ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ, ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՃԱՐՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ԱՆՈՒՇ ԱՇՈՏԻ ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ՀՅՈՒՍԻՍԱՅԻՆ ԵՎ ԱՐԵՎՄՏՅԱՆ ՍԵՅՍՄԱԿՏԻՎ ՇՐՋԱՆՆԵՐՈՒՄ GNSS ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ ԳԵՈԴԵԶԻԱԿԱՆ ՄՈՆԻԹՈՐԻՆԳԻ ՄԵԹՈԴԻ ԶԱՐԳԱՑՈՒՄԸ ԵՎ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ

Ե.23.06 - «Գեոդեզիա, ներառյալ քարտեզագրություն և կադաստր» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր

ԵՐԵՎԱՆ 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА АРМЕНИИ

МАРГАРЯН АНУШ АШОТОВНА

РАЗВИТИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GNSS ТЕХНОЛОГИЙ В СЕВЕРНОЙ И ЗАПАДНОЙ СЕЙСМОАКТИВНЫХ РЕГИОНАХ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.06 - «Геодезия, включая картографию и кадастр»

ЕРЕВАН - 2021

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանում

Գիտական ղեկավար՝
տեխն. գիտ. թեկնածու, դոցենտ Լ.Վ. Մանուկյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝
տեխն. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր Պ.Ս. Էֆենդյան
երկր.-հանք. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր Ս.Ն. Նազարեթյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ ՀՀ ԱԻՆ «Սեյսմիկ պաշտպանության ծառայություն» ՊՈԱԿ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2021 թ. օգոստոսի 30-ին, ժամը 12^{00}-ին Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանին կից գործող ՀՀ ԲՈԿ-ի «Շինարարություն» 030 մասնագիտական խորհրդում: Հասցե՝ 0009, ք. Երևան, Տերյան փող. 105:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՃՇՀԱՀ-ի գիտական գրադարանում: Հասցե՝ 0079, ք. Երևան, Մառի փող. 17/1:
Սեղմագրին կարելի է ծանոթանալ ՃՇՀԱՀ-ի պաշտոնական կայքում՝ www.nuaca.am:
Սեղմագիրն առաքված է 2021 թ. հուլիսի 9-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար՝
տեխն. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր Է.Հ. Խաչատրյան

Тема диссертации утверждена в Национальном университете архитектуры и строительства Армении.

Научный руководитель:
канд. техн. наук, доцент Манукян Л.В.
Официальные оппоненты:
доктор техн. наук, профессор Эфендян П.С.
доктор геол.-мин. наук, профессор Назаретян С.Н.

Ведущая организация: «Территориальная служба сейсмической защиты» ГНКО

Защита диссертации состоится 30-го августа 2021 г. в 12^{00} часов на заседании специализированного совета 030 «Строительство» ВАК РА, действующего при Национальном университете архитектуры и строительства Армении по адресу 0009, г. Ереван, ул. Теряна, 105.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НУАСА по адресу: 0079, г. Ереван, ул. Марра, 17/1.
С авторефератом можно ознакомиться на официальном сайте НУАСА: www.nuaca.am
Автореферат разослан 9-го июля 2021 г.

Ученый секретарь специализированного совета,
доктор техн. наук, профессор Хачатрян Э.А.

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

<u>Թեմայի արդիականությունը:</u> Այսօր, բազմաթիվ տարածաշրջաններ ու պետություններ գեոդեզիական տեղային ուսումնասիրությունների, այդ թվում երկրակեղևի ժամանակակից շարժերի համար, օգտագործում են GNSS (*Global Navigation Satellite System*) տեխնոլոգիական ցանցեր, որոնցում չափումները կատարվում են պարբերական, փուլային կամ առցանց մշտադիտարկման (մոնիթորինգի) ռեժիմով: Արբանյակային դիտարկումների մեթոդներով գեոդինամիկական հետազոտություններ կատարելու համար հատուկ ուշադրություն է դարձվում գլոբալ նավիգացիոն արբանյակային համակարգերից կազմված ցանցի կայանների նախագծմանը: Երկրաշարժերի կանխատեսման խնդիրների լուծմանը մի փոքր մոտենալու նպատակով GNSS ցանցերի նախագծման համար կարևոր նշանակություն ունեն սեյսմաակտիվ գոտիների դեֆորմացիոն գործընթացների բնութագրերը:

GNSS կայանների միջոցով որոշված տեղաշարժերի վերաբերյալ տեղեկատվության վերլուծությունը թույլ է տալիս կազմել երկրակեղևի ժամանակակից շարժերի մանրամասն քարտեզը, ինչպես հորիզոնական, այնպես էլ ուղղաձիգ պարամետրերով:

Գիտական խնդիրների շարքում կարելի է առանձնացնել նաև հետսեյսմիկ գործընթացի ռելակսացիոն երևույթների ուսումնասիրումը, երբ ցանցը ծածկում է երկրաշարժի ենթարկված գոտու առնվազն կեսը: Վերլուծելով բոլոր կայանների վեկտորային շարժը՝ հնարավոր է բավականին մեծ ճշտությամբ արձանագրել ակտիվ խզվածքների տարածական դիրքը, որն իր հերթին կօգնի տեղանքում նախագծել և գործարկել կոմբինացված (համակցված) սեյսմիկ ցանցեր՝ համադրելով երկրաշարժագիտական և գեոդեզիական ժամանակակից սարքավորումներ: Նոր տեխնոլոգիաների արագ զարգացման շնորհիվ, վերջին տարիներին գեոդեզիական նորագույն սարքավորումները կարող են աշխատել առցանց ռեժիմում և ժամանակակից ծրագրային փաթեթների ու կապի միջոցների օգնությամբ փոխանցել տեղեկատվությունը համակարգչին՝ անկախ չափումներ իրականացնելու վայրի հեռավորությունից, ինչպես նաև անոմալիաների գրանցման դեպքում կատարել ավտոմատ ահազանգում, ինչը բարձրացնում է կառավարման արդյունավետությունը և անվտանգության աստիճանը:

<u>Աշխատանքի նպատակը և խնդիրները:</u> Աշխատանքի հիմնական նպատակն է ցույց տալ գեոդեզիական գործիքների, մասնավորապես արբանյակային տեխնոլոգիաների կիրառման անհրաժեշտությունը սեյսմիկ ուսումնասիրությունների կատարման գործընթացում՝ ապացուցելով վերջիններիս տվյալների հիմնարարության և վստահելիության փաստը: Նշված նպատակին հասնելու համար անհրաժեշտ է եղել լուծել հետևյալ խնդիրները.

- կատարել խզվածքների հակադիր մասերի միմյանց հանդեպ տեղաշարժ-

ման վեկտորների ուղղությունների ճշգրիտ հաշվարկը՝ կիրառելով արբանյակային տեխնոլոգիաներ,

- կատարել վերլուծություն ՀՀ տարածքում գտնվող սեյսմաակտիվ խզվածքների փոխադարձ ազդեցության վերաբերյալ,
- համատեղ մշտադիտարկումների հիման վրա, աշխարհագրական տեղեկատվական համակարգերի միջոցով, գեոդինամիկական պոլիգոններում կատարել տեղի ունեցած հորիզոնական և ուղղաձիգ տեղաշարժերի տարածաժամանակային վերլուծություններ և մոդելավորում,
- իրականացնել ՀՀ-ում մշտական գործող բոլոր առկա ռեֆերենց կայանների ցանցերի ընդհանուր և պարբերաբար հավասարակշռումներ՝ լուծելով դրանց տարեկան տեղաշարժերի խնդիրները,
- վերլուծել ՀՀ-ում 2021 թ. փետրվարի 13-ին տեղի ունեցած երկրաշարժի հետևանքով մշտական գործող ռեֆերենց կայանների հորիզոնական և ուղղաձիգ տեղաշարժերը՝ կոորդինատային տվյալներով և գրաֆիկներով:

<u>Աշխատանքի գիտական նորույթը</u>

- հիմնավորվել է ՀՀ հյուսիսային և արևմտյան սեյսմաակտիվ տարածաշրջանների տեղաշարժերի վերահսկման առցանց համակարգի մշակումը GNSS համակարգերի ներդրման միջոցով, ելնելով Հայաստանի Հանրապետության ֆիզիկաաշխարհագրական առանձնահատկություններից,
- հիմնավորվել է արբանյակային տեխնոլոգիաների կիրառմամբ չափումների արդյունավետության և չափումներից ստացված տվյալների վերլուծության վերջնարդյունքների հավաստիության առավելությունները չափումների ավանդական եղանակների նկատմամբ,
- առաջին անգամ կատարվել է գոյություն ունեցող ակտիվ խզվածքների գեոդեզիական մշտադիտարկումների արդյունքում ստացված երկրակեղևի տեղաշարժերի տվյալների տարածաժամանակային մոդելավորում,
- առաջին անգամ իրականացվել է ՀՀ ազգային գեոդեզիական ցանցի մշտական գործող 12 ռեֆերենց կայանների ցանցի և ՀՀ Գիտությունների Ազգային Ակադեմիայի Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի 6 GPS կայաններից ստացված տվյալների գիտական վերլուծություն և առաջարկվել է նշված 6 կայանները ներառել մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանցի կազմում:

<u>Հետազոտությունների մեթոդները:</u> Աշխատանքում օգտագործվել են տարբեր ժամանակահատվածների և տարբեր մեթոդներով հավաքագրված տվյալների համընդհանուր վերլուծություն: Օգտագործվել են ստատիկ չափումներից, առանձին գործող բազային կայաններից, մշտական գործող ռեֆերենց կայաններից ստացված տվյալների վերլուծություն՝ տարբեր միջավայրերում և տարբեր համակարգերով: Ստացված արդյունքների գրաֆիկական պատկերման մեթոդաբանությունը թույլ է տվել հստակ ընկալելի դարձնել Հայաստանի Հանրապետության տարածքում կատարվող սեյսմիկ գործընթացները:

Աշխատանքի գործնական նշանակությունը և հնարավոր ներդրումը: Գեոդեզիական մեթոդների առավելությունը կայանում է նրանում, որ կստեղծվի հնարավորություն կատարել տեղաշարժման վեկտորների հաշվարկ մեծ տարածությունների վրա և պահպանել ճշտության սանտիմետրային մակարդակ, ինչպես նաև միասնական համակարգում ստանալ տարածաշրջանի տարածաժամանակային մոդելավորումը:

Քաղաքացիական պաշտպանության տեսանկյունից գեոդեզիական ուսումնասիրությունները հիմք կհանդիսանան արագ արձագանքման և անվտանգ միջավայրի ստեղծման համար, քանի որ սեյսմիկ տվյալների առցանց առկայությունը ենթադրում է ամենաաննշան անոմալիայի գրանցում:

Ստացված տվյալները կբարձրացնեն դիտարկումների արդյունքների ճշտությունն ու արդյունավետությունը՝ տնտեսելով զգալի ֆինանսական միջոցներ ու աշխատանքային ռեսուրսներ:

Պաշտպանության է ներկայացվում.

- ՀՀ տարածքում Երկրի մակերևույթի շարժումների, գեոդինամիկական պոլիգոններում գեոդեզիական փուլային դիտարկումների արդյունքում ստացված տվյալների վերլուծությունը,
- ժամանակակից արբանյակային տեխնոլոգիաների կիրառմամբ գեոդինամիկ գործընթացների դիտարկումների անհրաժեշտության և կարևորության հիմնավորումը,
- ՀՀ ազգային գեոդեզիական ցանցում ՀՀ Գիտությունների Ազգային Ակադեմիայի Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի կողմից տեղադրված 6 կայանների ինտեգրման և հավասարակշռման նախնական արդյունքները,
- համատեղ մշտադիտարկումների արդյունքների տվյալների հիման վրա ստացված տվյալների տարածաժամանակային մոդելավորումը,
- ՀՀ-ում 2021 թ. փետրվարի 13-ին տեղի ունեցած երկրաշարժի հետևանքով մշտական գործող ռեֆերենց կայանների կոորդինատների հորիզոնական և ուղղաձիգ տեղաշարժերի՝ տարբեր ժամային պարբերականություններով (երկրաշարժից 5 օր, 2 ժամ և 10 րոպե առաջ և հետո, ինչպես նաև հենց երկրաշարժի գրանցման վայրկյանին) ստացված մշտադիտարկումների գրաֆիկների վերլուծությունները:

Հրատարակված աշխատանքները, զեկուցումները: Ատենախոսության հիմնական դրույթները հրապարակված են 8 գիտական հոդվածներում: Ուսումնասիրությունների արդյունքների վերաբերյալ ներկայացվել են զեկույցներ Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանի ինժեներական գեոդեզիայի ամբիոնի նիստերում, Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանի ամենամյա միջազգային գիտաժողովում (2020 թ.):

Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը: Ատենախոսությունը շարա-

դրված է 114 համակարգչային էջերի վրա, բաղկացած է ներածությունից, երեք գլխից, եզրակացություններից և առաջարկություններից, 105 անուն օգտագործված գրականության ցանկից, ներառում է 11 աղյուսակ և 40 նկար:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԱՄԱՌՈՏ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

<u>Առաջին գլխում</u> կատարվել է երկրաշարժերի նախադրյալներ հանդիսացող երկրակեղևի դինամիկ գործընթացների և դեֆորմացիոն երևույթների ուսումնասիրություններ: Անդրադարձ է կատարվել արբանյակային տեխնոլոգիաների ինտենսիվ ներդրման շնորհիվ այն ուղղության զարգացմանը, որն ուսումնասիրում է Երկրի դինամիկ արձագանքը՝ տարբեր ուժերի ազդեցություններին:

Տրվել է երկրաշարժերի դեֆորմացիոն նախանշանների դիտարկումների եղանակների նկարագիրը գլոբալ նավիգացիոն արբանյակային համակարգերի և գեոդեզիական ավանդական սարքավորումների միջոցով: Երկրաշարժերի դեֆորմացիոն նախանշանների դիտարկումները, գեոդեզիական մոնիթորինգի տվյալների հիման վրա, ապահովում են սեյսմիկ ակտիվ գոտիներում և դրանց շուրջը ստեղծված միասնական տարածաժամանակային համակարգերում սեյսմիկ սարքավորումների տեղադրման առավել նպատակահարմար և նպաստավոր վայրերի ընտրությունը: Գեոդեզիական ավանդական եղանակներով մեթոդի կիրառումը այժմ քիչ նպատակահարմար է՝ կապված առաջացող ծախսերից, ժամանակահատվածից, եղանակային պայմանների ազդեցությունից և ավտոմատացման գործընթացի անհնարինությունից: Երկրակեղևի տեղաշարժերի ուսումնասիրությունների ժամանակ GNSS համակարգերի կիրառմամբ կարող ենք միաժամանակ արձանագրել ինչպես հորիզոնական, այնպես էլ ուղղաձիգ ուղղություններով տեղաշարժերը: Այսպիսով, համապարփակ վերլուծություններ կատարելու համար անհրաժեշտ է համադրել ավանդական եղանակների և արբանյակային գեոդեզիական եղանակների չափումների տվյալները, դրանք մշակել մեկ միասնական հարթակում: Երկրաֆիզիկական խնդիրների լուծման մեծ մասի համար կետի տեղադիրքի հանութագրումն իրականացվում է օրական մեկ անգամ, իսկ սեյսմիկ կիրառությունների դեպքում՝ դրանք կարելի է և անհրաժեշտ է իրականացնել յուրաքանչյուր վայրկյանը մեկ՝ հաշվի առնելով, որ ժամանակակից սարքավորումները ունեն այդ հնարավորությունը:

Ուսումնասիրությունները թույլ են տալիս վստահաբար ասել, որ ունենալով GNSS տեխնոլոգիաների միջոցով արձանագրված պլանաբարձունքային տեղաշարժերը և վերջիններս համատեղելով սեյսմիկ տվյալների հետ, կարելի է ստանալ առավել հուսալի համապարփակ արդյունք:

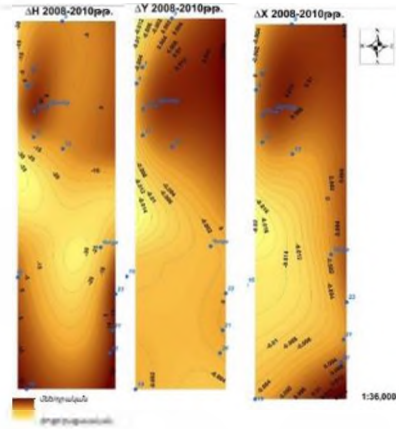
<u>Երկրորդ գլխում</u> նկարագրվել է ՀՀ տարածքի երկրաբանական կառուցվածքը և ՀՀ սեյսմաակտիվ խզվածքները: Ուսումնասիրվել են ՀՀ որոշ ակտիվ խզվածքների գեոդեզիական չափումները, որոնք իրականացվել են

չափման տարբեր մեթոդներով, նկարագրվել է ՀՀ ազգային գեոդեզիական ցանցի և ՀՀ բարձունքային ցանցի արդի վիճակը, ինչպես նաև 2013 թ. Հայաստանի Հանրապետությունում ստեղծված մշտական գործող 12 ռեֆերենց կայաններից կազմված ցանցը (ՄԳՌԿՑ), որը ՀՀ տարածքում ակտիվ սեյսմիկ խզվածքների գոտիներում երկրակեղևի ուղղաձիգ և հորիզոնական տեղաշարժերի ուսումնասիրման և հայտնաբերման համար հանդիսանում է որպես GNSS տեխնոլոգիաների ներդրման կարևորագույն բաղադրիչ: Բերված է կոորդինատների որոշումների ճշգրտության բարձր մակարդակի կիրառական նշանակությունը, այն ձեռք է բերվում արբանյակային մեթոդների կիրառման միջոցով, որոնք էլ իրենց հերթին ապահովում են տվյալների ստացման մեծ արագություն, ինչն էլ հնարավորություն է տալիս ավելի օպերատիվ և մանրամասն ուսումնասիրել երկրի ընդերքում տեղի ունեցող դինամիկ գործընթացները: Ուսումնասիրվել են հանրապետությունում երկրակեղևի հորիզոնական և ուղղաձիգ տեղաշարժերի համար կատարված տարբեր աշխատանքներ, որի արդյունքում պարզվել է, որ տարբեր կառույցներ գործել են իրարից անջատ, սակայն համաշխարհային փորձը ցույց է տալիս, որ երկրաշարժերի կանխագուշակման, սեյսմիկ ռիսկերի գնահատման աշխատանքները պետք է կատարվեն համատեղ՝ գեոդեզիական, երկրաբանական, երկրաֆիզիկական, սեյսմոլոգիական մասնագետների հետ: Այդպիսի աշխատանքների արդյունքում հնարավոր կլինի տեղեկատվությունը և վերլուծությունների տվյալներն ինտեգրել և դրանք պահպանել մեկ միասնական համակարգում, որտեղ ընդգրկված կլինեն բնակավայրերը, գեոդինամիկական պոլիգոնների տարածաշրջանները, երկրակեղևի խզվածքները, սեյսմիկ կայանների տեղերը, ՀՀ մշտական գործող ռեֆերենց ցանցի կայանների տեղադիրքերը:

Ուսումնասիրվել և վերլուծվել են ՀՀ Կադաստրի կոմիտեի 2008-2010 թթ. ընկած ժամանակահատվածում Մերձերևանյան գեոդինամիկական պոլիգոնում և 2014-2016 թթ. Սպիտակի գեոդինամիկական պոլիգոնում կատարված փուլային գեոդեզիական աշխատանքների արդյունքները: Մերձերևանյան գեոդինամիկական պոլիգոնում դիտարկումները կատարվել են տարեկան մեկ փուլով, որոնք իրականացվել են ընդհատումներով, ինչն էլ թույլ չի տվել արձանագրել պոլիգոնում Գառնի բնակավայրի մոտակայքում փուլային դիտարկումների ժամանակահատվածում տեղի ունեցած 5,5 բալանոց երկրաշարժից առաջ և հետո հիմնակետերի տեղաշարժերի դինամիկան: Երկրաշարժի ազդեցության գնահատման նպատակով, լրացուցիչ դիտարկումների իրականացնելու անհրաժեշտությունից ելնելով, օգտագործվել են մարդկային և ֆինանսական չնախատեսված ռեսուրսներ, ինչն ազդել է աշխատանքների ինքնարժեքի վրա: Կատարված միջոցառումներն որոշ դեպքերում եղել են ոչ ստատիկ, իրականացվել են կարճ ժամանակահատվածում, ինչը չէր կարող ապահովել երկրակեղևի տեղաշարժերի մշտական դինամիկայի գնահատումը:

Վերը նշվածն առավել արդյունավետ և առավել ճշգրիտ հնարավոր կլիներ իրականացնել մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանց ունենալու դեպքում:

Սպիտակի գեոդինամիկական պոլիգոնում դիտարկումները ևս կատարվել են 3 փուլով, չափման արդյունքները հավասարակշռվել են՝ օգտագործելով ՀՀ տարածքում 2013 թ. ստեղծված մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանցի տվյալ տարածաշրջանին մոտ գտնվող կայանի դիտարկված տվյալները վերափոխելով RINEX ձևաչափի: Սակայն, հարկ է նշել, որ դիտարկման ժամանակահատվածում մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանցը եղել է նորաստեղծ, իսկ, ելնելով վերջիններիս որակական հատկանիշների բնութագրերից՝ աշխատանքի ժամանակագրական տևողություն, կայանների աշխատանքային գործունեության ընթացքում տարբեր ազդեցությունների ենթարկում, կայանների ապամոնտաժում և վերատեղադրում, ակնհայտ է, որ տվյալ ժամանակահատվածում հավաքագրված տվյալները չէին կարող ապահովել Սպիտակի գեոդինամիկական պոլիգոնում տեղադրված հիմնակետերի հավասարակշռման համար անհրաժեշտ ճշտություն:



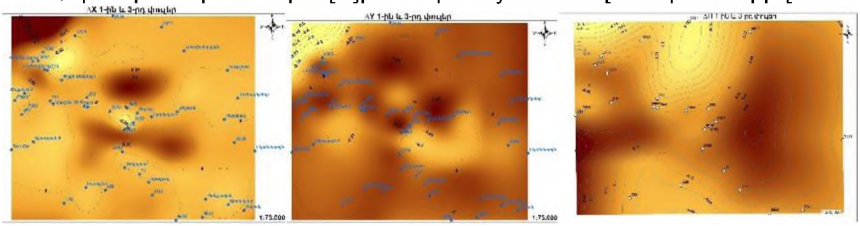
Նկ. 1. Մերձերևանյան գեոդինամիկական պոլիգոնի գեոդեզիական փուլային դիտարկումների վերլուծությունը

Առաջարկված մեթոդաբանությամբ վերլուծությունների արդյունավետությունը գնահատելու համար իրականացվել է Սպիտակի և Մերձերևանյան գեոդինամիկական պոլիգոններում իրականացված փուլային գեոդեզիական դիտարկումների արդյունքների վերլուծություն ArcGIS ծրագրային փաթեթով, որով հնարավորություն է ստեղծվել միևնույն ժամանակ և միևնույն հարթակում ունենալ տվյալների բազաները, կետերի դիրքերը և վերջիններիս տարածաժամանակային փոփոխությունները (նկ. 1):

Մերձերևանյան գեոդինամիկական 2010 թթ. նկատվել է հյուսիսային հատվածների հորիզոնական տեղաշարժ դեպի հյուսիս-արևելք, կենտրոնական հատվածներում՝ հարավ-արևմուտք, իսկ հարավային հատվածներում հիմնական տեղաշարժի վեկտորը հյուսիսային ուղղությամբ է եղել, ինչը թույլ է տալիս եզրակացնել, որ ամբողջ պոլիգոնի հյուսիսային և հարավային հատվածներում տեղի են ունենում հորստային գործընթացներ, իսկ կենտրոնական մասում՝ գրաբենային:

Ուսումնասիրելով Սպիտակի գեոդինամիկական պոլիգոնի փուլային դիտարկումների արդյունքները և իրականացնելով դրանց համապարփակ վեր-

լուծությունը, ակնհայտ է, որ նշված պոլիգոնի հյուսիս-արևմտյան հատվածը ամբողջությամբ տեղաշարժվում է նույն՝ հյուսիս-արևմտյան ուղղությամբ մինչև 50 մմ, կենտրոնական, հարավային և արևմտյան հատվածներում հորիզոնա-



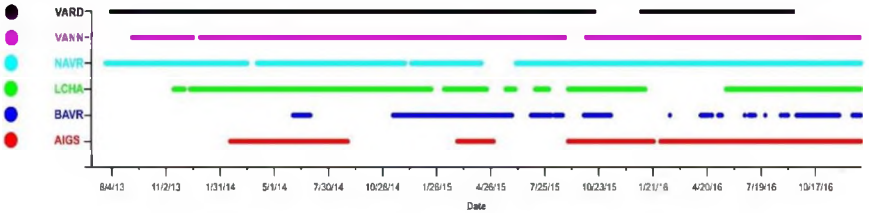
Նկ. 2. Սպիտակի գեոդինամիկական պոլիգոնի 2014-2016 թթ. գեոդեզիական փուլային դիտարկումների վերլուծությունը

կան տեղաշարժերը փոքր են կամ բացակայում են (նկ. 2): Այսպիսով, համեմատելով երկու գեոդինամիկական պոլիգոնների հորիզոնական բաղադրիչներով տարածաժամանակային տեղաշարժերի վերլուծությունները, կարելի է փաստել, որ երկու պոլիգոններում էլ նկատվում է տեղաշարժեր հյուսիսային և հյուսիս-արևմտյան ուղղությամբ: Նշված երկու տեղամասերում ուղղաձիգ բաղադրիչներով նկատվում են և իջեցումներ և բարձրացումներ 30-50 մմ սահմաններում:

Նման մոդելավորման և քարտեզագրման արդյունքում ստացված տվյալների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ, ի տարբերություն գեոդեզիական ավանդական վերլուծությունների, որտեղ տեղեկատվությունը կետային է, այս դեպքում ունենում ենք գեոդինամիկական պոլիգոններում տեղի ունեցած տեղաշարժերի տարածական պատկերը:

<u>Երրորդ գլխում</u> տրվել է գեոդեզիական մոնիթորինգի մեթոդի և GNSS գլոբալ նավիգացիոն արբանյակային համակարգերի կիրառման և զարգացման հիմնախնդիրները: Տրվել է ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի 6 GNSS կայանների աշխատանքի ընդհանուր նկարագիրը և ստացված տվյալների համեմատական վերլուծությունը: Նշված կայաններն Արուճի IGS կայանի հետ միասին գրեթե ծածկում են ՀՀ տարածքը, նրանց աշխատանքի արդյունքում ստացված GNSS տվյալները հնարավորություն են տալիս որոշելու այդ կայանների տեղադիրքի տեղաշարժերը և ստանալ ՀՀ տարածաշրջանի երկրակեղևի դեֆորմացիաները: Նշված կայաններից տվյալների բեռնումն իրականացվում է մեխանիկորեն՝ երեք ամիսը մեկ անգամ: Որոշակի ժամանակահատվածի համար այդ տվյալների հասանելիությունը տրված է նկ. 3-ում: Պատկերից հասկանալի է նաև, որ չունենալով առցանց վերահսկողական և կառավարման մեխանիզմ, կայանների աշխատանքներում տեղի են ունեցել չափումների ընդատումներ, որոնց վերաբերյալ մենք կարողանում ենք իմանալ միայն տվյալները երեք ամիս հետո ներբեռնելու միջոցով:

Իսկ սա էլ իր հերթին խնդիրներ է առաջացնում տվյալների վերլուծության գործընթացում: Ցանցի գլոբալ ռեֆերենց շրջանակը ներկայացնելու համար մեր կողմից ներմուծվել են նաև միջազգային GNSS ծառայության 9 IGS կայան-



Նկ. 3. ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ-ի 6 GNSS կայանների տվյալների հասանելիությունը

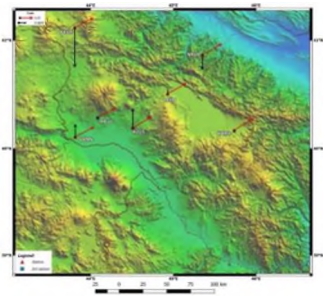
ներ, որոնք ընտրվել են այն սկզբունքով, որ հեռավորությունը Հայաստանից չգերազանցի 3000 կմ: Կետերի ընտրության ժամանակ վերլուծվել է յուրաքանչյուր կայանի տվյալների հասանելիությունը, վերջիններս ընտրվել են այնպես, որ ապահովեն դիտարկման միատեսակ տվյալներ և չունենան դիտարկումների մեծ ընդհատումներ: Կայաններից ստացված տվյալները մշակվել և հաշվարկվել են Bernese ծրագրային փաթեթով, մշակման առաջին արդյունքները եղել են կայանների ամենօրյա կոորդինատները: Կետերի վերջնական կոորդինատների և արագությունների գնահատման տվյալները ստանալու համար օգտագործել ենք Bernese ADDNEQ2 ծրագրային փաթեթը: Որպես վերջնական արդյունք միացնելով օրական արդյունքները ստացվել է կայանների վերջնական կոորդինատները և արագությունները ITRF2008 գլոբալ ռեֆերենց համակարգում (աղ. 1) (նկ. 4):

Աղյուսակ 1

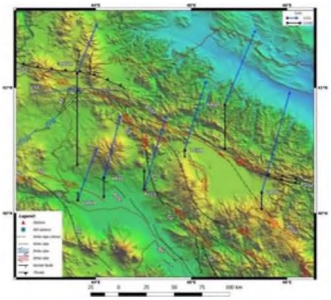
ՀՀ տարածքի 6 GPS կայանների և ելակետային ITRF կայանների կոորդինատների և վեկտորային տեղաշարժերի տվյալները

Անվանումը	ITRF2008 (ժամանակահատված՝ 2015.01.01)					
	լայնություն (°)	երկայնություն (°)	էլ. բարձրություն (°)	V հյուսիս (մ/տարի)	V արևելք (մ/տարի)	V ուղղաձիգ (մ/տարի)
1	2	3	4	5	6	7
AIGS	40.19186630	44.50934150	1069.5647	0.0286	0.0170	0.0013
ARUC	40.28571240	44.08558290	1222.1230	0.0281	0.0161	-0.0002
BAVR	41.11656910	43.80690880	2134.0501	0.0283	0.0150	-0.0026
BUCU	44.46394370	26.12574050	143.2592	0.0231	0.0115	0.0002
DRAG	31.59320050	35.39206990	31.8959	0.0222	0.0204	0.0042
HYDE	17.41725990	78.55087040	441.5706	0.0390	0.0388	0.0074
ISTA	41.10444640	29.01934010	147.2802	0.0247	0.0123	-0.0019
KIT3	39.13476630	66.88544500	622.3219	0.0252	0.0063	-0.0005
LCHA	40.50761410	44.93193100	1981.6374	0.0286	0.0165	0.0003

						Աղյուսակ 1-ի շարունակությունը
1	2	3	4	5	6	7
NAVR	40.86644340	45.35121680	1473.4304	0.0294	0.0168	-0.0010
POLV	49.60261300	34.54292980	178.3140	0.0222	0.0120	-0.0014
TEHN	35.69728220	51.33409240	1194.5102	0.0245	0.0204	-0.0027
VANN	40.10796450	43.81362650	1053.7035	0.0283	0.0152	0.0009
VARD	40.16852150	45.73619140	1982.0199	0.0293	0.0191	-0.0001
ZECK	43.78839210	41.56506580	1166.2496	0.0249	0.0112	0.0013



Նկ. 4. Կայանների վեկտորային տեղաշարժերի քարտեզ ITRF2008 կոորդինատային համակարգում



Նկ. 5. Կայանների արագությունները ETRF2000 կոորդինատային համակարգում

Ուսումնասիրելով ՀՀ գործող 6 GPS կայաններից ստացված հորիզոնական և ուղղաձիգ արագությունների վեկտորների ուղղությունները և արժեքները, ակնհայտ է, որ վերջիններս համահունչ են միջազգային տվյալներին (ITRF) և ուսումնասիրվող տարածքի տեղաշարժը համապատասխանում է հյուսիս-արևելյան ուղղությանը, որը վերագրվում է Արաբական սալի կոնվերգենցիա-յով դեպի Եվրասիական սալը: Համաշխարհային ITRF2008-ում գնահատված արագությունները Եվրասիական տեկտոնիկ սալիկի շարժման միտման բաղադրիչ ունեն և այդ արագությունները չեն արտացոլում կայանների ներկայիս տեղային շարժերը: Այս միտումը վերացնելու համար, մեր կողմից որոշում կայացվեց Եվրասիական սալիկի հաշվարկված արագությունները վերափոխել Եվրոպական ռեֆերենց համակարգով՝ ETRF2000 (նկ. 5, աղ.2):

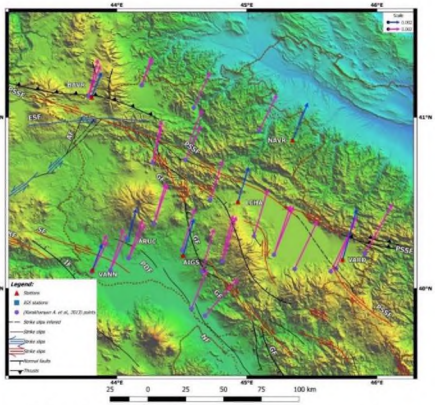
Աղյուսակ 2

ՀՀ տարածքի GPS կայանների արագությունները ETRF2000 ԿՀ-ում

Անվանումը	V հյուսիս (մ/տարի)	V արևելք (մ/տարի)	V ուղղաձիգ (մ/տարի)
AIGS	0.0065	0.0019	0.0007
ARUC	0.0055	0.0015	-0.0007
BAVR	0.0043	0.0017	-0.0032
LCHA	0.0061	0.0019	-0.0003

			Աղյուսակ 2-ի շարունակությունը
NAVR	0.0065	0.0027	-0.0016
VANN	0.0046	0.0017	0.0003
VARD	0.0088	0.0025	-0.0006

Ստացված կայանների տեղաշարժման արագությունների արդյունքները համեմատվել են ՀՀ-ում երկրակեղևի ձևախատումների ուսումնասիրություններում մեծ ավանդ ունեցող Ա. Կարախանյանի կողմից 2013 թ. կատարված ուսումնասիրությունների արդյունքների հետ: Արդյունքում ստացված արագությունների քարտեզը ներկայացված է նկ. 6-ում:



Նկ. 6. Համեմատության արդյունքում ստացված արագությունների քարտեզ

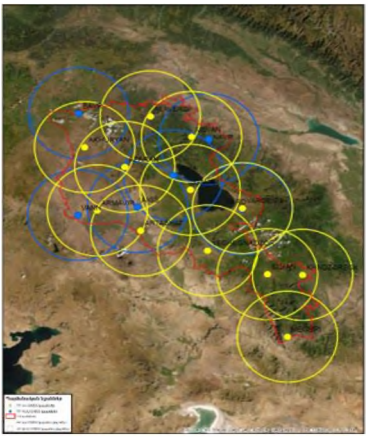
Նկ. 6-ից երևում է, որ արագության վեկտորները, որոնք գնահատված են Ա. Կարախանյանի և այլոց կողմից, մասնավորապես գտնվում են ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ կողմից տեղադրված 6 GPS կայանների հարևանությամբ, բացառությամբ VARD կայանի, որը գտնվում է ՓՍՍ խզվածքի արևելյան կողմում և երկու կայանները, որոնք գտնվում են ՓՍՍԽ-ի արևմտյան կողմում: Այս փաստը կարող է հաստատել նաև ՓՍՍԽ-ի տեկտոնիկ ակտիվ վիճակը:

Կատարված ուսումնասիրությունների ընթացքում անհրաժեշտ ենք համարել համեմատել նաև ՀՀ գիտությունների ազգային ակադեմիայի Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի կողմից ՀՀ տարածքում տեղադրված 6 GPS կայանների ցանցի և 2013 թ-ից Հայաստանի Հանրապետությունում մշտական գործող 12 ռեֆերենց կայանների ցանցի (ՄԳՌԿՑ) կայաններից ստացված տվյալները:

Ուսումնասիրելով 2013 թ-ից ՀՀ-ում 12 մշտական գործող ռեֆերենց կայաններից ստացվող ամենօրյա տվյալները և դրանք համեմատելով հավասարակշռված տվյալների հետ, ստացել ենք կոորդինատների տարբերությունները, որոնք գտնվում են միլիմետրերի շրջանակում և դրանց փոփոխություններն ընդհանուր առմամբ 1 սմ-ից փոքր են (նվազագույն և առավելագույն արժեքների տարբերությունը): Ուղղաձիգ բաղադրիչում փոփոխությունները չեն գերազանցում 25 մմ: Բոլոր տվյալների վերլուծությունը ցույց է տվել, որ դիտարկումների տվյալները համապատասխանում են միմյանց և չեն առաջացրել որևէ անհամապատասխանություն, իսկ մշակման գործընթացները ճիշտ են:

Համեմատություններից հանգել ենք այն եզրակացություններին, որ երկու աղբյուրներից ստացված տվյալների վերլուծությունները և հաշվարկված վեկտորային տեղաշարժերի տվյալները գրեթե նույնն են, ինչն ապացուցում է ընտրված մեթոդաբանության հիմնարար լինելու հանգամանքը:

Այսպիսով, ուսումնասիրելով ՀՀ-ում իրարից անկախ գործող 12 ռեֆերենց և 6 GPS կայանները, գալիս ենք այն եզրակացության, որ ՄԳՌԿՑ կայանները, գտնվելով շենքերի տանիքներին, կարող են հանգեցնել տվյալների ճշտության նվազեցմանը՝ հաշվի առնելով շենքերի սեյսմիկան և կայանների տեղադրման կոնստրուկցիան: Սեյսմիկ ուսումնասիրությունների համար կարևոր հանգամանք է ցանցի կայանների տեղադրման մեթոդաբանությունը ուստի անհրաժեշտություն է առաջանում արդիականացնել և ընդլայնել մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանցը՝ նրա կազմում ներառելով առաջին դասի 6 սեյսմիկ կայանները: Այս աշխատանքի կատարման արդյունքում ՄԳՌԿՑ-ը կմիացվի 6 GPS կայանների հետ, որոնք տեղակայված են մայր գրունտի վրա, և վերջինիս համար կստեղծվի միասնական կառավարման կենտրոն (նկ. 7):

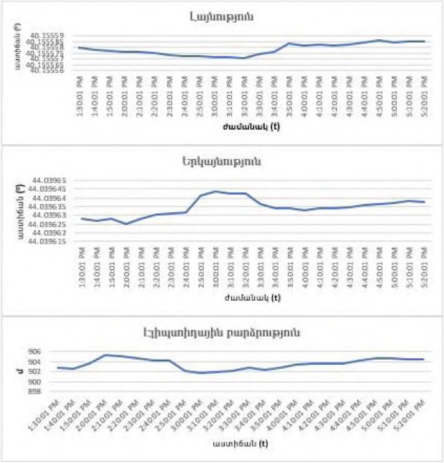


Նկ. 7. Առաջարկվող միավորված ՄԳՌԿՑ ցանցի սխեման և կայանների վերածածկույթը

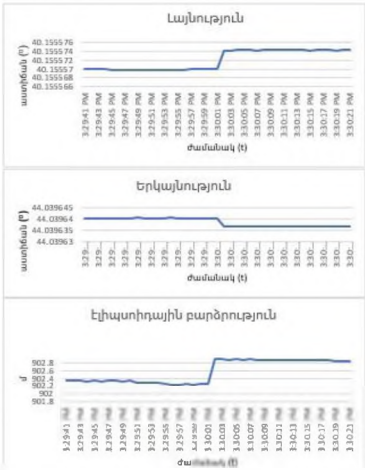
Հետազոտելով կայանների համատեղ աշխատանքի սխեմատիկ պատկերը, գալիս ենք այն եզրակացության, որ մոտ գտնվող կայանները կարող են իրար փոխարինել ինչպես տեխնիկական խափանումների, այնպես էլ սահմանային կայանների տարբեր պատճառներով անջատումների դեպքում: Նման դեպքերում առաջարկվում է ՀՀ Կադաստրի կոմիտեի ARMAVIR, VARDENIS, GAVAR, IJEVAN, AKHURYAN, ARTASHAT կայանները փոխարինել ՀՀ ԳԱԱ համապատասխանաբար VANN, VARD, NAVRBAVR, AIGS կայաններով:

Նշված աշխատանքների իրականացման դեպքում, ունենալով մշտական գործող բոլոր 18 ռեֆերենց կայանների ցանց, անհրաժեշտ կլինի պարբերաբար կատարել ընդհանուր հավասարակշռումներ, ինչպես նաև տեղադիրքի կոորդինատների ճշգրտումներ: Մեր կողմից իրականացվել է նաև ՄԳՌԿՑ-ի չափումների որոշակի ժամանակահատվածի հավասարակշռման աշխատանքներ, որի արդյունքները օգտագործվել է ՀՀ տարածքում Երևանի տարածաշրջանում 2021 թվականի փետրվարի 13-ին Երևանի ժամանակով ժամը 15:29-ին տեղի ունեցած երկրաշարժի հետազոտման ժամանակ: Երկրաշարժի

էպիկենտրոնը գտնվում էր մայրաքաղաք Երևանից 8 կմ հարավ-արևելք, որի աշխարհագրական կոորդինատներն են արևելյան երկայնության 44.54 աստիճան և հյուսիսային լայնության 40.11 աստիճան, հիպոկենտրոնի խորությունը 10 կմ:Դիտարկելով ՀՀ Կադաստրի կոմիտեի Երևանին մոտ գտնվող Արմավիր մշտական գործող ռեֆերենց կայանի փետրվարի 13-ին Երևանի ժամանակով 15[29]-ից 2 ժամ, 10 րոպե և 1 վ պարբերություններով ստացված կոորդինատների փոփոխությունների հիման վրա կազմված դիագրամները, ակնհայտ է, որ շեղումը հատկապես զգալի է աշխարհագրական լայնության և էլիպսոիդալ բարձրության կոորդինատների համեմատության դեպքում: 10 րոպեական միջակայքով կոորդինատային գծապատկեր-դիագրամում ակնհայտ է, որ երկրաշարժին նախորդող և հաջորդող երկուական ժամերին դիտարկվում է բավական նկատելի և էական տատանում, այսինքն ունենք կտրուկ կերպով դեպի վերև ուղղված կոր (նկ. 8): Այստեղից կարելի է եզրակացնել, որ նախաերկրաշարժային ժամանակահատվածում երկրակեղևի որոշակի զանգվածում կուտակված էներգիայի լիցքաթափման հետևանքով տեղի ունեցող ստորգետնյա ցնցումների ազդեցությունն ակնհայտ է մշտական գործող ռեֆերենց կայանների կոորդինատների որոշման գործընթացում:



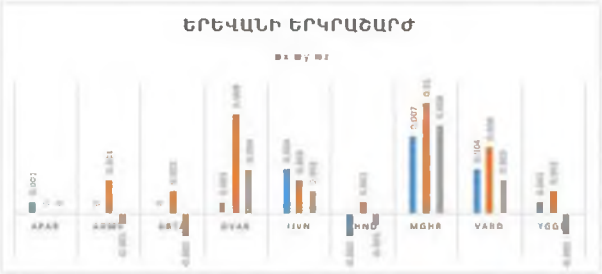
Նկ. 8. Չափումների յուրաքանչյուր 10-րդ րոպեի տվյալների վերլուծություն



Նկ. 9. Չափումների յուրաքանչյուր 1 վայրկյանի տվյալների վերլուծություն

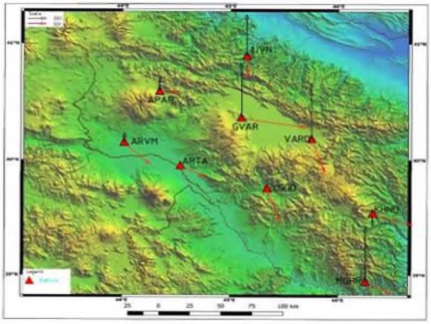
Այստեղից կարելի է եզրակացնել, որ նախաերկրաշարժային ժամանակահատվածում երկրակեղևի որոշակի զանգվածում կուտակված էներգիայի լիցքաթափման հետևանքով տեղի ունեցող ստորգետնյա ցնցումների ազդեցությունը ակնհայտ է մշտական գործող ռեֆերենց կայանների կոորդինատների որոշման գործընթացում: Եթե հաշվի առնենք այն հանգամանքը, որ Հա-

յաստանի Հանրապետությունը գտնվում է սեյսմիկ ակտիվ գոտում, ապա կայանների կոորդինատային տվյալների զգալի շեղումները հստակ կարող են օժանդակել երկրակեղևի հորիզոնական և ուղղաձիգ տեղաշարժերի ուսումնասիրությունների ժամանակ: Վերլուծելով վայրկյանային ինտերվալով ստացված գրաֆիկները (նկ. 9) 15[29]-ին գրանցված երկրաշարժի ժամանակ ակնհայտ տեղաշարժ է գրանցվել բոլոր երեք բաղադրիչներով, ինչը կարող է փաստել, որ GNSS կայանները հավաստի և հուսալի են երկրաշարժերի գրանցման համար: Մեկ անգամ ևս համոզվելու համար, որ GNSS կայանների միջոցով կարելի է ստանալ իրատեսական պատկեր երկրակեղևի հորիզոնական և ուղղաձիգ տեղաշարժերի վերաբերյալ, իրականացվել են նաև ՀՀ Կադաստրի կոմիտեի թվով 9 ռեֆերենց կայանների կոորդինատների հավասարակշռված տվյալների տարբերության վերլուծություն՝ երկրաշարժից 5 օր առաջ (08.02-12.02. 2021) և 5 օր հետո (14.02-18.02.2021) (նկ. 10):



Նկ. 10. ՀՀ ԱԳՑ ՄԳՌԿՑ-ի 9 կայանների դիտարկումների տվյալների վերլուծություն 08.02-12.02.2021 և 14.02-18.02.2021 ժամանակահատվածների համար (մ)

Ըստ ՄԳՌԿՑ-ի 9 կայանների վերլուծության, օրինակ APAR ռեֆերենց կայանում Y և Z բաղադրիչներով փոփոխություն չի գրանցվել, իսկ X բաղադրիչով գրանցվել է 1 մմ տեղաշարժ, ARMAV կայանում փոփոխություններն են՝ 3 մմ տեղաշարժ X ուղղությամբ, Y ուղղությամբ տեղաշարժ չկա, իսկ Z ուղղությամբ նկատվում է իջեցում 1 մմ-ով (նկ. 11):



Նկ. 11. Մշտական գործող ռեֆերենց ցանցի տվյալների վերլուծություն

Ամփոփելով վերը նշվածը, կարող ենք արձանագրել, որ 9 ՄԳՌԿՑ կայանները երկրաշարժից հետո հորիզոնական բաղադրիչում տեղաշարժվել են հիմնականում դեպի հյուսիս-արևելյան ուղղությամբ, իսկ կայանների ուղղաձիգ բաղադրիչում հիմնականում առկա է բարձրացում, ինչը ևս մեկ անգամ փաստում է, որ GNSS կայանների միջոցով կատարված մոնիթորինգի արդյունքում ստացված տվյալները համապատասխանում են միաջազգային ուսումնասիրությունների տվյալներին և Արաբա-Եվրասիական սալերի ուսումնասիրվող տարածքի տեղաշարժը համապատասխանում է Արաբական սալի կոնվերգենցիայով դեպի Եվրասիական սալը: Այսպիսով, Երևան քաղաքում 13.02.2021 թ. տեղի ունեցած երկրաշարժի մոնիթորինգի իրականացումը ռեֆերենց կայանների միջոցով ցույց է տալիս, որ 1 վ հաճախականությամբ գրանցված կոորդինատների միջոցով հնարավոր է ֆիքսել երկրաշարժի գրանցման ժամանակը, ռեֆերենց կայանների միջոցով իրականացնել որոշակի պարբերականությամբ երկրակեղևի տեղաշարժման վեկտորների մոնիթորինգ: Հարկ է նշել, որ տվյալ ռեֆերենց կայանները գտնվում են շենքերի տանիքներին, իսկ ունենալով մեր կողմից առաջարկված թվով 18 համալիր ռեֆերենց կայաններից կազմված ցանց, որի որոշ կայաններ կգտնվեն կոշտ ապարների վրա, հնարավոր կլինի ունենալ ավելի ճշգրիտ տվյալների բազա, որոնք կնպաստեն սեյսմոակտիվ շրջաններում GNSS տեխնոլոգիաների կիրառմամբ գեոդեզիական մոնիթորինգի զարգացմանը:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Հիմնավորվել է նորագույն արբանյակային և թվային տեխնոլոգիաների կիրառման միջոցով գեոդինամիկական պոլիգոններում երկրակեղևի դեֆորմացիոն երևույթների ուսումնասիրությունների արդյունավետության բարձրացման գործընթացը:
2. Հիմնավորվել է արբանյակային տեխնոլոգիաների կիրառմամբ չափումների արդյունավետության և չափումներից ստացված տվյալների վերլուծության վերջնաարդյունքների հավաստիության առավելությունները՝ չափումների ավանդական եղանակների նկատմամբ:
3. Առաջին անգամ կատարվել է գեոդինամիկական պոլիգոններում փուլային և մշտական դիտարկումների հիման վրա միասնական կոորդինատային համակարգում տվյալների բազաների ստեղծում, տեղաշարժերի տարածա-ժամանակային վերլուծություն և մոդելավորում:
4. Ստացվել է մայր գրունտի վրա ամրակայված GNSS կայանների տեղաշարժման արագությունները՝ համաշխարհային ITRF2008 ռեֆերենց համա-

կարգում:

5. Ապահովվել է Եվրասիական սալի հաշվարկված արագությունները ITRF2008 համակարգից անցումը Եվրոպական ռեֆերենց համակարգ (ETRF2000)՝ GNSS կայանների տեղային շարժերը ուսումնասիրության պահին արտացոլելու նպատակով:
6. Կատարվել է նախկինում հետազոտված տեղաշարժման վեկտորների արդյունքների համեմատումը GNSS կայանների տեղաշարժման արագությունների վեկտորներ արդյունքների հետ:
7. Հիմնավորվել են ՀՀ-ում մշտական գործող բոլոր առկա ռեֆերենց կայանների ցանցերի ընդհանուր և պարբերաբար հավասարակշռումներ, լուծելով դրանց տարեկան տեղաշարժերի խնդիրները:
8. Վերլուծվել են ՀՀ-ում 2021 թ. փետրվարի 13-ին տեղի ունեցած երկրաշարժի հետևանքով մշտական գործող ռեֆերենց կայանների հորիզոնական և ուղղաձիգ տեղաշարժերի արժեքները և կազմվել դրանց գրաֆիկը:

ԱՌԱՋԱՐԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Առաջարկվում է օգտագործել գլոբալ նավիգացիոն արբանյակային համակարգերի մշտական գործող կայանների ցանցերը սեյսմակտիվ գոտիների վերաբերյալ առցանց տեղեկատվություն ունենալու գործընթացում,
2. Առաջարկվում է ՀՀ հյուսիսային և արևմտյան սեյսմոակտիվ շրջանների վերահսկման առցանց համակարգի մշակում և GNSS համակարգերի ներդրման անհրաժեշտության հիմնավորում՝ ելնելով տարածքի ֆիզիկաաշխարհագրական պայմաններից:
3. Առաջարկվում է իրականացնել ՀՀ ԱԳՑ մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանցի և ՀՀ Գիտությունների Ազգային Ակադեմիայի Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի 6 կայանների համակցումը, դրանց ընդհանուր հավասարակշռումը, ինչը կնպաստի ինտեգրման արդյունքում ստացված ավելի բարձր ճշտություն ունեցող քարտեզագրագեոդեզիական տվյալների ստացմանը:
4. Առաջարկվում է կազմակերպել երկրաբանական, գեոֆիզիկական, սեյսմոլոգիական, գեոտեկտոնական, գեոմորֆոլոգիական, ինչպես նաև գեոդեզիական տվյալների հավաքագրման անընդհատություն՝ մոնիթորինգի արդյունքների հիման վրա համատեղ իրականացնել երկրակեղևի դեֆորմացիաների տեղորոշումները:
5. Առաջարկվում է համատեղ մշտադիտարկումների արդյունքների տվյալների հիման վրա կազմել խզվածքների եռաչափ մոդելները:

Ատենախոսության հետազոտությունները և գիտական մշակումներն ունեն կիրառական նշանակություն և կարող են նպաստել ՀՀ Կառավարության 13.02.2014 թ. № 136-Ն որոշմամբ նախատեսված Հայաստանի Հանրապետու-

թյան տարածական տվյալների տեղեկատվական ենթակառուցվածքի ձևավորման և տվյալներով համալրման գործընթացին, ապահովել բարձր որակի տեղեկատվություն քաղաքացիական պաշտպանության աշխատանքներ իրականացնող կառույցներին, ունենալ լայն կիրառություն շենք շինությունների նախագծման և շահագործման ողջ գործընթացում:

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ ՍՏԱՑՎԱԾ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ ՀՐԱՏԱՐԱԿՎԱԾ ԵՆ ՀԵՏԵՎՅԱԼ ԳԻՏԱԿԱՆ ՀՈԴՎԱԾՆԵՐՈՒՄ

1. **Թովմասյան Ս.Վ., Մարգարյան Ա.Ա., Վասիլյան Ա.Լ.** Ջրային ռեսուրսների համապարփակ կառավարումը Հայաստանի Հանրապետությունում // ՃՇՀԱՀ տեղեկագիր.- Երևան, 2015, № 5.- էջ 18-22:
2. **Tovmasyan S.V., Gyurjyan N.KH., Margaryan A.A., Vasilyan A.L.** Geodetic measurements on the Yeghvard reservoir // ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր. Գիտություններ երկրի մասին.- Երևան, 2016.- Հ. 3-րդ.- էջ 33-41:
3. **Մարգարյան Ա.Ա., Կրոյան Ս.Զ., Մանուկյան Լ.Վ.** Հայաստանի Հանրապետության տարածքի խոշոր տեկտոնական բեկվածքները // ՃՇՀԱՀ Տեղեկագիր.- Երևան, 2020, № 3.- էջ 77-85:
4. **Մարգարյան Ա.Ա., Մանուկյան Լ.Վ., Թովմասյան Ս.Վ.** ՀՀ սեյսմոակտիվ գոտիներում արդի տեխնոլոգիաներով երկրակեղևի դեֆորմացիոն գեոդեզիական հետազոտությունները // ՃՇՀԱՀ Տեղեկագիր.- Երևան, 2020, № 3.- էջ 86-94:
5. **Մարգարյան Ա.** Ժամանակակից արբանյակային տեխնոլոգիաների կիրառմամբ գեոդինամիկական պոլիգոնում դեֆորմացիոն գործընթացների հետազոտությունները // ՃՇՀԱՀ, Գիտական աշխատություններ, 2020, № 1 (76).- էջ 70-79:
6. **Մարգարյան Ա.Ա.** GNSS տեխնոլոգիաների դիտարկումներով ստացված տվյալների վերլուծությունները // ՃՇՀԱՀ, Գիտական աշխատություններ.- 2020, № 3(78).- էջ 75-82:
7. **Manukyan L.V., Margaryan A.A., Tovmasyan S.V., Harutyunyan N.V.** Crustal displacement based on three stages geodetic studies results in Spitak geodynamic polygon // Евразийский союз ученых (ЕСУ), Ежемесяч. науч. журнал, 2 часть, № 6 (75), 2020.- С. 37-41.
8. **Margaryan A., Manukyan L., Tovmasyan S.** GNSS data processing and analysis of active faults of Armenia // Contemporary Problems of Architecture and Construction:- Saint Petersburg, Russia, 2020.- P. 318-323.

МАРГАРЯН АНУШ АШОТОВНА

РАЗВИТИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GNSS ТЕХНОЛОГИЙ В СЕВЕРНОЙ И ЗАПАДНОЙ СЕЙСМОАКТИВНЫХ РЕГИОНАХ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

РЕЗЮМЕ

Современные спутниковые технологии нашли широкое применение в геодезии и картографии РА.

В настоящее время во многих странах широко применяются постоянно действующие референц станции GNSS (Глобальная навигационная спутниковая система), в том числе при геодезических измерениях деформаций земной коры в режиме как цикличных, так и онлайн-мониторинга.

Анализ информации, полученной при помощи GNSS станций, позволяет составить подробную карту современных движений земной коры, как горизонтальных, так и вертикальных. Регистрация пространственного положения активных разломов позволит спроектировать и эксплуатировать на местности комбинированные сейсмические сети, сочетая современное сейсмическое и геодезическое оборудование.

В связи с быстрым развитием новых технологий, в последние годы новейшее геодезическое оборудование может работать в режиме онлайн - с помощью современных пакетов программного обеспечения и средств связи для передачи информации на компьютер, независимо от расстояния места измерения. Это позволит автоматически оповещать в случае зафиксированных аномалий, что увеличит эффективность управления и повысит уровень безопасности.

Полученные в диссертации результаты и их анализ позволяют сделать следующие выводы и рекомендации.

В работе обоснован процесс повышения эффективности изучения деформаций земной коры на геодинамических полигонах на основе использования новейших спутниковых и цифровых технологий.

Обоснованы преимущества и эффективность наблюдений и надежность анализа конечных результатов данных, полученных с применением спутниковых технологий, относительно результатов наблюдений, полученных традиционными методами.

На основе цикличных наблюдений на геодинамических полигонах с использованием геоинформационных систем создана база данных в единой системе, а также произведен пространственно-временной анализ и моделирование смещений земной коры.

Для определения отражения локальных изменений местоположения GNSS станций во время исследований обеспечено преобразование рассчитанных скоростей евразийской плиты из системы ITRF2008 в Европейскую систему отсчета (ETRF2000).

Получен сравнительных анализ векторных смещений по результатам ранее выполненных наблюдений на геодинамических полигонах и векторный сдвиг GNSS станций на тот же период.

Выполнен анализ данных, полученных при помощи GNSS станций до и после землетрясения в РА 13-го февраля 2021 года.

Определены основные задачи для создания баз данных ГИС и их анализ, с целью получения более точных данных совместного нивелирования и данных GNSS мониторинга.

Обоснована возможность точного прогнозирования вероятного расположения геологических опасностей (сильные землетрясения, извержения вулканов, катастрофические оползни и др.) для проведения комплексных исследований активных разломов на основе анализа геологической ситуации на сейсмоактивных территориях РА.

Предложено при наличии новейших спутниковых и электронных технологий, а также других технических средств, повышающих надежность данных, иметь онлайн-информацию о сейсмически активных зонах.

Обоснована необходимость модернизации постоянно действующей референц сети ArmPOS с целью обновления топографических карт государственного масштабного ряда РА, карт административно-территориальных единиц РА, а также уточнения кадастровых карт на территорию РА.

Предложено на основе данных результатов совместного мониторинга разработать трехмерную модель разломов на сейсмоактивных территориях РА.

Основные положения и научные разработки будут положены в основу обеспечения требований Постановления Правительства РА от 13.02.2014 г. № 136 с целью формирования и развития информационной инфраструктуры пространственных данных Республики Армения.

ANUSH MARGARYAN

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF GEODETIC MONITORING METHOD USING GNSS TECHNOLOGIES IN THE NORTHERN AND WESTERN SEISMOACTIVE REGIONS THE REPUBLIC OF ARMENIA

SUMMARY

The field of geodesy and cartography has been experiencing great technological development in recent years at the Republic of Armenia.

Nowadays, many regions and countries use GNSS (Global Navigation Satellite System) technology networks for local geodetic surveys, including modern earth movements, in which measurements are made in periodic, phased or online monitoring mode.

Analysis of information on the movements of GNSS stations allows to compile a detailed map of modern movements of the earth, both horizontally and vertically, to record the spatial position of active faults, which in turn will help to design, operate combined seismic networks on site, combining modern seismic and geodetic equipment.

In recent years, with the rapid development of new technologies, the latest surveying equipment can work online and transmit information to the computer with the help of modern software packages, regardless of the distance from the place of measurement. Also in case of anomalies, they can make an automatic alarm, which increases management efficiency and security level.

The obtained results and their analysis allow to draw the following conclusions and recommendations:

The process of increasing the efficiency of earth deformation studies in geodynamic polygons through the use of the latest satellite and digital technologies has been substantiated.

The advantages of the measurement efficiency using satellite technologies and the advantages of the final data analysis reliability obtained from the measurements over the traditional methods have been substantiated.

For the first time in geodynamic polygons, based on phased and permanent observations databases, spatial-temporal analysis and modeling of displacements have been crated in the same system.

The mobility velocities of the GNSS stations on the main ground in the global ITRF2008 reference system were obtained.

The conversion of the calculated Eurasian tile velocities from the ITRF2008 system to the European Reference System (ETRF2000) has been ensured to reflect the local movements of GNSS stations at the time of the survey.

The results of previously studied displacement vectors were compared with the results of velocity vectors of GNSS stations.

General and regular balances of all existing reference station networks operating in the Republic of Armenia have been substantiated to solve the problems of their annual shifts.

The graph of the horizontal and vertical displacements coordinates of permanent reference stations because of the earthquake of February 13, 2021 in Armenia was analyzed.

It has been proposed to use the permanent stations networks of global navigation satellite systems in the process of having online information on seismically active zones.

It was proposed to develop an online system for monitoring the seismoactive regions of the north-western part of the Republic of Armenia, to substantiate the need for the introduction of GNSS systems based on the physical-geographical conditions of the area.

It was proposed to connect the 6 stations of the institute of geological sciences of the National Academy of Science of the Republic of Armenia to the network of ARMPOS permanent operating reference stations and their general balance, which will contribute to obtaining more accurate cartographic and geodetic data obtained as a result of integration.

It was proposed to organize the continuation of geological, geophysical, seismological, geotectonic, geomorphological, as well as geodetic data collection, to jointly determine the geological deformations based on the monitoring results.

It was proposed to compile three-dimensional models of raptures based on the results of joint monitoring.

The dissertation research and scientific developments are of great practical importance and can contribute to the process of building the RA spatial data information infrastructure by the № 136-N decision of RA Government on 13.02.2014, to provide high quality information to civil protection organizations and to be widely used in the entire process of building design and operation.