, «Науки о Земле» N5, 1968.
60. Харазян Э.Х., Геология новейшего вулканизма северо-восточной части Армянской ССР (бассейны рек Ахурян и Дзорагет) автореф. дисс. Армгеология, Ереван. 1983. с. 55.
61. Цагарели А.Л. «Верхний мел Грузии». Тр. ин-та геол. и минерал. АН Груз. ССР, монограф., N5; 1954.
62. Цхакая А.Д., Сейсмичность Джавахетского Ахалкалакского нагорья. В кн. Землетрясения в СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1961, стр. 240-249.
63. Ширинян К.Г., Главные черты плио-плейстоценового вулканизма Армении, В кн.: Геология Армянской ССР, Т.IV. Петрография. Вулканические породы, Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1970, с. 477-494.
64. Abou Elenean, K.M. «Focal mechanisms of small and moderate size earthquakes recorded by the Egyptian National Seismic Network (ENSN), Egypt». NRIAG J. Geophys. 6 (1), 2007; pp.117–151.
65. Angelier J. and Mechler P.; «Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en séismologie: la méthode des dièdres droits». Bull. Soc. géol. France, Paris 19: 1977; pp. 1309–1318.
66. Angeller, J. «From orientation to magnitudes in paleostress determinations using fault slip data». Journal of Structural Geology, 11, 1989; pp. 37-50.
67. Avagyan, A., Sosson, M. et al. «Neogene to Quaternary stress field evolution in Lesser Caucasus and adjacent regions using fault kinematics analysis and volcanic cluster data». Geodynamica Acta, 18, 2005; pp. 401–416.

68. Avagyan, A., “Active faulting and related seismic hazard in the Vanadzor depression area”: Proceedings of the National Academy of Sciences of Armenia–Earth Science, v. 62, no. 2, 2009; pp. 48–57.
69. Avagyan A., Marc Sosson, Arkadi Karakhanian, Hervé Philip, Samira Rebai, Yann Rolland, Rafael Melkonyan and Vahan Davtyan “Recent tectonic stress evolution in the Lesser Caucasus and adjacent regions” Geological Society, London, Special Publications 2010; v. 340; pp. 393-408.
70. Avanesian, A., Malkhassian, E. & Nazaretian, S.; “Unique Geological Monuments of Armenia”. Guidebook for Tourists, 2000; pp. 1–157.
71. Avetisyan A. M., Burmin V. Yu., Hovhannisyan H. H., Ghazaryan K. S. “Comparative analysis on the estimation of the results processing accuracy of seismic information in Armenia and Javakheti plateau” National Academy of Sciences of RA ,Electronic Journal of Natural Sciences. 1(28), 2017; pp. 94-98.
72. Balassanian S., Arakelyan A., Nazaretian S., Martirosian A., Igoumnov V., Melkoumian M., Manoukian A., Tovmassian A., “Retrospective analysis of the Spitak earthquake”, *Annali di Geofisica*, vol XXXVIII, N 3-4, 1995; pp. 345-372.
73. Barth, M.C., S.-W. Kim, C. Wang, K.E. Pickering, L.E. Ott, G. Stenchikov, M. Leriche, S. Cautenet, J.-P. Pinty, C. Barthe, C. Mari, J. Helsdon, R. Farley, A.M. Fridlind, A.S. Ackerman, V. Spiridonov, and B. Telenta, “Cloud-scale model intercomparison of chemical constituent transport in deep convection”. *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 2007; pp. 4709-4731.
74. Bullen K.E., Bruce Bolt A., An introduction to the theory of seismology. Cambridge University Press 1963, 1985, pg. 499.
75. Burmin V., Shemeleva I., Fleyfel L., Avetisyan A., Kazaryan K., “Results of Seismological data Processing for the Territory of Armenia”; Seismic instruments, 2017; vol. 53, N2, 2017, pp. 103-110.
76. Camps, P., Ruffet, P., Shcherbakova, V., Prevot, M., Moussin-Poushkin, A., Cholpo, L., Gogichaishvili, A., Asanidze, B. (1996). Direction, intensity and Ar/Ar reversal or excursion recorded in Georgia. *J. Phys. Earth Planet. Inter.* 96, 41-59.
77. Chandra U. “Focal mechanism solutions for earthquakes in Iran” *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. Vol. 34, Issues 1–2, 1984, pp. 9-16.
78. Davtyan, V., 2007, Active Faults of Armenia: Slip Rate Estimation by GPS, Paleoseismological and Morpho-Structural Data [Ph.D. thesis]: Montpellier, Montpellier II University, France, 244 p.
79. Delvaux, D., Moeys, R., Stapel, G. et al.”Paleostress reconstructions and geodynamics of the Baikal region, Central Asia. Part II: Cenozoic tectonic stress and fault kinematics”. *Tectonophysics*, 282(1-4), 1997b; pp. 1-38.

80. Delvaux D, Speerner B., New aspects of tectonic stress inversion with reference to the Tensor program. Nieuwland, D.A. *New Insights into Structural Interpretation and Modeling*; 2003; Geological Society; London; Special Publications, 212; pp. 75-100.
81. Dewey, J. F., Hempton, M. R., Kidd, W.S.F., Saroglu, A.M.C., 1986. Shortening of continental lithosphere, the neotectonics of Eastern Anatolia-a young collision zone. In: Coward, M.P., Riea, A.C. (Eds.), *Collision Tectonics*. Geol. Soc. Lond., Spec. Publ., vol. 19, pp. 3-36.
82. Droznin D., Droznina S., “Interactive DIMAS program for processing seismic signals”, *Seismic Instruments*; 47(3); 2011; pp. 215-224.
83. Elashvili M., Sakhelashvili G., Gigiberia M., Maisaia I., Godoladze T., Javakhishvili Z., Durgaryan R., Gevorgyan M. “Investigation of active fault scarps by means of geophysical prospecting methods, Javakheti fault case, Georgia”. Abstract Book, AGU fall meeting, San Francisco, USA , 2011.
84. Emad K. Mohamed, A. Hassoup, Abou Elenean K.M., Adel A.A. Othman, Diao-Eldin M.K. Hamed «Earthquakes focal mechanism and stress field pattern in the northeastern part of Egypt», *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*; 4; 2015; pp. 205–221.
85. *Encyclopedia of Volcanoes 1st Edition*, Eds. Haraldur Sigurdsson, Bruce Houghton, Hazel Rymer, John Stix Steve McNutt, 1999, Academic press, p. 1417.
86. Ferring, C., Swisher, C., Bosinsky, G., Gabunia, L., Kikodze, Z., Lordkipanidze, D., Tvalchrelidze, M., Tutberidze, B. (1996). Progress report on the geology of the Plio-Pleistocene Dmanisi and the Diliska George. Republic of Georgia. *Paleoant. Soc.*, New Orlean, 5-6.
87. Froehlich C, “Triangle diagrams ternary graphs to display similarity and diversity of earthquake focal mechanisms” *Phys Earth Planet Inter*, 75; 1992; pp. 193-198.
88. Gephart J.W., Forsyth D.W. An Improved Method for Determining the Regional Stress Tensor Using Earthquake Focal Mechanism Data. Application to the San Fernando Earthquake Sequence, *Journal of Geophysical research*, Vol. 89, N11, 1984; pp 9305-9320.
89. Grosser, H, Baumbach, M., Berckhemer, H., Baier, B., Karahan, A., Schelle, H., Krüger, F., Paulat, A., Michel, G., Demirtas, R., Gencoglu, S., and Yilmaz, R. “The Erzincan (Turkey) Earthquake (Ms 6.8) of March 13, 1992 and its Aftershock Sequence”. *Pure appl. Geophys.*, 152, 1998; pp. 465–505.
90. Gutenberg, B. and Richter, C. «Frequency of earthquakes in California. *Bulletin of seismological society of America*», 34; 1944; pp. 185–188.
91. Hetu Sh., Meliksetian Kh., Gevorgyan H., Israyelyan A., Navasardyan G., “Intracanyon basalt lavas of the Debed River (Northern Armenia), part of the

- Pliocene-Pleistocene continental flood basalt province in the South Caucasus”; *Journal of Volcanology and Geothermal Research*; 295; 2015; pp. 1-15.
92. Honda, H.: “The mechanism of the earthquakes”, *Sci. Rep. T6hoku Univ., Geophysics*, 9 (Suppl.), 1957; pp. 1–46.
 93. Hu, J.-C., and J. Angelier (2004), Stress permutations: Three-dimensional distinct element analysis accounts for a common phenomenon in brittle tectonics, *J. Geophys. Res.*, 109(B9), doi:10.1029/2003jb002616.
 94. Hussein, H.M. et al; “Present-day tectonic regime in Egypt and surrounding area based on earthquake focal mechanisms”. *J. Afr. Earth Sci.* 81, 2013; pp.1–13.
 95. Jackson, J., McKenzie, D.P., 1988. The relationship between plate motions and seismic moment tensors, and the rates of active deformation in the Mediterranean and Middle East. *Geophys. J.* 93, pp. 45-73.
 96. Jackson, J., K. Priestly, M. Allen, and M. Berberian; “Active tectonics of the South Caspian Basin”, *Geophys. J. Int.*, 148, 2002; pp. 214–245.
 97. Jost, M.L. and Hermann, R. B. “A Student's Guide to and Review of Moment Tensors”, *Seism. Res. Lett.*, 60, 1989; pp. 37-57.
 98. Jy-Ching Hu, Horng-Yue Chen, Sokhadze, G., Zhe Su, Jater Yi-Ting Liao, and Wan-Lin Hu, , Crustal deformation monitoring using GPS measurement in Caucasus area and PS-InSAR in Javakheti Highland, *in the 1st International Conference and Workshop on the Caucasus Active Tectonics and Magmatism—Hazards and Resources*, 29 August–3 September, Tbilisi, Abstracts: Tbilisi, Iliya University; 2013; pp. 13–14.
 99. Karakhanyan, A., Trifonov, V., Philip, H., Avagyan, A., Hessami, Kh., Jamali, F., Salih Bayraktutan, M., Bagdassarian, H., Arakelian, S., Davtian, V., and Adilkhanyan, A., “Active faulting and natural hazards in Armenia, eastern Turkey, and northwestern Iran”: *Tectonophysics*, v. 380, no. 3–4, 2004; pp. 189–219.
 100. Karakhanyan, A., Arakelyan, A., Avagyan, A., Baghdasaryan, H., Durgaryan, R., and Abgaryan, Ye., *The Seismotectonic Model, Seismic Hazard Assessment for the Construction Site of a New Power Unit of the Armenian NPP: “NorAtom” Consortium Final Report: Yerevan, Armenia, Ministry of Energy of the Republic of Armenia, and Vienna, International Atomic Energy Agency*, 2011; 328 p.
 101. Karakhanian, A., Avagyan, A., Avanesyan, M., Elashvili, M., Gogoradze, T., Javakhishvili, Z., Korzhenkov, A., Philip, S., and Vergino, E., 2012, Armenia-to-Georgia trans-boundary fault: An example of international cooperation in the Caucasus: San Francisco, California, American Geophysical Union, Fall Meeting supplement, abstract S43J-02.

102. Karakhanyan, A., Vernant, P., Doerflinger, E., Avagyan, A., Philip, H., Aslanyan, R., Champollion, C., Arakelyan, S., Collard, P., Baghdasaryan, H., Peyret, M., Davtyan, V., Calais, E., and Masson, F., “GPS constraints on continental deformation in the Armenian region and Lesser Caucasus”: *Tectonophysics*, v. 592, 2013; pp. 39–45.
103. Karakhanyan, A., Arakelyan, A., Avagyan, A., and Sadoyan T., “Aspects of the seismotectonics of Armenia: New data and reanalysis”, in Sorkhabi, R., ed., *Tectonic Evolution, Collision, and Seismicity of Southwest Asia: In Honor of Manuel Berberian's Forty-Five Years of Research Contributions: Geological Society of America Special Paper 525*; 2016.
104. Kennett B.L.N. & Engdahl E.R., *Traveltimes for global earthquake location and phase identification*. *Geophysical Journal International*, 1991, pg. 429-465.
105. Kennett B.L.N. *Seismological Tables*, Research School of Earth Sciences, Australian National University, 1991. 167 p.
106. Khattri, K., “Earthquake focal mechanism studies – a review”. *Earth Sci. Rev.* 9, 1973; pp. 19–63.
107. Khazaradze Giorgi, Machavariani Kakhaber, Hahubia Galaktion, Kachakhidze-Murphy Nino, Kachakhidze Manana «GNSS activities for crustal deformation studies in Georgia (Caucasus)» EGU2017-7465.
108. Kisslinger C. Bowman J.R. Koch K.. “Determination of focal mechanism from SV/P amplitude ratios at small distances”. *Phys. Earth planet. Inter.* 30, 1982; pp. 172-176.
109. Lander A.V. “The FA2002 program system to determine the focal mechanisms of earthquakes in Kamchatka, the Commander Islands and the Northern Kuriles”. Report KEMSD GS RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky; 2004; 250 p.
110. Lebedev, V.A., Chernishev, I.V., Dudaury, O.Z., Arakelians, M.M., Chugaev, A.V., Goltzman, Y.V., Vashakidze, G.T. *Geochronology of Neogene-Quaternary dacitic volcanism of the Javakheti highland (Lesser Caucasus, South Georgia) (in Russ)*. *Proc.*, new series, # 119, 2004; pp. 535-544.
111. Lebedev, V., Bubnov, S., Dudaury, O. & Vashakidze, G. “Geochronology of Pliocene volcanism of Javakheti highland (Lesser Caucasus)”. Article 2. Eastern part of the Javakheti highland. *Regional Geological Correlation. Stratigraphy. Geological Correlation* 16, 2008; pp. 553-574.
112. Lebedev V.A., Bubnov S.N., Dudaury O.Z., Vashakidze G.T., *Geochronology of Pliocene volcanism in the Dzhavakheti Highland (the Lesser Caucasus). Part 1: Western part of the Dzhavakheti Highland. Stratigraphy and Geological Correlation* 2008a, 16, p. 204-224.

113. Lebedev, A. V., Lovden, M., Rosenthal, G., Feilding, A., Nutt, D. J., and Carhart-Harris, R. L. «Finding the self by losing the self: neural correlates of ego-dissolution under psilocybin». *Hum. Brain Mapp.* 36, 2015; pp. 3137–3153.
114. Lebedev A.V., “Geological Map of Javakheti Volcanic Area (Lesser Caucasus), 1/200000 (2015). Appendix to paper: Lebedev, V., Bubnov, S., Dudaury, O. & Vashakidze, G. “Geochronology of Pliocene volcanism of Javakheti highland (Lesser Caucasus)”. Article 2. Eastern part of the Javakheti highland. *Regional Geological Correlation. Stratigraphy. Geological Correlation* 16, 2008; pp. 553-574.
115. McNamara D. E.; Benz H. M; Herrmann R. B.; Bergman E. A.; P. Earle A. Holland R. Baldwin A. Gassner. “Earthquake hypocenters and focal mechanisms in central Oklahoma reveal a complex system of reactivated subsurface strike-slip faulting” *Geophys. Res. Lett.*, 2, 2015; pp. 2742–2749, doi:10.1002/2014GL062730
116. Maruyama, T., On the force equivalents of dynamic elastic dislocations with reference to the earthquake mechanism, *Bull. Earthquake Res. Inst. Univ. Tokyo*, 41, 1963; pp. 467–486.
117. Maruyama, T., On two-dimensional elastic dislocations in an infinite and semi-infinite medium, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 44, 1966; pp. 811-871.
118. Meliksetian Kh., I. Neill, M. Allen, G. Navasardyan. Plateau basaltic volcanism in a yncollision setting (South Caucasus). *EGU General Assembly, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts Vol. 16, EGU2014-6703.*
119. Michael A.J., Determination of stress from slip data: faults and folds; 1984; *J.Geophys.Res.* 89; pp. 11517-11526.
120. Michael A.J., Use of focal mechanisms to determine stress, a control study, *J.Geophys.Res.* 92; 1987; pp. 357-368.
121. Morino, M., Kaneko, F., Avanesyan, M., and Karakhanyan, A., “Characteristics of Garni fault confi rmed by trench investigation at north Garni and Yelpin sites, Republic of Armenia”: *Journal of the Geological Society of Japan*, v. 118, 2012; pp. XI–XII.
122. Murase, K. “A characteristic change in fractal dimension prior to the 2003 Tokachi-oki earthquake (MJ = 8.0), Hokkaido, northern Japan”. *Earth Planets Space*, 56, 2004; pp. 401–405.
123. Nakano, H.; “Notes on the nature of the forces which give rise to the earthquake motions”, *Seis- tool. Bull. Central Met. Obs. Japan*, 1, 1923; pp. 92-120.
124. Nakaya, S. “Spatiotemporal variation in b value within the subducting slab prior to the 2003 Tokachi-oki earthquake (M 8.0), Japan”. *Journal of Geophysical Research*, 111, 2006; pp. 19-32.

125. Neill I., Meliksetian Kh., Allen M.B., Navarsardyan G., Karapetyan S., Pliocene-Quaternary volcanic rocks of NW Armenia: Magmatism and lithospheric dynamics within an active orogenic plateau. *Lithos* 2013, 180-181, pp. 200-215.
126. Nomade S., Scao V., Guillou H., Messenger E., Mgeladze A., Voinchet P., P.R. Renne, A. Courtin-Nomade, J.M. Bardintzeff, R. Ferring, D. Lordkipanidze “New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, unspiked K/Ar and geochemical constraints on the Pleistocene magmatism of the Samtskhe-Javakheti highlands (Republic of Georgia)”; *Quaternary International*; 2015; pp. 1-15.
127. Pasquarè, F.A., Tormey, D., Vezzoli, L., Okrostsvaridze, A., and Tutberidze, B., “Mitigating the consequences of extreme events on strategic facilities: Evaluation of volcanic and seismic risk affecting the Caspian oil and gas pipelines in the Republic of Georgia”: *Journal of Environmental Management*, v. 92, 2011; pp. 1774–1782.
128. Pavlova A., Hrytsai O., and Malyskyy D. “Determining the focal mechanisms of the events in the Carpathian region of Ukraine” *Geosci. Instrum. Method. Data Syst.*, 3; 2014; pp. 229–239.
129. Philip, H., Cisternas, A., Gvishkiani, A., and Gorshkov, A., 1989, The Caucasus: An actual example of the initial stages of continental collision: *Tectonophysics*, v. 161, p. 1–21, doi:10.1016/0040-1951(89)90297-7.
130. Philip, H., Avagyan, A., Karakhanyan, A., Ritz, J.-F., and Rebai, S., “Slip rates and recurrence intervals of strong earthquakes along the Pambak- Sevan-Sunik Fault (Armenia)”: *Tectonophysics*, v. 343, no. 3–4, 2001; pp. 205–232.
131. Rebai, S., “Sismotectonique et champ de contrainte dans les chaînes alpines et dans les plateformes de l’Europe, d’Afrique du Nord et du Moyen-Orient (Doctorate thesis)”: Montpellier, France, University of Montpellier-2, Academy of Montpellier, 1992; 183 p.
132. Rebai S., Philip H., Dorbath L., Borissoff B., Haessler H., Cisternas A. “Active tectonics in the Lesser Caucasus: Coexistence of compressive and extensional structures”. *Tectonics*, vol. 12; No. 5, 1993; pp. 1089-1114.
133. Reilinger, R., Barka, A.,. “GPS constraints on fault slip rates in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone: implications for earthquake recurrence times. In: Giardini, D., Balassanian, S. (Eds.), *Historical and Prehistorical earthquakes in the Caucasus*”. ILP publication 333, vol. 28, Kluwer Academic Publishing Dordrecht Netherlands, 1997; pp. 91-108.
134. Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S. V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam,

- G., 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *J. Geophys. Res.* 111, 26. doi:10.1029/2005JB004051
135. Ritz, J.-F., Avagyan, A., Mkrtychyan, M., Nazari H., Blard, P.-H., Karakhanyan, A., Philip, H., Balescu, S., Mahan, S., Huot, S., Munch, P., and Lamothe, M., “Active tectonics within the NW and SE extensions of the Pambak-Sevan-Syunik fault: Implications for the present geodynamics of Armenia”: *Quaternary International*, v. 395, 2015; pp. 61–78
136. Rivera L., Cisternas A., Stress tensor and fault plane solutions for a population of earthquakes, *Bull. Seismol.Soc.Am.*, 1990, 80; pp. 600-614.
137. Rubinstein, M., Adamia, Sh., Devnosashvili, D., Dobridin, V., Rosentur, L. (1972). Dating of some Late Neogene and Quaternary effusives of Transcaucasia (based on geological, radiological and paleomagnetic data). In: International colloquium “The boundary between Neogene and Quaternary”, Moscow, 168-174.
138. Sadoyan, T., “Seismicity and Landsliding along the Garni Fault Zone (Armenia): Ground Effects and Numerical Modeling [Ph.D. thesis]”: Rome, Università di Roma “La Sapienza” Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali Dottorato di Ricerca in Scienze Della Terra XVIII, 2007; 165 p.
139. Sahakyan E. “The features of stress field in the Javakheti Volcanic Highland determined by the earthquake focal mechanisms for the time period 2005-2017” *Proceedings of the NAS RA; Earth Sciences; N2; 2018; pp. 38-51.*
140. Sheth H., Meliksetian Kh., Gevorgyan H., Israyelyan A., Navasardyan G., Intracanyon basalt lavas of the Debed River (northern Armenia), part of a Pliocene – Pleistocene continental flood basalt province in the South Caucasus. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 2015, n.295, pp. 1-15.
141. Stein, S., and M. Wysession “An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure”, Blackwell Publishing, Oxford, United Kingdom, 2003; 498 p.
142. Tai-Lin Tseng, Hsin-Chih Hsu, Pei-Ru Jian, Bor-Shouh Huang, Jyr-Ching Hu, Sun-Lin Chung “Focal mechanisms and stress variations in the Caucasus and Northeast Turkey from constraints of regional waveforms”; *Tectonophysics*; 691; 2016; pp. 362-374.
143. Tan O., Taymaz T.; “Active tectonic of the Caucasus: earthquake source mechanisms and rupture histories obtained from inversion of teleseismic body waves”. *Geological Society of America, special paper 409*, 2006; pp. 531-578.
144. Tovmassian A., Arakelian A., Harutunian R. and Danilova M., Results of stress field investigations in territory of Armenia and adjacent regions. In. Giardini D. and Balassanian S. (Eds.), *Historical and Prehistorical Earthquakes in the Caucasus*,

- Kluwer Academic Publishers. Printed in Netherlands, NATO ASI Series, 2.Environment- vol.28, 1997; pp. 471-483.
145. Trifonov, V.G. and Karakhanyan. A.S. “Dinamika Zemli i istoriya tsivilizatsii (Earth Dynamics and the History of Civilization)”, *in* Rounkvist, D.V., and Gorodnitsky, A.M., eds., Proceedings of the Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, no. 585: Moscow, Institute of Geology, 2008; 435 p.
146. Tsereteli N., Tibaldi A., Alania V., Gventsadse A., Enekidze O., Varazanashvili O., B.I.R. Müller “Active tectonics of central-western Caucasus, Georgia” *Tectonophysics*; 2016, Vol. 691; pp. 328-344.
147. Udias A., Buforn E., Ruis de Guna. “Catalog of focal mechanisms of European Earthquakes”; Department of Geophysics Universidad Complutense, Madrid; 1989.
148. Wells, D.L., and Coppersmith, K.J., “New empirical relationships among magnitude rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement”: *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 84, no. 4, 1994, pp. 974-1002.
149. Zoback M.L., Zoback M.D. “State of stress in the Conterminous United States”. *J. Geophys. Res.*, 85, 1980; pp. 6113-6156.
150. Zoback, M. L. “First- and second-order patterns of stress in the lithosphere: The World Stress Map project”, *J. Geophys. Res.*, 97(B8), 1992; pp 11,703 – 11,728.

Հաշվետվություն

151. Karakhanyan A., Avagyan A., Baghdasaryan H., Avanesyan M., Arakelyan A., “Seismic hazard assessment for the construction site of a new power unit of the Armenian NPP” , *Development of Seismotectonic Model, Final report*, 2011, 257 p.

Հավելված 1

Երկրաչափերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկի համար օգտագործված սեյսմիկ կայանները

STATION	LAT N (°)	LONG E (°)	ELEVATION (m)	Country
AE01	39.5580	46.0076	1741	Armenia, IGS (CNET)
AE02	40.1149	45.6833	2186	Armenia, IGS (CNET)
AE03	40.2815	43.8431	1199	Armenia, IGS (CNET)
AE04	40.9468	43.9682	2082	Armenia, IGS (CNET)
AP04	41.0080	44.8512	1618	Armenia, IGS (CNET)
AP10	40.3751	44.5780	1844	Armenia, IGS (CNET)
AP15	40.2027	45.0589	2015	Armenia, IGS (CNET)
AKH	41.4096	43.4928	1708	Georgia
ALA	41.1215	44.7543	644	Armenia, IGS (TU)
AMB	40.3800	44.2500	2200	Armenia, NSSP
AMR	42.5160	43.1370	614	Georgia
ART	41.1850	41.9280	2034	Turkey
ARU	40.2800	44.0900	1200	Armenia, NSSP
ARZ	40.4977	44.5903	1704	Armenia, IGS, (TU)
BAU	41.1150	44.8036	2010	Armenia, IGS, (TU)
BGD	41.2645	43.5986	1978	Georgia
BIN	38.8758	40.4890	1342	Turkey
BKR	41.7337	43.5031	1798	Georgia
BTL	42.6650	46.2192	970	Georgia
BYU	40.3299	44.2697	1402	Armenia, IGS, (TU)
DAG	41.0780	41.9140	1188	Turkey
DBA	41.0180	41.6940	1139	Turkey
DBO	41.3450	41.6660	615	Turkey
DIG	40.4147	43.3742	2278	Turkey
DGN	42.4660	42.8330	450	Georgia
DGR	41.4507	45.3732	690	Georgia
DMN	41.3300	44.2000	1260	Georgia
EAK	40.6862	43.6069	1613	Turkey
ERZ	39.9050	41.3660	2380	Turkey
GAN	40.6460	46.3220	574	Azerbaijan
GDB	40.7210	45.7540	1643	Azerbaijan
GER	40.2567	45.1386	2114	Armenia, IGS, (TU)
GNI	40.1495	44.7413	1583	Armenia, IRIS
GO03	41.7992	45.1435	883	Georgia
GO04	41.8929	44.0912	927	Georgia
GOR	41.9850	44.1090	648	Georgia
GP21	41.8829	44.6931	721	Georgia
GP26	41.4977	44.7527	551	Georgia
GP27	41.4402	44.7485	416	Georgia

GP28	41.3683	44.7633	501	Georgia
GP29	41.3007	44.7750	432	Georgia
HNA	40.6300	44.1400	2150	Armenia, NSSP
IGD	39.8680	44.0780	860	Turkey
KAM	40.8200	43.9500	1230	Armenia, NSSP
KAP	40.3220	44.6990	1700	Armenia, NSSP
KAR	40.6150	43.0936	1747	Turkey
KEC	39.8031	45.6645	1990	Armenia, IGS, (TU)
KIV	42.6860	43.9550	1054	Russia
KZR	41.3815	44.4153	740	Georgia
LER	40.5700	43.9500	1990	Armenia, NSSP
LIC	40.5077	44.9319	1967	Armenia, IGS, (TU)
MAG	41.0353	44.4009	1410	Armenia, IGS, (TU)
MAR	42.4100	42.3800	190	Georgia
MTA	41.6940	44.7920	515	Georgia
NAV	40.8664	45.3512	1467	Armenia, IGS, (TU)
NCK	43.4960	43.5960	500	Russia
NPP	40.1600	44.1300	945	Armenia, NSSP
NRK	40.0000	44.6600	1040	Armenia, NSSP
ONI	42.5833	43.4500	807	Georgia
PAA	40.1500	44.3800	890	Armenia, NSSP
QZX	41.0580	45.3720	563	Azerbaijan
SAM	41.6970	44.8160	465	Georgia
STE	41.0000	44.4000	1423	Armenia, IGS, (TU)
TIF	41.7170	44.8000	399	Georgia
TBL	41.7308	44.7380	510	Georgia
TKB	42.3510	42.9940	603	Georgia
TNT	41.6600	44.4100	120	Georgia
TRL	41.5500	44.1167	1550	Georgia
TSA	40.4002	45.4811	1998	Armenia, IGS, (TU)
VAN	40.7900	44.5300	1200	Armenia, IGS, (TU)
YNN	40.1000	43.8200	1020	Armenia, NSSP
VRN	40.0500	44.1900	841	Armenia, NSSP
VRZ	41.7090	44.7890	450	Georgia
ZAR	40.4821	43.7842	1668	Armenia, IGS, (TU)
ZEI	42.7700	43.8983	2100	Russia
ZKT	41.6380	46.6220	497	Azerbaijan

Հավելված 2

Երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկի համար օգտագործված մուտքային տվյալներ

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (deg.)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
16.12.2005	4:02:28	41.1603	43.8545	4.3	12	0.02	0.06	0.12

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
AKH	0.367	313	iP +
BGD	0.216	299	iP +
ARU	0.899	168	iP -
VNN	1.06	181	iP -
VRN	1.14	166	iP -
STE	0.444	110	iP +
KAP	1.05	142	iP +
DMN	0.313	57	iP -
KZR	0.479	62	iP -
BKR	0.63	335	iP -
DIG	0.828	206	iP -
GNI	1.21	145	iP +
TKB	1.34	331	iP +
DGN	1.51	330	iP -
AMR	1.46	338	iP -
GOR	0.847	13	iP -
TIF	0.9	51	iP -
QZX	1.15	94	iP +
GAN	1.94	104	iP +
NCK	2.34	355	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (deg.)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
24.05.2006	3:17:19	41.0824	44.1197	3.7	8	0.01	0.09	0.07

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
KAM	0.287	205	iP +
HNA	0.451	177	iP +
GNI	1.05	152	iP +
AMB	0.708	171	iP +
ARU	0.8	181	iP +

NPP	0.92	179	iP +
VNN	1	192	iP +
PAA	0.952	167	iP +
STE	0.233	110	iP -
DMN	0.259	15	iP +
KIV	1.61	355	iP +
DIG	0.868	220	iP -
TKB	1.51	326	iP -
AMR	1.61	333	iP -
TIF	0.817	38.6	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (deg.)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
28.12.2006	22:52:19	41.2845	43.8471	3.6	12	0.03	0.04	0.03

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
KAP	1.16	145	iP +
VRN	1.26	167	iP +
GOR	0.733	15	iP +
MTA	0.825	59	iP -
KAM	0.467	169	iP +
GNI	1.32	148	iP -
AMB	0.952	160	iP +
NPP	1.14	168	iP +
PAA	1.2	159	iP +
STE	0.506	123	iP -
DMN	0.275	79	iP -
KIV	1.41	3	iP +
DIG	0.934	202	iP -
TKB	1.23	329	iP +
AMR	1.34	337	iP +
TIF	0.8	58	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
24.07.2007	19:31:23	41.2401	43.7437	4.1	5	0.01	0.09	0.08

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
AKH	0.251	312	iP +
BGD	0.109	283	iP -
ARU	0.996	164	iP -

VNN	1.14	176	iP +
VRN	1.24	163	iP +
AMB	0.943	155	iP -
STE	0.552	115	iP +
KAP	1.17	141	iP -
DMN	0.357	75	iP -
BKR	0.525	340	iP -
DIG	0.87	198	iP -
GNI	1.33	144	iP +
TKB	1.23	333	iP +
GOR	0.794	20	iP -
TIF	0.922	58	iP -
QZX	1.24	97	iP -
DGR	1.24	79	iP -
KIV	1.45	6	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
09.07.2007	9:33:08	41.0904	43.8874	4	10	0.02	0.05	0.04

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
VRN	1.07	167	iP -
AMB	0.76	158	iP +
ARU	0.826	168	iP -
NPP	0.949	168	iP -
VNN	0.991	182	iP -
ONI	1.53	348	iP -
STE	0.402	102	iP -
DMN	0.34	45	iP -
NCK	2.42	355	iP +
DIG	0.776	209	iP -
GNI	1.14	332	iP -
TIF	0.928	47	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
18.06.2008	11:04:31	41.3349	44.1600	3.7	7	0.01	0.04	0.05

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
STE	0.376	151	iP +
KAM	0.534	197	iP +
HNA	0.7	181	iP -
AMB	0.952	176	iP -
GNI	1.26	159	iP +
AKH	0.507	279	iP +
KAP	1.09	158	iP -
DIG	1.09	213	iP +
DGN	1.51	319	iP +
VNN	1.26	191	iP -
QZX	0.952	106	iP +
GAN	1.77	112	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
05.05.2010	14:58:22	41.3800	43.8909	3.5	11	0.02	0.07	0.03

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
AMB	1.04	164	iP -
ARU	1.11	172	iP -
AKH	0.299	275	iP +
TBL	0.725	60	iP +
KAR	0.973	218	iP -
AMB	1.04	164	iP -
DIG	1.06	202	iP +
QZX	1.16	105	iP +
KAP	1.22	150	iP -
ONI	1.25	344	iP -
GNI	1.39	152	iP +
KIV	1.31	2	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
27.09.2011	8:58:53	41.3645	43.9901	4.4	12	0.01	0.06	0.04

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
AKH	0.376	277	iP +
BGD	0.309	252	iP -
DMN	0.16	100	iP +
TRL	0.212	26	iP -
ALA	0.622	112	iP +
BYU	1.05	168	iP +
VAN	0.7	144	iP +
NAV	1.14	115	iP +
LIC	1.11	139	iP +
ARZ	0.974	152	iP -
BAU	0.659	111	iP -
GER	1.4	141	iP -
ZAR	21:24:29	190	iP +
QZX	1.08	105	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
23.07.2011	2:49:24	41.3601	43.5449	3.6	8	0.01	0.08	0.05

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
AKH	0.154	346	iP -
BGD	0.04	84	iP +
DMN	0.501	81	iP -
GNI	1.44	140	iP -
EAK	0.576	174	iP -
KZR	0.669	79	iP -
DIG	0.855	188	iP +
ONI	1.32	357	iP -
KIV	1.46	12	iP -
TBL	1.01	61	iP +
VRZ	1.04	64	iP +
TIF	1.06	63	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
06.09.2011	0:35:44	41.3774	44.0401	3.5	16	0.02	0.07	0.03

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
AKH	0.412	275	iP -
BGD	0.348	252	iP +
DMN	0.127	108	iP -
TRL	0.189	17	iP -
KZR	0.282	87	iP -
GNI	1.33	156	iP -
ZEI	1.92	36	iP +
KIV	1.32	357	iP +
ARU	1.09	178	iP -
KAR	1.04	223	iP +
TIF	0.662	58	iP -
DIG	1.08	208	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
22.02.2011	1:24:37	41.3603	43.8741	3.5	15	0.02	0.02	0.20

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
AKH	0.287	280.1	iP +
BGD	0.225	245	iP +
DMN	0.25	96.8	iP +
GNI	1.38	151.1	iP -
EAK	0.702	196.5	iP -
KZR	0.41	86.8	iP -
DIG	1.02	201.8	iP -
TBL	0.748	60	iP +
ZEI	1.41	0.8	iP -
ART	1.47	263.8	iP -
DBO	1.65	270.2	iP +
DBA	1.67	258.9	iP +
KIV	1.33	2.7	iP -
TIF	18:38:53	62.4	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
11.12.2011	14:26:34	41.3541	43.7109	3.4	12	0.01	0.04	0.09

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
AKH	0.67	124	iP +
AMB	1.11	189	iP -
QZX	1.18	157	iP +
GNI	1.49	42	iP -
EAK	0.329	164	iP -
KZR	0.94	56	iP +
ONI	1.29	206	iP +
TBL	0.209	49	iP +
ZEI	1.29	15	iP -
ART	1.23	198	iP -
KIV	1.44	63	iP -
TIF	0.47	37	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
20.05.2012	23:07:26	41.0078	43.9346	3.5	18	0.02	0.04	0.03

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
AKH	0.525	321.4	iP +
BGD	0.364	316.8	iP +
DMN	0.388	31.5	iP +
EAK	0.398	218	iP +
LER	0.43	178	iP +
DIG	0.721	215.9	iP +
KAR	0.741	239	iP +
TBL	0.95	39.4	iP -
GNI	1.05	143.8	iP +
IGD	1.14	174.3	iP -
ERZ	3.7	251.8	iP -
BIN	3.39	232.3	iP -
DBA	1.69	271.3	iP +
KZR	12:40:19	43.6	iP -

TNT	0.76	28.6	iP +
BKR	0.801	336.6	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	ML	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
05.03.2012	11:12:50	41.1145	43.8806	3.4	9	0.02	0.07	0.05

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
AKH	0.418	316	iP +
BGD	0.262	306.2	iP +
EAK	0.471	206.1	iP -
KZR	0.485	55.8	iP -
GNI	1.16	145.5	iP +
IGD	1.25	173	iP -
GAN	1.9	103.3	iP +
ONI	1.51	347.9	iP -
ZKT	2.12	74.7	iP -
DBA	1.65	267.5	iP -
KAR	0.774	230.5	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	ML	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
06.09.2013	16:35:26	41.3696	43.8401	3.8	10	0.02	0.09	0.06

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ARZ	1.03	146.4	iP +
BAU	0.765	108.4	iP -
ZAR	0.879	182.8	iP -
ALA	0.728	108.8	iP -
LIC	1.19	135.6	iP +
TSA	1.57	127.2	iP +
KAP	1.22	148	iP +
VNN	1.26	180.7	iP -
GNI	1.39	150.3	iP +
ZEI	1.41	1.7	iP -
NCK	2.14	355.3	iP +
KBZ	1.1	344	iP +
KIV	1.33	3.6	iP +
ARU	1.1	170	iP +

VRN	1.34	168.4	iP -
AMB	1.03	162.3	iP -
NPP	1.22	169.5	iP -
PAA	1.28	161.1	iP -
ONI	1.26	346.8	iP -
STE	0.554	130.3	iP +
DMN	0.272	96.2	iP -
DIG	1.01	200.6	iP -
TIF	0.797	63.1	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
25.10.2013	23:45:01	41.4496	44.0403	3.5	8	0.01	0.01	0.02

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ARZ	1.03	156	iP +
BAU	0.659	119.3	iP +
ZAR	0.977	191.5	iP +
LIC	1.15	143.9	iP -
TSA	1.51	133.2	iP +
KZR	0.287	101.6	iP -
BGD	0.375	242.2	iP -
AKH	0.411	265.9	iP -
EAK	0.821	203.6	iP +
TBL	0.598	60.7	iP +
QZX	1.07	110.4	iP -
ONI	1.22	339.2	iP +
DBO	1.78	267.7	iP -
GAN	1.9	114	iP +
KBZ	2.44	340.2	iP -
KIV	1.25	357.1	iP -
ARU	1.16	178.1	iP -
TKB	1.19	319	iP +
NCK	2.08	351.1	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
------	------	------------	-------------	----------------	------------	----------	------------	------------

08.08.2013 6:20:27 41.2836 44.0400 3.5 5 0.01 0.03 0.01

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.56	106.2	iP +
NAV	1.07	112.3	iP +
BAU	0.598	105.8	iP +
ZAR	0.821	193.7	iP +
LIC	1.03	138.6	iP -
KZR	0.3	70.1	iP +
BGD	0.332	267.5	iP +
AKH	0.431	287.7	iP +
EAK	0.678	209	iP -
TBL	0.69	49	iP +
QZX	1.03	102	iP -
DIG	1	210.4	iP -
ONI	1.38	341.6	iP -
KBZ	2.59	341.4	iP +
KIV	1.41	357.5	iP -
ARU	1	177.8	iP -
TKB	1.32	323.6	iP -

Data Time Lat. N (°) Long. E (°) M_L Depth (km) ERH (km) ERZ (deg.) RMS (sec.)
18.10.2013 18:57:18 40.8309 43.9741 3.2 10 0.01 0.04 0.05

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ARZ	0.576	125	iP -
LIC	0.798	113.5	iP -
ZAR	0.375	202.1	iP -
TSA	1.22	110	iP -
BGD	0.517	327.3	iP +
ARU	0.558	170.5	iP -
VNN	0.739	188.9	iP -
KAP	0.748	132.8	iP -
GNI	0.897	139	iP +
AKH	0.682	328.3	iP -
GAN	1.79	95.1	iP +
KZR	0.646	31.2	iP -
QZX	1.08	77.4	iP -
KAR	0.698	252.4	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
08.08.2013	6:38:38	41.23	44.02	3.2	15	0.02	0.01	0.06

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.563	100.9	iP +
NAV	1.07	109.5	iP +
BAU	0.601	100.8	iP +
GNI	1.21	152.9	iP +
KZR	0.333	62.8	iP +
BGD	0.319	276.4	iP +
AKH	0.435	294.6	iP +
DIG	0.951	211.2	iP -
KIV	1.46	358.1	iP -
EAK	0.627	210	iP -
ONI	1.42	342.8	iP -
KAR	0.932	229	iP -
ONI	1.42	342.8	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
17.10.2013	15:04:46	40.9536	43.9803	3.3	8	0.01	0.04	0.03

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ARZ	0.647	134.2	iP -
BAU	0.643	74.9	iP -
LIC	0.846	121.2	iP -
ZAR	0.491	197.7	iP -
TSA	1.26	115.3	iP -
STE	0.321	80.9	iP -
LER	0.381	183.4	iP +
KZR	0.542	37.1	iP -
AKH	0.588	321.6	iP -
KAR	0.75	243.8	iP +
TBL	0.966	35.8	iP +
GNI	0.987	143.9	iP -
QZX	1.06	83.7	iP +
ONI	1.68	346.6	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
25.01.2013	20:56:43	40.9742	43.8909	3.3	12	0.02	0.02	0.01

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.669	76.6	iP +
BYU	0.702	155.6	iP -
LIC	0.915	120	iP +
ZAR	0.494	189.4	iP -
GNI	1.04	141.5	iP -
EAK	0.356	217.1	iP +
DIG	0.679	215.3	iP -
GAN	1.87	99.2	iP +
BTL	2.43	44.9	iP -
NCK	2.54	355.2	iP +
KIV	1.72	1.6	iP +
ARU	0.707	167.5	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
07.09.2013	0:34:49	41.3906	43.8689	3	15	0.03	0.05	0.02

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.89	87	iP +
NAV	0.498	164	iP +
LIC	0.367	197	iP -
ZAR	0.987	245	iP +
GNI	1.12	196	iP +
AKH	0.89	14	iP -
DIG	0.792	257	iP -
KZR	0.894	123	iP -
BTL	0.945	142	iP -
EAK	1.112	23	iP +
TBL	1.89	39	iP +
ARU	0.646	312	iP -
ONI	1.09	98	iP -
QZX	0.798	46	iP -
BGD	0.45	329	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
05.06.2013	16:12:52	41.1816	43.8905	3.1	15	0.02	0.04	0.02

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.653	94.9	iP -
ARZ	0.864	141.9	iP +
BYU	0.897	161.2	iP +
ZAR	0.702	186.6	iP -
NAV	1.15	105.4	iP +
BGD	0.235	291.2	iP -
AKH	0.377	307.7	iP +
KZR	0.443	62.8	iP -
EAK	0.538	203.5	iP -
KAR	0.826	227.1	iP -
TBL	0.841	48.8	iP -
DIG	0.859	207.2	iP -
GNI	1.22	147.7	iP +
IGD	1.2	173.7	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
26.05.2014	10:57:44	41.0846	44.1300	4	13	0.01	0.02	0.01

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.472	84.8	iP +
ARZ	0.679	148.9	iP +
NAV	0.946	102.6	iP +
TSA	1.23	123.1	iP -
ZAR	0.653	203.8	iP -
AKH	0.582	304.7	iP +
BGD	0.44	294.9	iP +
VRN	1.03	177.4	iP -
AMB	0.706	172.6	iP -
ONI	1.59	341.6	iP -
STE	0.219	111.4	iP +
KAP	0.871	150.6	iP +
DMN	0.255	11.9	iP -
KZR	0.37	35.3	iP -
BKR	0.805	324.5	iP +
NCK	2.45	350.9	iP +
KBZ	2.8	341.5	iP -

KIV	1.61	355.4	iP +
DIG	0.878	221	iP -
GNI	1.04	153.3	iP -
TKB	1.52	326	iP +
AMR	1.62	333.1	iP +
GOR	0.905	359	iP +
TIF	0.808	37.8	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
09.03.2014	11:31:34	41.4939	43.6306	3.5	16	0.02	0.04	0.03

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.921	113.2	iP +
ARZ	1.23	143.5	iP +
BAU	0.958	112.7	iP +
LIC	1.39	134.6	iP +
TSA	1.77	127.3	iP +
ZAR	1.01	173.4	iP -
ZEI	1.3	8.7	iP -
GNI	1.58	147.6	iP +
NCK	2.01	359.3	iP -
BTL	2.25	57.7	iP +
KBZ	2.3	346.7	iP -
KIV	1.22	11.3	iP -
STE	0.758	130	iP +
KAP	1.42	145.3	iP +
BKR	0.262	338.8	iP -
BRV	21.3	48	iP -
DIG	1.09	190.3	iP -
TKB	0.971	330.5	iP +
GOR	0.611	35.7	iP -
TIF	0.899	75	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
25.08.2014	22:11:28	41.2269	43.7802	3.2	18	0.03	0.02	0.01

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.738	95.8	iP -
ARZ	0.932	138.6	iP -

VAN	0.699	125.7	iP -
ZAR	0.718	179.7	iP -
AKH	0.301	314.3	iP +
BGD	0.151	295.4	iP -
TRL	0.432	35.7	iP -
EAK	0.53	194.3	iP +
KZR	0.511	69	iP -
ZKT	2.18	77.4	iP +
DAG	1.41	265.7	iP +
STE	0.508	113	iP -
GNI	1.28	144.9	iP -
KBZ	2.61	345.9	iP +
NCK	2.3	356.7	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
08.11.2014	8:04:43	41.4106	43.8796	3	5	0.01	0.03	0.01

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.725	113.2	iP +
KEC	2.11	139.1	iP -
ZAR	0.93	184	iP -
ARZ	1.06	149	iP +
TRL	0.232	52.8	iP +
BGD	0.25	234.6	iP +
AKH	0.283	270	iP -
KZR	0.41	93.8	iP +
EAK	0.751	195.4	iP +
KIV	1.28	2.8	iP -
GNI	1.42	152.1	iP +
TKB	1.14	324.7	iP -
IGD	1.55	174.1	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
14.04.2014	0:02:53	41.4316	43.9329	3	5	0.01	0.02	0.02

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.498	123	iP +

ARZ	0.756	265	iP -
NAV	0.468	23	iP -
LIC	1.005	147	iP -
TSA	0.998	128	iP +
AKH	0.269	268	iP +
ZEI	1.113	32	iP -
AMB	0.879	64	iP +
STE	0.265	198	iP -
ONI	0.945	61	iP -
KBZ	0.369	19	iP -
VRN	1.19	73	iP +
GOR	0.984	175	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
16.03.2014	14:28:51	41.3769	43.9607	3	10	0.01	0.02	0.04

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.978	312	iP +
ARZ	1.11	12	iP -
BAU	0.945	236	iP -
LIC	1.48	259	iP -
TSA	1.59	32	iP +
DIG	1.02	95	iP +
TKB	1.4	168	iP -
TSA	1.46	52	iP +
AKH	2.06	94	iP -
ZEI	1.98	48	iP +
AMB	1.999	67	iP +
STE	2.19	39	iP -
ONI	1.36	294	iP -
VRN	1.56	14	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
24.03.2015	16:00:53	41.0849	43.8953	3.9	12	0.04	0.09	0.09

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ARZ	0.788	137.5	iP -
BAU	0.689	86.8	iP +
KEC	1.86	132.8	iP -

VAN	0.564	120.7	iP -
ZAR	0.603	187.7	iP +
KAP	0.972	141.1	iP -
VNN	0.981	183.1	iP -
GNI	1.13	145	iP -
ZEI	1.69	0.2	iP +
NCK	2.43	355	iP +
KBZ	2.75	344.9	iP +
KIV	1.61	1.7	iP +
ARU	0.814	169.2	iP +
BRV	1.5	47	iP -
VRN	1.05	167.4	iP -
AMB	0.751	158.6	iP +
NPP	0.938	168.7	iP -
PAA	1	158	iP -
ONI	1.54	347.8	iP +
STE	0.393	101.6	iP +
DMN	0.342	42.9	iP -
DIG	0.772	210.6	iP -
TKB	1.42	331.9	iP +
AMR	1.54	338.9	iP +
TIF	0.93	46.5	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
25.05.2015	23:49:04	41.3459	43.9700	3.6	5	0.01	0.03	0.2

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ARZ	0.929	149.5	iP -
BAU	0.654	106.2	iP -
BYU	0.996	166.7	iP -
KEC	1.97	138.7	iP -
TSA	1.45	127.7	iP -
VAN	0.662	140.2	iP +
ZAR	0.83	189.8	iP +
GNI	1.29	152.8	iP -
BTL	2.16	50	iP -
KIV	1.39	359.5	iP +
BRV	21.2	47.4	iP -
AKH	0.375	287.2	iP -
BGD	6:44:38	262.9	iP -

STE	0.441	132.7	iP -
KAP	1.12	150.7	iP -
DMN	4:12:00	80.1	iP -
TNT	0.496	42.2	iP -
DIG	0.993	207.2	iP +
TBL	0.719	52.9	iP -
TIF	0.744	55.7	iP -
DAG	1.56	262.5	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
08.01.2015	21:39:42	41.1819	43.7608	3.5	5	0.01	0.04	0.25

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ARZ	0.927	137.1	iP +
BYU	0.934	155.4	iP -
GER	1.39	131	iP +
SHE	3.72	96.8	iP -
VAN	0.7	123.6	iP -
ZAR	0.698	178.5	iP +
VNN	1.08	177.6	iP -
KAP	1.11	140.4	iP -
GNI	1.27	143.9	iP -
EAK	0.507	193.2	iP -
QZX	1.22	95.2	iP -
TKB	1.29	333.6	iP +
GAN	2.01	104.6	iP +
NCK	2.32	357.1	iP +
BRV	21.4	47.3	iP -
DBO	1.58	276.7	iP +
DMN	0.363	65.5	iP -
DIG	0.819	201	iP -
TKB	1.29	333.6	iP +
AMR	1.41	341.1	iP +
TIF	0.942	54.9	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
18.07.2015	17:14:17	41.2646	43.9209	3.3	9	0.02	0.09	0.3

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
---------	-----------------	----------------	----------

ARZ	0.915	146.2	iP -
BAU	0.681	102	iP -
BYU	0.967	164	iP -
KEC	1.97	137.1	iP -
LIC	1.07	134.2	iP -
NAV	1.15	109.6	iP +
VAN	0.658	135.4	iP +
ZAR	0.785	187.6	iP +
GNI	1.27	150.5	iP -
ZEI	1.51	359.4	iP -
BTL	2.21	49.8	iP -
NCK	2.25	354	iP +
KIV	1.43	1	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
27.10.2015	16:18:26	41.4149	43.9563	3.2	12	0.02	0.05	0.45

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.67	115.2	iP +
ARZ	1.03	151.9	iP +
BAU	0.706	114.4	iP -
GER	1.46	141.7	iP +
NAV	1.19	116.8	iP +
ZAR	0.936	187.7	iP +
AKH	0.343	270.1	iP -
BGD	0.301	241.2	iP -
KAR	1.02	219.4	iP -
QZX	1.13	107.8	iP +
GNI	1.39	154.3	iP +
GAN	1.95	112.3	iP -
NCK	2.1	353	iP -
KBZ	2.44	341.9	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
19.04.2015	3:41:47	40.9246	44.3112	3	12	0.01	0.05	0.12

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
---------	-----------------	----------------	----------

ARZ	0.476	152.4	iP +
GER	0.92	135.9	iP +
KEC	1.53	136.6	iP +
LIC	0.632	130.5	iP +
SHE	3.29	93.6	iP -
VAN	0.217	126.7	iP -
ZAR	0.587	221.9	iP -
STE	0.11	43.3	iP +
KZR	0.47	10.6	iP -
GNI	0.839	156.4	iP -
AKH	0.78	309.1	iP +
KBZ	2.99	340.2	iP +
KIV	1.78	351.8	iP -
ONI	1.78	339.4	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
12.07.2016	10:14:03	41.3702	44.0449	4.8	18	0.03	0.07	0.15

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
AKH	0.493	267.8	iP +
BGD	0.446	248.4	iP -
STE	0.469	156.3	iP +
KAP	1.18	159.6	iP -
VNN	1.35	190.8	iP +
NRK	1.48	164.7	iP -
DMN	0.107	159.4	iP +
TRL	0.123	348.3	iP +
KZR	0.205	103.6	iP +
TNT	0.309	40.1	iP -
BKR	0.571	302.3	iP +
EAK	0.849	209	iP -
DIG	1.17	210.3	iP -
BOR	16:49:26	305.4	iP -
GNI	1.36	160.6	iP +
ARZ	0.99	160.2	iP +
BAU	0.584	122.5	iP +
BYU	1.1	175.3	iP -
KEC	1.99	144.3	iP +
LIC	1.1	147.1	iP +
NAV	1.07	121.5	iP +

SHE	3.47	101.8	iP -
VAN	0.701	155.8	iP -
ZAR	0.987	196.4	iP -
TKB	1.25	316.5	iP +
DGN	1.43	317	iP +
AMR	1.32	325.6	iP +
GOR	0.556	356.9	iP -
TI2	0.548	61	iP -
DAG	1.72	258.9	iP -
ART	1.69	262.4	iP -
DBO	1.87	268.2	iP -
DBA	1.89	258.2	iP -
DDA	1.88	254.2	iP -
QZX	0.991	111.6	iP +
GDB	1.4	119.9	iP +
GAN	1.82	114.9	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
21.07.2016	15:17:45	41.3645	44.0111	4.3	10	0.01	0.08	0.22

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
AKH	0.48	231	iP +
BGD	95	12	iP +
STE	0.467	196	iP -
QZX	0.91	31	iP -
TIF	0.54	312	iP +
MAX	0.579	49	iP +
ZAR	0.988	67	iP -
TKB	1.24	184	iP -
DGN	1.49	167	iP -
EAK	0.94	326	iP -
DIG	1.15	97	iP +
BOR	0.84	18	iP -
GNI	1.32	194	iP +
ARZ	1.1	135	iP +
BAU	0.64	18	iP +
BYU	1.16	276	iP -
KEC	2	19	iP +
LIC	1.13	17	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
19.10.2016	3:17:56	41.3669	44.0400	3.7	12	0.02	0.03	0.35

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ARZ	0.957	154.1	iP -
BAU	0.624	112.9	iP -
ZAR	0.899	192.5	iP +
ALA	0.588	113.7	iP -
LIC	1.09	141.4	iP +
TSA	1.45	130.9	iP +
SHE	3.54	100.3	iP -
VAN	0.679	146.9	iP +
GNI	1.32	156.1	iP -
NCK	2.16	351.4	iP +
KBZ	2.51	340.8	iP +
KIV	1.33	357.3	iP -
DIG	1.07	208.3	iP +
TKB	1.25	321.4	iP -
TIF	0.667	57.4	iP -
AKH	0.414	277.1	iP -
BGD	0.345	254.1	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
17.10.2016	8:11:01	41.3975	44.0309	3.7	20	0.03	0.09	0.25

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ARZ	0.988	154.4	iP +
BAU	0.643	115.1	iP -
BYU	1.08	170.2	iP +
KEC	2.01	141.4	iP +
NAV	1.12	117.3	iP +
ZAR	0.927	191.6	iP +
VAN	0.709	147.7	iP +
ZAR	0.927	191.6	iP +
GNI	1.35	156.3	iP +
NCK	2.13	351.5	iP -

STE	0.479	144.4	iP +
ARU	1.11	177.6	iP +
KAP	1.18	154.8	iP +
ONI	1.27	340.3	iP +
VNN	1.3	187.1	iP +
ZEI	1.38	356	iP -
DIG	1.09	207.2	iP -
TIF	0.658	60	iP -
AKH	0.403	273	iP -
BGD	0.347	249	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
15.08.2016	17:41:21	41.1319	43.9246	3.6	10	0.01	0.05	0.15

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ARZ	0.811	141	iP -
BAU	0.666	91	iP -
GER	1.27	133	iP +
NAV	1.11	103.2	iP -
VAN	0.573	126.2	iP -
ZAR	0.656	189.1	iP -
STE	0.385	109.6	iP +
AMB	0.791	161.5	iP -
KAP	0.998	144	iP +
VNN	1.03	184.2	iP -
GNI	1.16	147.3	iP +
NRK	1.26	153.3	iP +
NCK	2.38	354.3	iP -
KBZ	2.7	344.2	iP -
KIV	1.56	0.9	iP +
DIG	0.826	210.2	iP -
AKH	0.426	311.2	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
13.07.2016	15:34:43	41.3446	43.5808	3.6	10	0.01	0.07	0.10

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ARZ	1.14	137.5	iP +
BAU	0.947	103.3	iP +

NAV	1.42	109	iP +
ZAR	0.872	169.7	iP +
AKH	0.096	316.8	iP +
BGD	0.077	169.5	iP +
STE	0.705	118.6	iP -
KAP	1.32	140.2	iP -
VNN	1.25	171.6	iP +
NRK	1.57	148.2	iP +
DMN	0.466	91	iP -
TNT	0.707	62.2	iP -
BKR	0.398	351.7	iP -
DIG	0.938	189.6	iP +
GNI	1.48	143.2	iP +
DGN	1.26	334	iP +
MAR	1.39	320.5	iP -
GOR	0.756	31.3	iP +
SAM	0.992	68.5	iP -
TIF	1.1	67.1	iP -
DAG	1.28	258.7	iP -
ART	1.25	263.4	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
12.07.2016	10:16:01	41.3674	44.0309	3.5	14	0.02	0.09	0.22

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
AKH	9:44:38	277.2	iP +
BGD	0.338	253.7	iP -
STE	0.455	142.2	iP +
KAP	1.15	154.1	iP -
VNN	1.27	187.3	iP +
NRK	1.44	160.4	iP -
DMN	0.131	103.2	iP +
TRL	0.201	18.9	iP +
KZR	0.29	85.6	iP +
TNT	0.422	43.2	iP -
BKR	0.543	313.6	iP +
EAK	0.746	205.5	iP -
DIG	1.07	207.9	iP -
BOR	0.677	314.6	iP -
GNI	1.32	155.8	iP +

ARZ	0.961	153.7	iP +
BAU	0.631	112.6	iP +
BYU	1.05	169.9	iP -
KEC	1.99	140.9	iP +
LIC	1.09	141.1	iP +
NAV	1.11	115.9	iP +
ZAR	0.897	192	iP -
DGN	1.42	321.6	iP +
SAM	0.678	59.9	iP -
ART	1.59	264.4	iP -
DBO	1.77	270.3	iP -
DBA	1.79	259.8	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
13.07.2016	3:17:16	41.3839	44.0472	3.4	15	0.03	0.07	0.16

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ARZ	0.975	154.6	iP +
ALA	0.596	115.5	iP +
BAU	0.632	114.5	iP -
BYU	1.06	170.5	iP +
LIC	1.1	142	iP -
NAV	1.11	117	iP +
VAN	0.696	147.8	iP -
ZAR	0.918	192.2	iP -
GNI	1.34	156.5	iP +
ZEI	1.39	355.7	iP -
NCK	2.14	351.3	iP -
KBZ	2.49	340.7	iP +
KIV	1.31	357.3	iP +
AKH	0.412	274.3	iP +
BGD	0.351	250.9	iP -
DIG	1.09	207.8	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
05.01.2016	12:24:09	41.4359	43.8906	3.4	10	0.01	0.05	0.23

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.719	115.1	iP +
BAU	0.755	114.3	iP +
GER	1.51	140.8	iP +
NAV	1.24	116.6	iP +
SHE	3.67	101	iP -
ZAR	0.951	184.9	iP -
AKH	0.299	266.2	iP -
BGD	0.274	233	iP +
KZR	0.397	96.8	iP +
KAR	1.01	216.7	iP +
DIG	1.09	201.2	iP -
QZX	1.17	108	iP +
DAG	1.53	257.3	iP -
GAN	1.99	112.3	iP +
KIV	1.26	2.2	iP -
NCK	2.08	354.1	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
24.03.2016	3:54:09	40.9343	44.3809	3.2	10	0.01	0.07	0.03

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.341	55.7	iP +
ARZ	0.461	159.7	iP +
BAU	0.369	59.8	iP +
GER	0.886	139.2	iP -
LIC	0.594	135.1	iP +
NAV	0.737	94.6	iP -
VAN	0.18	140.9	iP +
ZAR	0.636	225.4	iP +
AMB	0.559	190.2	iP -
KAP	0.654	158.8	iP -
GNI	0.827	160.6	iP +
VNN	0.933	207.3	iP +
NRK	0.954	167	iP -
AKH	0.822	306	iP -
BGD	0.677	299.9	iP -
QZX	0.76	80	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
02.03.2016	3:43:55	41.4169	43.9500	3.2	8	0.01	0.03	0.2

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.67	115.2	iP +
BAU	0.706	114.4	iP -
GER	1.46	141.7	iP +
LIC	1.17	140.3	iP +
NAV	1.19	116.8	iP +
VAN	0.759	144.6	iP +
ZAR	0.936	187.7	iP -
TRL	0.188	41.7	iP -
BGD	0.301	241.2	iP -
AKH	0.343	270.1	iP -
EAK	0.769	199.8	iP -
DIG	1.09	203.8	iP +
QZX	1.13	107.8	iP +
DAG	1.57	258.4	iP -
GAN	1.95	112.3	iP -
NCK	2.1	353	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
16.03.2106	21:02:10	40.9907	44.4459	3.1	10	0.02	0.04	0.09

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.271	60.9	iP +
BAU	0.301	65.4	iP +
GER	0.905	143.9	iP +
LIC	0.609	142.1	iP +
NAV	0.699	99.9	iP +
ZAR	0.711	224.6	iP +
KZR	0.392	357.3	iP -
AMB	0.627	193.4	iP -
TRL	0.61	336.6	iP +

EAK	0.7	244.5	iP -
KAP	0.696	164.1	iP -
GNI	0.87	164.7	iP -
VNN	1.01	208.1	iP +
AKH	0.827	300.8	iP -
KIV	1.73	348.1	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
04.08.2016	11:26:40	41.3659	44.0204	3.1	12	0.03	0.09	0.07

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ARZ	0.766	145.5	iP +
BAU	0.59	91.2	iP -
LIC	0.929	131.7	iP -
NAV	1.04	104.3	iP -
VAN	0.514	131.3	iP +
ZAR	0.672	195.5	iP +
DMN	0.242	34	iP +
TRL	0.426	9.8	iP -
KZR	0.389	49.6	iP +
AKH	0.485	305.4	iP -
EAK	0.543	215.3	iP +
KAR	0.869	234	iP +
DIG	0.867	214.6	iP +
KIV	1.56	358.2	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
04.08.2016	21:07:03	41.4496	44.0375	3	10	0.01	0.02	0.1

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ARZ	0.997	154.7	iP -
BAU	0.648	115.9	iP -
GER	1.42	143.4	iP +
LIC	1.12	142.3	iP -
NAV	1.13	117.8	iP -

VAN	0.717	148.1	iP +
ZAR	0.936	191.5	iP +
DMN	0.146	118.7	iP -
TRL	0.163	23.4	iP +
KZR	0.29	93.5	iP +
BGD	0.351	247.4	iP +
AKH	0.403	271.5	iP +
KAR	1.06	222.3	iP +
KIV	1.29	357.5	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
24.03.2017	1:24:01	41.4749	43.9306	3.7	5	0.01	0.03	0.04

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.711	119.1	iP +
BYU	1.17	167.2	iP -
VAN	0.816	146.2	iP -
NAV	1.23	119	iP +
LIC	1.22	141.5	iP -
ARZ	1.09	152.6	iP -
MAG	0.561	140.7	iP -
BAU	0.746	118.1	iP -
GER	1.52	142.6	iP -
ZAR	0.994	186.4	iP -
BGD	0.323	230.5	iP -
AKH	0.333	259.7	iP -
STE	0.588	142.9	iP -
EAK	0.821	197.4	iP -
AMB	1.12	167.4	iP -
ARU	1.2	174.1	iP +
GNI	1.46	154.8	iP -
KBZ	2.38	341.8	iP -
KIV	1.22	0.9	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
24.03.2017	1:30:35	41.4874	43.9404	3	5	0.01	0.04	0.09

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.709	120.1	iP +
BYU	1.18	167.7	iP -
VAN	0.821	147	iP -
NAV	1.23	119.5	iP +
LIC	1.23	142.1	iP -
ARZ	1.1	153.2	iP -
MAG	0.564	141.9	iP -
BAU	0.744	119.1	iP -
SHE	3.64	101.9	iP -
GER	1.52	143.1	iP -
ZAR	1	186.8	iP -
TBL	0.647	66.9	iP -
DMN	0.246	127.5	iP +
AKH	0.343	258.3	iP +
KAR	1.08	216.7	iP -
ONI	1.16	341.9	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
18.04.2017	6:49:34	40.9941	44.1472	3.1	19	0.02	0.09	0.12

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.482	74	iP +
BYU	0.667	171.5	iP -
VAN	0.356	124	iP -
NAV	0.923	97.3	iP +
LIC	0.77	128.5	iP -
ARZ	0.599	145.1	iP -
MAG	0.202	77	iP -
BAU	0.516	75.8	iP -
GER	1.05	133.7	iP -
STE	0.196	87	iP +
KZR	0.443	27.8	iP -
EAK	0.505	233.2	iP -
AKH	0.643	311	iP +
ARU	0.711	183.1	iP -
KAP	0.789	147.9	iP -
DIG	0.817	225.5	iP -
KBZ	2.89	341.9	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
18.04.2017	8:28:59	41.4946	44.0871	3	9	0.01	0.03	0.18

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.578	118.6	iP +
BYU	1.08	172.3	iP -
VAN	0.698	150.8	iP -
NAV	1.1	118.7	iP +
LIC	1.1	143.9	iP -
ARZ	0.981	156.7	iP -
MAG	0.437	146.4	iP -
BAU	0.614	117.4	iP -
GER	1.4	144.6	iP -
KZR	0.252	94.1	iP +
DMN	0.114	127.8	iP -
BGD	0.386	249.6	iP +
AKH	0.441	271.4	iP +
NCK	2.13	350.5	iP -
KBZ	2.48	339.9	iP +
KIV	1.29	355.9	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
09.05.2017	6:32:43	41.3275	43.9104	3.1	8	0.01	0.08	0.09

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.665	107.1	iP +
BYU	1.03	164.5	iP -
VAN	0.707	138.4	iP -
NAV	1.18	112.2	iP +
LIC	1.12	136.1	iP -
ARZ	0.97	147.8	iP -
MAG	0.466	127.5	iP -
BAU	0.703	106.7	iP -
ZAR	0.843	186.5	iP -
DMN	0.218	-87.3	iP -
KZR	0.384	80.6	iP +
BGD	0.24	-256.8	iP +
AKH	0.326	286.1	iP +

ONI	1.31	345	iP +
TRL	0.277	33.9	iP -

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
09.05.2017	11:07:24	41.2674	43.9800	3.6	10	0.01	0.09	0.15

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.599	103.1	iP +
BYU	0.956	166.6	iP +
VAN	0.627	138.4	iP +
NAV	1.11	110.4	iP +
LIC	1.04	136	iP +
ARZ	0.891	148.6	iP -
MAG	0.389	125.2	iP -
BAU	0.637	102.9	iP -
ZAR	0.792	190.8	iP -
DMN	0.18	67	iP -
KZR	0.349	69.5	iP +
STE	0.409	129.3	iP -
TRL	0.308	19.4	iP -
BGD	0.287	271	iP +
AKH	0.395	292.4	iP +
ARU	0.984	175.1	iP -
EAK	0.639	206.3	iP -
KBZ	2.59	342.5	iP -
NCK	2.25	352.9	iP -
GAN	1.87	108.4	iP -
ONI	1.38	343.6	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
04.07.2017	06:21:11	40.9369	43.9417	3.7	5	0.02	0.11	0.24

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.643	72.4	iP +
BYU	0.65	157.3	iP +
VAN	0.468	107.2	iP +
NAV	1.07	92.9	iP +
LIC	0.862	119	iP +
ARZ	0.656	131	iP -

MAG	0.364	73	iP -
BAU	0.677	73.9	iP -
EAK	0.351	226.1	iP -
STE	0.354	78.5	iP -
AMB	0.598	156.7	iP +
DIG	0.671	220	iP -
KAR	0.714	244.1	iP -
KAP	0.834	136.7	iP +
AE01	0.946	164	iP +
GNI	0.989	141.8	iP -
AE03	0.468	45	iP +
GP29	0.245	165.2	iP -

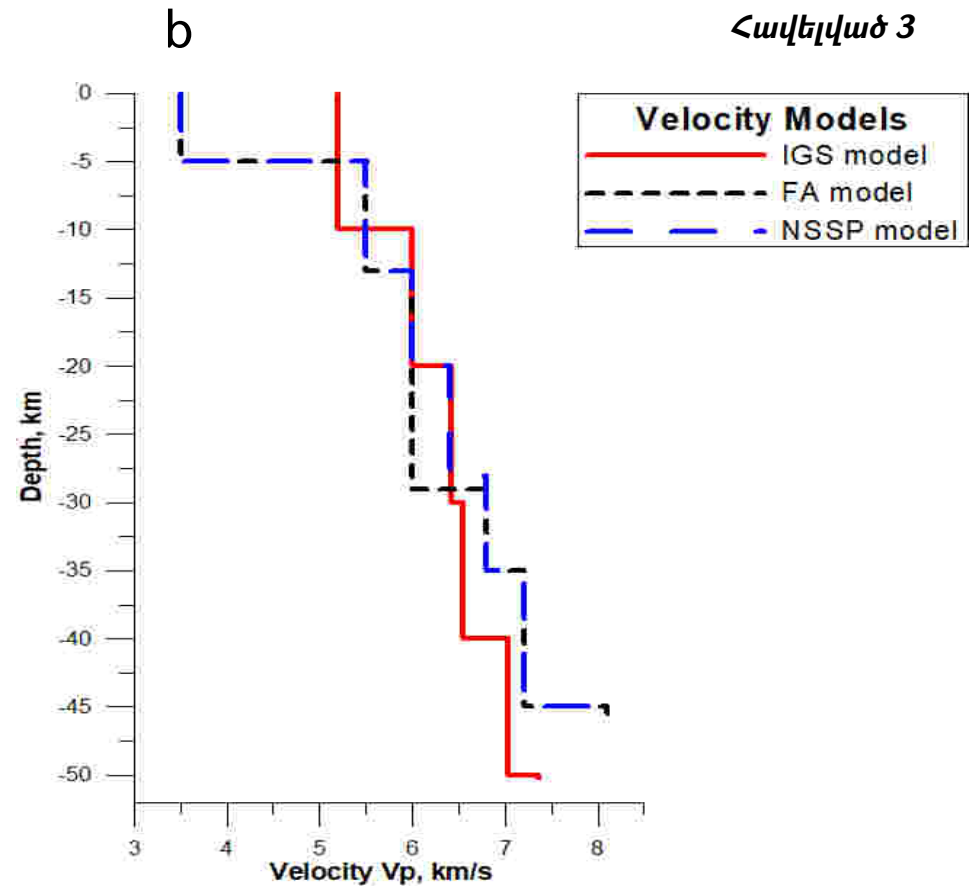
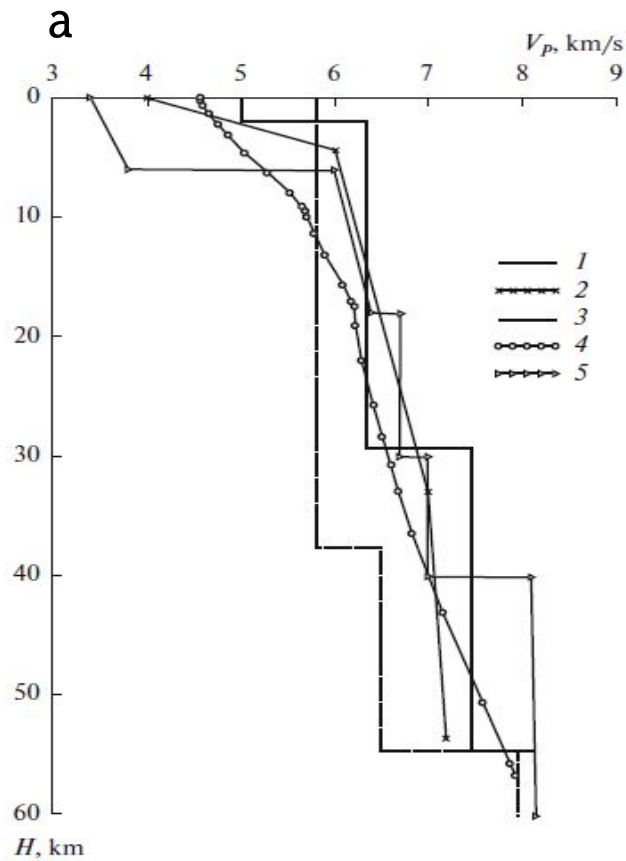
Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M_L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
15.08.2017	5:12:01	40.9344	43.9258	3.2	8	0.01	0.09	0.14

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.658	72.8	iP +
BYU	0.656	156	iP +
VAN	0.482	106.7	iP +
NAV	1.08	92.9	iP +
LIC	0.876	118.5	iP +
ARZ	0.667	130.2	iP -
MAG	0.378	73.7	iP -
BAU	0.692	74.2	iP -
GER	1.14	125.6	iP -
ZAR	0.46	193	iP +
EAK	0.34	224.3	iP -
BGD	0.413	324.2	iP -
DMN	0.452	27.7	iP +
AKH	0.577	326.3	iP -
KZR	0.586	39.4	iP -
AMB	0.604	155.4	iP -
ARU	0.663	168.7	iP -
AP15	1.11	145	iP +
KAP	0.845	136	iP -
AP04	0.78	164	iP +
DIG	0.661	219	iP -
KAR	0.701	243.6	iP -

GNI	0.998	141.1	iP -
KIV	1.76	0.8	iP +

Data	Time	Lat. N (°)	Long. E (°)	M _L	Depth (km)	ERH (km)	ERZ (deg.)	RMS (sec.)
11.01.2017	19:29:01	41.3759	43.9504	3.2	12	0.03	0.11	0.23

Station	Distance (deg.)	Azimuth (deg.)	U/D pick
ALA	0.72	149	iP +
BYU	0.649	249	iP +
VAN	0.54	32	iP +
NAV	1.094	67	iP -
LIC	0.89	317	iP -
ARZ	0.71	264	iP +
MAG	0.389	89	iP -
BAU	0.71	61	iP +
BGD	0.424	216	iP +
GP21	0.546	167	iP -
DMN	0.446	318	iP +
AKH	0.499	313	iP -
GER	0.549	94	iP -
GP27	0.341	38	iP -
ZAR	0.49	67	iP +
EAK	0.39	19	iP -
AMB	0.599	294	iP +
ARU	0.671	273	iP +



Կիրառվել արագությունների մոդելների համադրում և միջինացված արագության մոդելի ընտրություն՝ երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմների հաշվարկի համար

a) [75] տվյալների համաձայն

b) Սև կետագծերով նշված է մեր կողմից կիրառված արագությունների մոդելը