

ՀՀ ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ԿԱՐԻՔՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ ՆԱՎԻԳԱՑԻՈՆ ՌԵՖԵՐԵՆՑ ԿԱՑԱՆՆԵՐԻ ՑԱՆՑԻ ՍՏԵՂԾՄԱՆ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐԸ

Հովսեփ Սերգեյի Պետրոսյան¹, Մանուկ Ռազմիկի Վարդանյան, Վալերի Ալեքսանդրի
Ալեքսանյան², Ստեփան Կարենի Պետրոսյան¹, Ֆրեդ Ֆուրմանի Ախոյան³

¹Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ

²ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգոնոսֆերային հետազոտությունների կենտրոն, ք. Երևան, ՀՀ

³Երևանի պետական համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ

Hovsep-petrosyan@mail.ru

Հիմնավորվել և մշակվել է ՀՀ սահմանամերձ գոտիներում պաշտպանության և անվտանգության կարիքների համար նավիգացիոն մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանցի ստեղծման նախագիծ, որտեղ տրված են ռեֆերենց ցանցի սխեման, առանձին կայանների տեղերի ընտրության պայմանները, սահմանված է ցանցի դիտարկման փուլերը, դիտարկման ժամանակահատվածը: Ըստ դիտարկման օրերի և սեսիաների ռեֆերենց կայանների ցանցի գեոկապակցման համար որպես ելային տվյալներ ընդունել ՀՀ-ում գործող 12 մշտական գործող կայանների և հանրապետության տարածքի մոտակայքում նույն ժամանակահատվածի մինչև 2000 կմ շառավղով առկա ITRF կայանների կոորդինատները: Նավիգացիոն ռեֆերենց ցանցի հավասարեցման և հավասարակշռման աշխատանքները կիրականացվի Bernese GNSS v5.0 ծրագրային փաթեթով: Ռեֆերենց կայանների վերջնական հաշվարկված կոորդինատների ճշտության աստիճանի գնահատման համար դրանք պետք է համեմատել հավասարակշռման ընթացքում ներգրավված ITRF կայանների ITRF20-ի կոորդինատների հետ: Տրված են GNSS ռեֆերենց կայանի և ալեհավաքի տեղի ընտրության, ազդանշանների տվյալների ընդունման երկաթե պահարանները՝ փոշուց և խոնավությունից պաշտպանվածության, սերվերի տեղադրման և վարման պայմանները: Քարտեզագրագեոդեզիական և ինժեներական աշխատանքների կատարման համար դիտարկված ժամանակահատվածի հաշվարկված կոորդինատները Հելմերտի եղանակով փոխակերպել ՀՀ ԱԳՑ (Ազգային գեոդեզիական ցանց) կոորդինատային համակարգ (ARMREF02): Նախատեսված ցանցը կարող է ապահովել ՀՀ ողջ տարածքում միասնական ավտոմատացված թվային ձկուն գեոդեզիական կոորդինատային համակարգ, որը կարող է բարձր ճշտությամբ ՀՀ պաշտպանության, անվտանգության, տնտեսական և գիտական ոլորտներում ռազմական, ուսումնավարական, նախագծային, գործնական, երկրատեղեկատվական և նավիգացիոն համակարգերի համար ապահովել անհրաժեշտ գեոդեզիական տվյալներ: Դրանով զգալի կբարձրանա աշխատանքի արտադրողականությունը, կկրճատվեն նախագծային և գործնական աշխատանքների ծախսերը և կատարման ժամանակահատվածը, մասնագիտական անձնակազմի քանակը, կապահովվի բազային կայանների անվտանգությունը, գեոդեզիական և քարտեզագրության գործունեություն իրականացնողները կունենան ավտոմատացված բազմաչափ, բազմաշերտ տեղեկատվական համակարգ:

Բանալի բառեր. ռեֆերենց կայան, ITRF ցանց, Ազգային գեոդեզիական ցանց, կոորդինատային համակարգերի փոխակերպում, Bernese GNSS ծրագրային փաթեթ, կոորդինատներ, նավիգացիոն ցանցի ղեկավարման կենտրոն

Ներածություն

Միջազգային փորձը ցույց է տալիս, որ արբանյակային ռեֆերենց կայաններով ցանցերի ներդրումը տնտեսապես շահութաբեր է և դրանց կիրառման ընթացքում ստացված նյութերն ունեն բարձր որակ: Բացի դրանից, նշված արբանյակային տեխնոլոգիան հնարավորություն է ընձեռում կատարել շուրջօրյա չափագրման աշխատանքներ՝ անկախ եղանակային անբարենպաստ պայմաններից:

Ժամանակակից տեխնոլոգիաների կիրառման առավելությունը կայանում է ոչ միայն չափագրման ավտոմատացման, որակի և ճշտության աստիճանի բարձրացման, աշխատաժամանակի և մարդկային ներուժի կրճատման, անբարենանպաստ եղանակների և շուրջօրյա աշխատանքների կատարման գործում, այլ նաև չափագրողների կողմից մարդկային գործոնով պայմանավորված սխալների բացառման մեջ: Ելնելով արբանյակային տեխնոլոգիաների նշված բոլոր դրական առանձնահատկություններից և զարգացած երկրներում իրական ժամանակում մշտական գործող ռեֆերենց կայանների աշխատանքի առաջատար փորձի արդյունավետությունից՝ անհրաժեշտություն է առաջանում ՀՀ պետական և ազգային գեոդեզիական ցանցի վիճակը բարելավելու նպատակով այն արդիականացնել՝ հանրապետության սահմանամերձ գոտիներում ստեղծել նավիգացիոն մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանց:

Նյութեր և մեթոդներ

Ելնելով աշխարհում և հատկապես Անդրկովկասի հանրապետություններում ներկայիս աշխարհա- և ռազմաքաղաքական իրավիճակից, անհրաժեշտություն է առաջանում Հայաստանի Հանրապետության պաշտպանության, անվտանգության և տնտեսության զարգացման համար ՀՀ սահմանամերձ գոտիներում ստեղծել նավիգացիոն մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանց (ՆՄԳՌԿՑ):

Այդ նպատակին հասնելու համար անհրաժեշտ է լուծել հետևյալ խնդիրները.

- ուսումնասիրել աշխարհի տարբեր երկրների կողմից ստեղծված նավիգացիոն մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանցերի ստեղծման միջազգային փորձը և կախված ՀՀ տարածքի աշխարհագրական դիրքի առանձնահատկություններից, մշակել ՀՀ սահմանամերձ գոտիներում նավիգացիոն մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանցի սխեման՝ համաձայն ընտրված առաջատար մեթոդների,

- կազմել ռեֆերենց ցանցի կայանների տեղերի ընտրություն,
- կախված ռեֆերենց կայանի տեղադրման տեղանքի առանձնահատկությունից մշակել կայանի տեղադրման նաագիծ,

- սահմանել ռեֆերենց ցանցի միաժամանակյա դիտարկման ժամանակը և փուլերի քանակը,

- մշակել ռեֆերենց ցանցի կայանների դիտարկման տվյալներն ըստ դիտարկման սեսիաների,

- ըստ դիտարկման փուլերի հավասարակշռել ռեֆերենց կայանների ցանցը, որպես ելային տվյալներ ընդունելով ՀՀ-ում 12 մշտական գործող կայանները և հանրապետության տարածքի մոտակայքում նույն ժամանակահատվածի մինչև 2000 *կմ* շառավղով առկա ITRF կայանների տվյալները (BUCU 11401M001, DYNG 12602M006, GLSV 12356M001, KIT3 12334M001, KTVL 12337M003, MDVJ 12309M005, MIKL 12335M001, NICO 14302M001, POLV 12336M001, SOLA 20101M001, TEHN 20404M002) և հաշվարկել դրանց կոորդինատները, օգտագործելով Bernese GNSS v5.0 ծրագրային փաթեթը [1-3],

- ստացված ռեֆերենց կայանների կոորդինատները համեմատել հավասարակշռման ընթացքում ներգրավված ITRF կայանների ITRF2020 հետ,

- նախագծով նախատեսված ժամանակահատվածում դիտարկված և հավասարակշռված ու հաշվարկված կոորդինատները Հելմերտի եղանակով փոխակերպել ՀՀ ԱԳՑ կոորդինատային համակարգ (ARMREF02)՝ օգտագործելով այդ համակարգում գործող 12 ռեֆերենց կայանների կոորդինատները: Փոխակերպված կոորդինատները համեմատել Երկրի ռոտացիոն միջազգային ծառայության (ITRS) ITRF2020 համակարգի IGS ցանցի կայանների կոորդինատների հետ, այնուհետ քարտեզագրական գործունեություն իրականացնելու համար անցում կատարել 2002.9 ժամանակահատվածում ստեղծված ԱԳՑ համակարգին,

- պատվիրատուի տարածքում տեղադրել ՆՄԳՌԿՑ-ի ղեկավարման կենտրոնը:

Նավիգացիոն մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանցի նախագծի կազմման համար հիմք են հանդիսացել աշխարհի զարգացած երկրների փորձը, ՀՀ-ում գործող WGS-84 կոորդինատային համակարգում ստեղծված ԱԳՑ-ի հիմնակետերը, մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանցը, ՀՀ տարածքի և սահմանակից տարածաշրջանների 1:10000 – 1:100000 մասշտաբի տեղագրական քարտեզները և 1:2000 մասշտաբի հատակագծերը, գեոկապակցման համար հանրապետության տարածքի մոտակայքում՝ մինչև 2000 *կմ* շառավղով առկա ITRF20 կայանների կոորդինատային տվյալները: Նախագծի մշակման համար օգտագործվել են [3, 5-9] աղբյուրերում տրված մեթոդների պահանջներով:

Արդյունքներ և քննարկում

Մշտական գործող ռեֆերենց ցանցի կայանների քանակությունը, կախված տարածքի մեծությունից, կետերի միջև եղած հեռավորությունից և կայանների վերածածկույթից որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$N = \frac{L \cdot W}{(2R - O)^2}, \quad (1)$$

որտեղ N -ը կայանների թիվն է, L -ը՝ տարածքի լայնությունը, W -ն՝ տարածքի երկարությունը, h , R -ը շառավիղն է, O -ն՝ կայանների միջև վերածածկույթը, h [4, 5]:

(1) բանաձևով հաշվարկվել են որոշ չափերի տարածքներում ռեֆերենց կայանների քանակի որոշման տվյալներ՝ ըստ տարածքի լայնության և երկարության, որոնք տրված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

Մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանցի կետերի քանակի որոշման տվյալներ

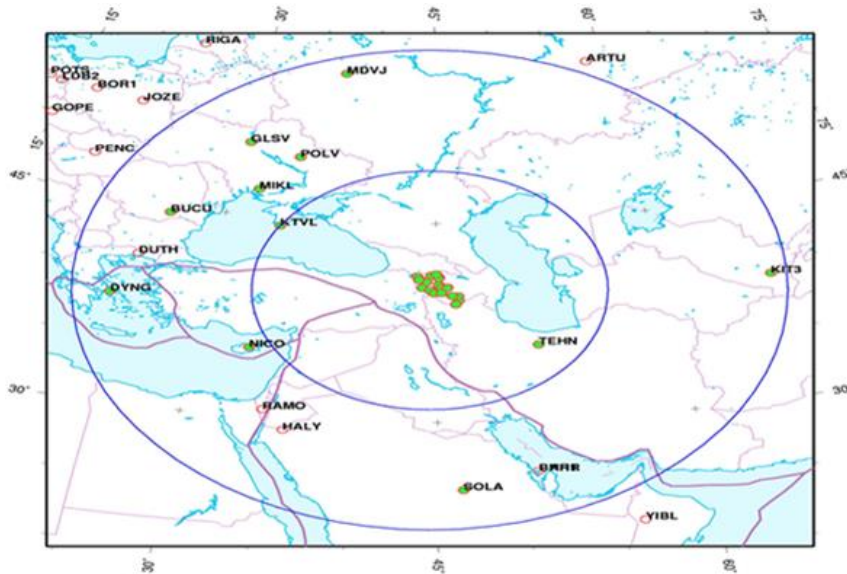
Հ/հ	L , կմ	W , կմ	Տարածքի մակերեսը, կմ	Շառավիղը, R , կմ	Վերածածկույթը, O , կմ	N
1	100	100	10000	40	5	1,8
2	200	200	40000	40		7,1
3	300	300	90000	40		16,0
4	400	400	160000	40		28,4
5	500	500	250000	40		44,4

ՀՀ սահմանամերձ և անվտանգության գոտիների ընդգրկման տարածքները գտնվում են աղ. 1-ի 3-րդ և 4-րդ տողերի միջակայքում ($16,0 + 28,4 = 44,4 : 2 = 22,2$ կայան), այսինքն, ներկայումս առկա 12 գործող (նկ. 1) և նախագծվող 10 ռեֆերենց կայանները տեսականորեն լիարժեք բավարարում են տարածաշրջանի պահանջարկը (նկ. 2):

Ելնելով վերը նշվածից՝ ՀՀ ՆՄԳՌԿՑ կայանների միջև եղած հեռավորությունն ընդունելով ըստ աղ. 1-ի տվյալների մոտ 80 կմ, իսկ վերածածկույթը՝ մինչև 5 կմ, կազմում ստացվում է 22 ռեֆերենց կայան: Նշված պարամետրերով ռեֆերենց ցանցի սխեման մշակվել է ՀՀ պետական մասշտաբային շարքի 1:100 000 մասշտաբի տեղագրական քարտեզների վրա:

ՆՄԳՌԿՑ-ի նախագծման հիմնական փուլերն են.

1. երկրաչափության վերլուծություն. աշխատանքային տարածքը չպետք է տարածվի բազային կայանի ցանցի արտաքին պարագծից այն կողմ,
2. տեղանքի ընտրություն. լեռնային տարածքներում (օրինակ՝ Հայաստանի տարածաշրջանում) կամ խիտ քաղաքային տարածքներում կայանի խտությունը մեծացվում է՝ ռադիոստվերները և ազդանշանի անդրադարձումները վերացնելու համար,
3. սարքավորումների պահանջներ. կայանները պետք է պահպանեն բազմահաճախական ուղղման ալիքների ընդունում (GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo) և ունենան հուսալի կապ (Ինտերնետ) [6]:



Նկ. 1. ՆՄԳՌԿՑ-ն ITRF ցանցին կապակցման սխեման

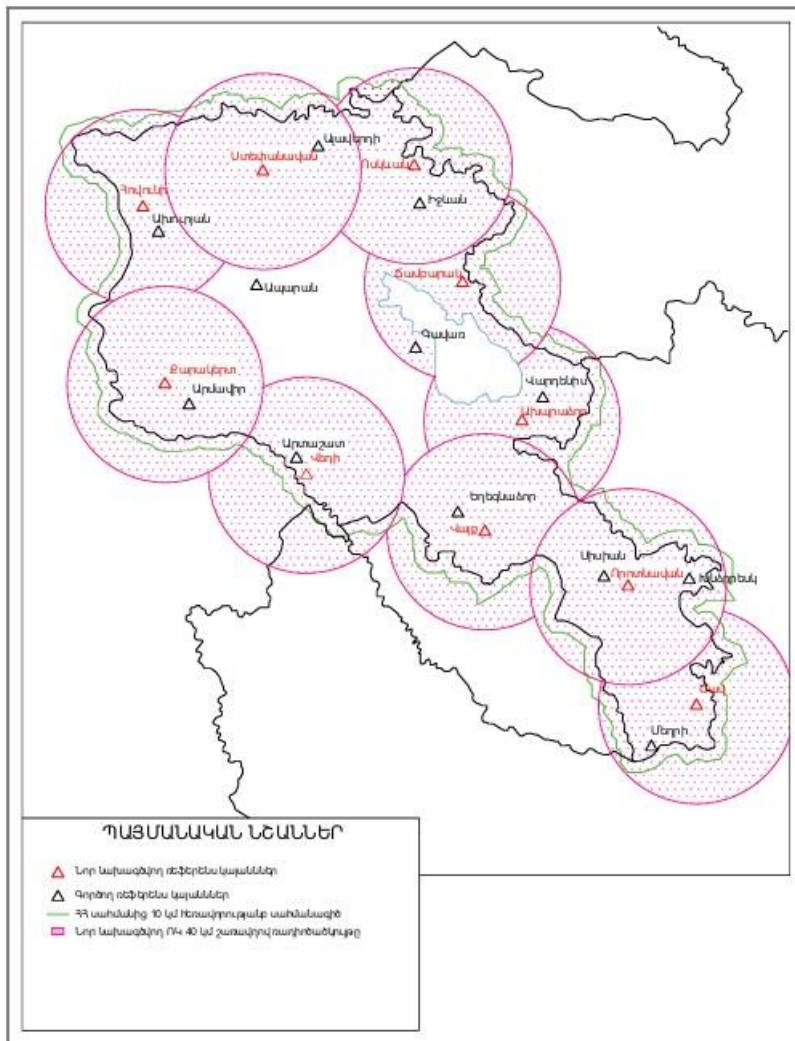
Համաձայն մշակված սխեմայի ռեֆերենց կայանների մոտավոր տեղերի ընտրման համար օգտագործվել են 1:10000 և 1:25000 մասշտաբի տեղագրական քարտեզները (նկ. 2):

Մշտական GNSS ռեֆերենց կայանի ստեղծումը ներառում է 5 հիմնական փուլ՝ պահպանման անվտանգ տեղի ընտրություն (երկարատև շահագործվող շենքի տանիք), կոշտ տեղադրված ալեհավաքի տեղադրում, GNSS ընդունիչի տեղադրում, ուղղիչ փոխանցման կարգավորում (NTRIP սերվեր) և գեոդեզիական կարգաբերում գործող կոորդինատային համակարգում:

Ռեֆերենց կայանները տեղադրվում են Հայաստանի Հանրապետության ֆիզիկական և իրավաբանական անձանց կողմից՝ գեոդեզիական և քարտեզագրական գործունեություն իրականացնելու համար և բաղկացած են ընդունիչից, GNSS ալեհավաքից, անխափան սնուցման աղբյուրից, երկաթե պահարանից, հեռահաղորդակցության սարքավորումներից (կապի սարքավորումներ) և շանթարգելիչ ձողից:

Ընդունիչը միաժամանակ ստանում է ազդանշաններ առնվազն 10 (տասը) արբանյակներից և տեղադրվում է ներսում կամ շենքում հաստուկ երկաթե պահարաններում՝ փոշուց և խոնավությունից պաշտպանված:

Ռեֆերենց կայանները կայծակից պաշտպանելու համար տեղադրվում են կայծակնային պաշտպանիչ ձողեր:



Նկ. 2. ՀՀ տարածքի սահմանամերձ գոտու ՆՄԳՌԿՑ-ի ստեղծման սխեման

Ռեֆերենց ցանցի կայանների տեղերի ընտրությունը կատարվում է առաջին փուլով գրասենյակային պայմաններում 1:10000 մասշտաբի քարտեզներով ու 1:2000 մասշտաբի հատակագծերով, իսկ երկրորդ փուլում՝ առաջին փուլով նախատեսված տարածքներում դաշտային հետազննական աշխատանքներով, որի արդյունքում տեղանքում ճշտված կայանի տեղադիրքը պետք է ապահովի հետևյալ պայմաններ.

- ռեֆերենց կայանի կառուցման տնտեսական նպատակահարմարությունը,
- ռեֆերենց կայանի երկարատև պահպանության ապահովությունը,
- ռեֆերենց կայանին ավտոմեքենաներով մոտենալու մատչելիությունը,
- դիտարկման համար էլեկտրասնուցման և կապի գծերին միանալու հնարավորությունը,
- հիմնակետի դիրքը հորիզոնի նկատմամբ՝ 10°-ից բարձր արգելքների բացակայությունը,
- անդրադարձնող մակերևույթների բացակայությունը,
- էլեկտրամագնիսական խանգարումների բացակայությունը (ռադիոկայաններ, բարձրավոլտ լարման հոսանքագծեր և այլն):

Նշված պայմանները հստակեցնելու և հետագայում ռադիոծածկույթի անխափան պայմաններ ստեղծելու համար անհրաժեշտ է ռեֆերենց կայանների նախնական ընտրված տեղերում կատարել 24 ժամյա GPS դիտարկումներ [7]: Դրանով մեկ անգամ ևս ապահովվում է այդ կայանների տեղադիրքի անխափան աշխատանքի անվտանգությունը:

Տեղագնման արդյունքները ստանալուց հետո ներկայացվում են հետևյալ փաստաթղթերը՝ ռեֆերենց կայանների տեղաբաշխման տեղերի ուրվանկարներն ու նկարագրությունները, դրանց լուսանկարները և 1:500 կամ 1:200 մասշտաբի հատակագծեր՝ տեղադրման նախագիծ կազմելու համար, բարձունքային կապակցման համար ելային հենանիշերի համարը, դասը, նիշը և նիվելիրացման ընթացքի երկարությունը [8, 9]-ի պահանջներով, տեղադրման տեղերի գրունտների երկրաբանական և հիդրոլոգիական հետազոտման նյութերը, արբանյակային ազդանշանների անցման խոչընդոտների դիագրամները, տրանսպորտով կետին մոտենալու սխեման [7, 10]:

Համաձայն նավիգացիոն դիֆերենցիալ ցանցի կազմված սխեմայով ընտրված յուրաքանչյուր ռեֆերենց կայանի տեղադրման համար պետք է կազմվի տեխնիկական նախագիծ, որում ներկայացվելու է հիմնակետի տեղադրումը՝ համաձայն նկ. 3-ում տրված տեսակների, որոնք պետք է համապատասխանեն [10] հրահանգի և [11] ՀՍՍ 226-2002-ի պահանջներին: Կայանը պետք է ապահովված լինի անխափան էլեկտրական հոսանքով և բջջային ու ռադիո կապով, ինչպես նաև անվտանգ և հուսալի պահպանությամբ:



Նկ. 3. GPS ռեֆերենց ցանցի կայանների տեղադրման տեսակներ

Սերվերը պետք է տեղադրվի ռեֆերենց ցանցը շահագործող ծառայության շենքի առանձին սենյակում, որը ապահովված կլինի անխափան էլեկտրականության սնուցման աղբյուրով, բջջային և ռադիո կապով, ինչպես նաև կողմնակի անձանց մուտքի արգելափակումով:

Ծրագիրը, որն աշխատում է սերվերի վրա, հաշվարկում է պահանջվող RTK/DGPS տվյալները շարունակաբար ստանդարտ RTCM ձևաչափով կամ սեփական ձևաչափեր (Leica, CMR, CMR+) օգտվողներին փոխանցելու համար շարժական ընդունիչներ: Սերվերում տեղադրված ծրագրային ապահովումն անընդհատ վերլուծում է տվյալների «իրավիճակը» և մոդելավորում սխալները: Անընդհատ շարունակաբար հաշվարկվում են ուղղումները: Մի անգամ ստեղծված և շահագործման հանձնված սերվերի ծրագրային փաթեթը լիովին ավտոմատ կերպով ապահովում է ռեֆերենց կայանների աշխատանքը: Այդ ցանցը հզոր գործիք է օգտագործման համար [12, 13]:

Հաշվի առնելով, որ ՀՀ ԱԳՑ-ի 0-ական դասի դիտարկման տևողությունը կազմել է 5x24 ժամ տևողությամբ, իսկ ՆՄԳՌԿՑ-ի դիտարկումը 20x24 ժամ տևողությամբ և ռեֆերենց կայանների կոորդինատների հաշվարկման արդյունքում երկու դեպքերում էլ պլանային ճշտությունը կազմել է 1 սմ, իսկ բարձունքայինը՝ մինչև 2 սմ [1-3], այդ իսկ պատճառով առաջարկվում է նախագծվող նավիգացիոն ռեֆերենց ցանցի դիտարկման ժամանակը սահմանել 10 փուլ՝ 10x24 ժամ տևողությամբ: ՆՄԳՌԿՑ-ի կոորդինատների առավել բարձր ճշտություն ապահովելու համար նպատակահարմար է համարվում դիտարկումներն իրականացնել տարվա զարնանային կամ աշնանային գիշերահավասարի ժամանակահատվածում [14]:

Դիտարկումների իրականացման համար կազմվում է աշխատանքների ժամանակացույց և այն տրամադրվում է աշխատանքային խմբերին: Խմբերին պետք է ապահովել դիտարկումների համար անհրաժեշտ գործիքներով՝ ավտոմեքենաներով, լիցքավորման մարտկոցներով, գեներատորներով, ինչպես նաև տեղեկատվությունը փոխանցելու հատուկ պայմանավորվածությամբ (չնախատեսված խափանումները հարթելու համար): Համաձայն դիտարկումների իրականացման աշխատանքային գրաֆիկի, աշխատանքային խմբերը դիտարկումները պետք է սկսեն միաժամանակ, աշխատակազմի կողմից պետք է հսկվեն սնուցման մարտկոցների վիճակները, հիշողության քարտերի վիճակը և անհրաժեշտության դեպքում փոխարինվեն նորերով: Դիտարկված 24 ժամյա յուրաքանչյուր փուլի ավարտից հետո՝ ընդմիջման ժամին, համակարգչի օգնությամբ դատարկել հիշողության քարտերը և տվյալները գրանցել, ստացված տվյալները փոխակերպել RINEX միջազգային ֆորմատի ֆայլերի՝ հետագա մշակման և հաշվարկման աշխատանքներ կատարելու համար [15]:

Առաջին փուլում մշակվում են ռեֆերենց ցանցի կայանների դիտարկման տվյալներն ըստ դիտարկման օրերի և փուլերի: Հաշվարկվում են դրանց կոորդինատները, օգտագործելով Bernese GNSS v5.0 ծրագրային փաթեթը [16] (նկ. 1): Այնուհետ հաշվարկվում է սեսիաների հաշվարկման արդյունքում ստացված ռեֆերենց կայանների կոորդինատների միջին թվաբանականը, որոնք կհանդիսանան այդ կայանների վերջնական կոորդինատները: Ռեֆերենց կայանների վերջնական հաշվարկված կոորդինատների ճշտության աստիճանի գնահատման համար անհրաժեշտ են դրանք համեմատել հավասարակշռման ընթացքում ներգրավված ITRF կայանների ITRF2020 հետ [17]: Դրանց տարբերությունը պլանային բաղադրամասում չպետք է գերազանցի 1,0...1,5 սմ, իսկ բարձունքայինը՝ 2 սմ:

Քարտեզագրագեոդեզիական և ինժեներական աշխատանքների կատարման համար անհրաժեշտ է դիտարկված ժամանակահատվածի հավասարակշռված ու հաշվարկված կոորդինատները Հելմերտի եղանակով փոխակերպել ՀՀ ԱԳՑ կոորդինատային համակարգ (ARMREF02)՝ օգտագործելով այդ համակարգում գործող 12 ռեֆերենց կայանների կոորդինատները: Դա հիմնավորվում է նրանով, որ ՀՀ պետական մասշտաբային շարքի տեղագրական քարտեզներն ու հատակագծերը ստեղծվել են 2002,9 ժամանակահատվածի ուղղանկյուն կոորդինատային համակարգում Գաուս Կրյուգերի պրոյեկցիայում [18]:

Նավիգացիոն ռեֆերենց կայանների GNSS ցանցի ստեղծման արդյունքում կստացվի հետևյալը.

1. ՀՀ պաշտպանության և անվտանգության կարիքների համար բարձր ճշտություն ապահովող ռեֆերենց ցանց,
2. ՀՀ տարածքի սահմանագծման և սահմանագատման գործընթացի ժամանակ սահմանամերձ գոտիներում արբանյակային դիրքորոշման կայանների հետ փոխադարձ հուսալի տեղեկատվության փոխանակում, ՀՀ պետական սահմանի սահմանագծի սահմանագծման համար սահմանամերձ գոտու լայնքով տարբեր մասշտաբների տեղագրական քարտեզների և հատակագծերի ստեղծման և սահմանագատման համար սահմանայինների ճշգրիտ տեղադրման հնարավորություն,
3. ՀՀ պաշտպանության և անվտանգության կարիքների համար առկա հողատարածքների և շինությունների չափագրման աշխատանքների բարձր ճշտության թվային ելակետային ավտոմատացված տեղեկատվական կոորդինատային հիմք (կադաստրային հատակագծերի ստեղծում, շենքերի և շինությունների նախագծման համար հանութային հատակագծերի ստեղծում, նշահարման աշխատանքների իրականացում, կատարողական հանութայինների ստեղծում և այլ քարտեզագրագեոդեզիական աշխատանքների կատարում),
4. ՀՀ պաշտպանության և անվտանգության կարիքների համար բարձր ճշտության տեղային և հատուկ գեոդեզիական ցանցերի ստեղծման հնարավորություն,
5. ՀՀ սահմանապահ ստորաբաժանումների նավիգացիոն համակարգերի ապահովում,
6. ՀՀ զինված ուժերի տեղակայման և տեղաշարժերի երկրատեղեկատվական համակարգերի ստեղծման և վարման հնարավորություն,
7. ՀՀ պաշտպանության և անվտանգության կարիքների համար ճշգրիտ և հուսալի տեղագրական թարմ քարտեզներով ապահովում,
8. որոնողական և փրկարարական գործունեության գործառույթներում ճշգրիտ տեղորոշման ապահովում,
9. ՀՀ պաշտպանության և անվտանգության կարիքների համար տեխնիկական միջոցների դիրքորոշման համակարգի տեղորոշման մշտադիտարկում,
10. ՀՀ պաշտպանության և անվտանգության կարիքների համար օգտագործվող անօդաչու թռչող սարքերին իրական ժամանակում ճիշտ գեոկապակցված աերոտիեզերանկարներով և օրթոֆոտոհատակագծերով ապահովում:

Եզրակացություն

Մշակված նավիգացիոն մշտական գործող ռեֆերենց կայանների ցանցը բաղկացած է 10 ռեֆերենց կայաններից, որոնց միջև հեռավորությունը 80 կմ է, այսինքն կայանների շառավիղը ընդունվել է 40 կմ, վերածածկույթը՝ 5 կմ, իսկ ՀՀ պետական սահմանագծից դուրս ծածկույթը՝ մինչև 5 կմ: Ռեֆերենց ցանցը կապակցվում է ՀՀ տարածաշրջանի մոտակայքում մինչև 2000 կմ

շառավղով գտնվող 11 ITRF կայաններին, հավասարակշռման աշխատանքներում ներգրավվելու են Կադաստրի կոմիտեի համակարգում գործող 12 ռեֆերենց կայանները: Նորաստեղծ ռեֆերենց ցանցը կունենա մեկ սերվեր, որը կարող է սպասարկել մինչև 500 օգտագործողների: Նախագիծը մշակվել է ԲՏԱ նախարարության «Գեոկոսմոս» ՓԲԸ-ում, այն համաձայնեցված է ՀՀ պաշտպանության նախարարության և Ռազմաարդյունաբերության կոմիտեի համապատասխան մասնագետների հետ:

Գրականության ցանկ

- [1] Zero-order network of Armenia, AM2-4-2. Swedesurvey, 2003, 52 p.
- [2] 1st Order Network of Armenia: Ref. No. 2002-004115. - SWEDESURVEY, 2003, 161 p.
- [3] Armenia Continuous Operating Reference Stations Coordinates Computation Report. Yerevan, 2013, 21 p.
- [4] <https://www.google.com/search>
- [5] **Հ.Ս.Պետրոսյան**, Հայաստանի պետական և ազգային գեոդեզիական ցանցերի հիմնական դրույթներ (մենագրություն). ՃՇՀԱՀ, Երևան, 2019, 196 էջ:
- [6] Правила установки постоянно действующих референционных станций, Приказ Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан от 14 марта 2023 года № 91/НК.
- [7] **Հ.Ս. Պետրոսյան**, Արբանյակային և էլեկտրոնային տեխնոլոգիաները գեոդեզիայում, մենագրություն. Երևան, 2022, 360 էջ:
- [8] 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 մասշտաբի տեղագրական հանույթների հրահանգ:
- [9] I, II, III և IV դասերի նիվելիրացման հրահանգ:
- [10] Պետական արբանյակային (Դարբըլու-Ջի-Էս-84 (WGS-84) կոորդինատային համակարգում) գեոդեզիական ցանցի կառուցման հրահանգ:
- [11] Գեոդեզիական կետերի կենտրոնների և արտաքին մետաղական նշանների ՀՍ 226-2002:
- [12] **Կ.Մ. Անտոնովիչ**, Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии, том 1. ФГУП Картеоцентр, Москва, 2005, 333 с.
- [13] **Կ.Մ. Անտոնովիչ**, Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии, том 2. ФГУП Картеоцентр, Москва, 2005, 359 с.
- [14] [https://hy.wikipedia.org/wiki/ Գիշերահավասար](https://hy.wikipedia.org/wiki/Գիշերահավասար):
- [15] <https://ru.wikipedia.org/wiki/RINEX> .
- [16] https://www.google.com/search?q=Bernese+GNSS+v5.0&rlz=1C1IXYC_ru
- [17] <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2024-12/eurocontrol-coordinate-reference-systems-basic-user-guide.pdf>
- [18] **Հ.Ս. Պետրոսյան, Մ.Ռ. Վարդանյան, Ս.Հ. Պետրոսյան**, ՀՀ պետական մասշտաբային շաբլի տեղագրական քարտեզները ՏԿ-42 կոորդինատային համակարգից WGS-84 համակարգ անցման աշխատանքների վերլուծությունը. ՃՇՀԱՀ Գիտական աշխատություններ Հ.2(83) (2022) 79-80:

ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ СЕТИ НАВИГАЦИОННЫХ РЕФЕРЕНЦНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ НУЖД ОБОРОНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ РА

**Овсеп Сергеевич Петросян^{1*}, Манук Размикович Варданян, Валерий Александрович
Алексанян², Степан Каренович Петросян¹, Фред Ферденантович Ахоян³**

¹Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА

²НАН РА Центр экологоноосферных исследований, г. Ереван, РА

³Ереванский государственный университет, г. Ереван, РА

*hovsep-petrosyan@mail.ru

Обоснован и разработан проект создания сети стационарных навигационных опорных станций для нужд обороны и безопасности в приграничных зонах Республики Армения, который предусматривает схему опорной сети, условия выбора мест для отдельных станций, сеансы наблюдения сети и периоды наблюдения. В соответствии с днями и сеансами наблюдения, в качестве исходных данных для геопривязки сети опорных станций следует использовать координаты 12 стационарных станций, действующих в Республике Армения, и станций ITRF, расположенных в радиусе до 2000 км вблизи территории республики за тот же период. Уравнивание и уравнивание навигационной опорной сети должны осуществляться с использованием программного пакета Bernese GNSS v5.0. Для оценки точности окончательно рассчитанных координат опорных станций их сравнивают с координатами ITRF20 станций ITRF, участвующих в процессе уравнивания. Приведены условия выбора местоположения опорной станции GNSS и антенны, железных шкафов для приема данных сигнала, защищенных от пыли и влаги, а также установки и эксплуатации сервера. Для выполнения картографических, геодезических и инженерных работ рассчитанные координаты периода наблюдений преобразуются методом Гельмерта в систему координат РА НГС (ARMREF02). Планируемая сеть может обеспечить единую автоматизированную цифровую гибкую геодезическую систему координат на всей территории Республики Армения, которая сможет предоставлять необходимые геодезические данные с высокой точностью для оборонных, образовательных, проектных, практических, географических информационных и навигационных систем в оборонной, охранной, экономической и научной сферах Республики Армения. Это значительно повысит производительность труда, сократит затраты и время на проектные и практические работы, количество квалифицированного персонала и обеспечит безопасность базовых станций. Кроме того, лица, осуществляющие геодезические и картографические работы, будут иметь в своем распоряжении автоматизированную многомерную многослойную информационную систему.

Ключевые слова: опорная станция, сеть ITRF, национальная геодезическая сеть, преобразование системы координат, программный пакет Bernese GNSS, координаты, центр управления навигационной сетью

RATIONALE FOR THE CREATION OF A NETWORK OF NAVIGATION REFERENCE STATIONS FOR THE NEEDS OF THE DEFENSE AND SECURITY OF THE REPUBLIC OF ARMENIA

Hovsep Petrosyan^{1*}, Manuk Vardanyan, Valeri Aleksanyan², Stepan Petrosyan¹, Fred Akhoyan³

¹*National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA*

²*Center for Ecological-Noosphere Studies of the NAS RA, Yerevan, RA*

³*Yerevan State University, Yerevan, RA*

**hovsep-petrosyan@mail.ru*

A project for the creation of a network of fixed navigation reference stations for defense and security needs in the border zones of the Republic of Armenia has been substantiated and developed. The project includes a reference network layout, site selection criteria for individual stations, network observation sessions, and observation periods. Based on the observation days and sessions, the coordinates of 12 fixed stations operating in the Republic of Armenia and ITRF stations located within a radius of up to 2000 km near the territory of the Republic for the same period should be used as the initial data for georeferencing the network of reference stations. Adjustment and balancing of the navigation reference network should be performed using the Bernese GNSS v5.0 software package. To assess the accuracy of the final calculated coordinates of the reference stations, they are compared with the ITRF20 coordinates of the ITRF stations involved in the adjustment process. The selection criteria for the GNSS reference station and antenna location, dust- and moisture-protected metal cabinets for signal reception, and server installation and operation are provided. For cartographic, geodetic, and engineering work, the calculated coordinates for the observation period are transformed into the RA NGS (ARMREF02) coordinate system using the Helmert method. The planned network can provide a unified, automated, digital, flexible geodetic coordinate system throughout the Republic of Armenia, capable of providing the necessary high-precision geodetic data for defense, educational, design, practical, geographic information, and navigation systems in the defense, security, economic, and scientific fields of the Republic of Armenia. This will significantly increase labor productivity, reduce the costs and time of design and practical work, reduce the number of qualified personnel, and ensure the security of base stations. In addition, those performing geodetic and cartographic work will have access to an automated multidimensional, multilayered information system.

Keywords: *reference station, ITRF network, national geodetic network, coordinate system transformation, Bernese GNSS software package, coordinates, navigation network control center*

Պետրոսյան Հովսեփ Սերգեյի, տ.գ.դ. (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, ավագ գիտաշխատող, (+374)93999060, hovsep-petrosyan@mail.ru, **Վարդանյան Մանուկ Ռազմիկի, տ.գ.դ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) – (+374)93337777, m.vard1@yahoo.com, **Ալեքսանյան Վալերի Ալեքսանդրի, գ.գ.դ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՀՀ ԳԱԱ, Էկոլոգոնոսֆերային հետազոտությունների կենտրոն, գիտաշխատող, (374)97231111, valerialeksanyan49@mail.ru, **Պետրոսյան Ստեփան Կարենի, տ.գ.թ.** (ՀՀ, ք. Մեծամոր) – ՃՇՀԱՀ, Ինժեներական գեոդեզիայի ամբիոն, դասախոս, (374)94722055, **Ախոյան Ֆրեդ Ֆուրմանի** (ՀՀ, ք. Մեծամոր) – Երևանի պետական համալսարան, ասպիրանտ, (+374)77788719, fred.akhoian@gmail.com
Петросян Овсен Сергеевич, д.т.н. (РА, г. Ереван) - НУАСА, старший научный сотрудник, (+374)93999060, hovsep-petrosyan@mail.ru, **Варданян Манук Размикович, д.т.н., доцент** (РА, г. Ереван) – (+374)93337777,

m.vard1@yahoo.com, Алексанян Валерий Александрович, д.с.-х.н., доцент (РА, г. Ереван)- НАН РА, Центр экологоноосферных исследований, научный сотрудник, (374)97231111, valerialeksanyan49@mail.ru, Петросян Степан Каренович, канд.техн.наук (РА, г. Мецамор) – НУАСА, кафедра Инженерной геодезии, преподаватель, (374)94722055, Ахоян Фред Фурманович (РА, г. Мецамор) – Ереванский государственный университет, аспирант, (+374)77788719, fred.akhoian@gmail.com
Petrosyan Hovsep, Doctor of Science (engineering) (RA, Yerevan) – NUACA, senior scientific researcher, (+374)93999060, hovsep-petrosyan@mail.ru, **Vardanyan Manuk, Doctor of Science (engineering), Associate Professor** (RA, Yerevan) – (+374)93337777, *m.vard1@yahoo.com*, **Petrosyan Stepan, doctor of philosophy (Ph.D) in Engineering** (RA, Metsamor) – NUASA, Department of Engineering Geodesy, lecturer, (374)94722055, **Akhoyan Fred** (RA, Metsamor) -Yerevan State University, postgraduate student, (+374)77788719, *fred.akhoian@gmail.com*

Ներկայացվել է՝ 23.06.2026թ.

Գրախոսվել է՝ 23.07.2026թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 30.09.2026թ.