

**ԲԱՐՁՐ ՃՇՏՈՒԹՅԱՆ ԼԱԶԵՐԱՅԻՆ ԴԵՖՈՐՄԱՄԵՏՐԻ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅԱՆ ԵՎ  
ԳՐԱՖԻԿԱԿԱՆ ԱՐՏԱՊԱՏԿԵՐՄԱՆ ԱԼԳՈՐԻԹՄԻ ՄՇԱԿՈՒՄ**

**Հովսեփ Սերգեյի Պետրոսյան՝ Ազատ Լիպարիտի Սմբատյան, Տաթևիկ Ռոբերտի Խաչիկյան**

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

*Hovsep-petrosyan@mail.ru*

*Լազերային դեֆորմամետրի ստեղծման համար մշակվել է հետևյալ մեթոդը. լազերային ճառագայթն ընդունվում է հսկիչ կետում տեղակայված լազերային սովիչից, անդրադարձած լույսը գրանցվում է ֆոտոէլեմենտային մատրիցայում, որից հետո դիտարկված սվյալները փոխանցվում են դեկավարման հանգույցին, որտեղ կատարվում է սվյալների վերլուծություն և թափամեղման (բուֆերացման) գործողություններ, ինչից հետո մշակված սվյալները փոխանցվում են համակարգիչ: Համակարգչում ներդրված ծրագրի շնորհիվ ստացված սվյալներով հաշվարկվում և գրաֆիկորեն ցուցադրվում են լազերային ընդունիչում գրանցված փոփոխությունները: Ըստ բանաձևերով մշակված տեսական սվյալների կարելի է ապահովել վերազանցումների որոշման ճշտությունը 40 մկմ, իսկ ընտրված սվիչն ապահովում է մոտ 200 մկմ քայլային ճշտություն:*

***Բանալի բառեր.** լազերային դեֆորմամետր, հսկիչ կետ, վերազանցումներ, համակարգչային ծրագիր, սվյալներ, ընդունիչ*

### **Ներածություն**

2021 թ. ՃՇՀԱՀ-ում որպես «Գիտահետազոտական աշխատանքների իրականացման ներքին դրամաշնորհային մրցույթ» իրականացվել են աշխատանքներ «Լազերային դեֆորմամետրի նախագծում և պատրաստում» թեմայով: Նշված թեմայի շրջանակում մշակվել է լազերային դեֆորմամետրի ստեղծման տեխնիկական նախագիծ:

Համաձայն լազերային դեֆորմամետրի ստեղծման համար մշակված տեխնիկական նախագծի 8-րդ կետի [1], մշակվել է դեֆորմացիաների որոշման հաշվարկի ալգորիթմ, որով կիրականացվի ինչպես լազերային սովիչից լազերային դեֆորմամետր, այնպես էլ լազերային սովիչների միջև տարբերության (նստվածքի) գնահատում:

### **Նյութեր և մեթոդներ**

Շահագործման ընթացքում ցանկացած նշանակության կառույցների հիմքերն ու առանձին կոնստրուկցիաները ենթարկվում են ձևախախտումների: Այդ ձևախախտումների որոշման գեոդեզիական չափագրման հիմնական եղանակներն են՝ բարձր դասի երկրաչափական նիվելիրացումը [2-5] և հիդրոնիվելիրացումը [6-9]:

Ներկայումս ՀՀ-ում ձևախախտումների որոշման ձևաչափը կարգավորվում է նորմատիվ տեխնիկական փաստաթղթերով [10-13]: Երկրաչափական նիվելիրացման եղանակը հիմնականում կիրառվում է ձևախախտման հսկիչ կետերի տեսանելիության դեպքում, իսկ տեսանելիության բացակայության դեպքում նպատակահարմար է կիրառել հիդրոդինամիկական նիվելիրացում:

### Արդյունքներ և քննարկում

Նոր ստեղծվող Լազերային դեֆորմամետրի չափագրման սկզբունքը հանդիսանում է ոչ թե գործիքով անմիջապես չափման միջոցով հսկիչ կետերի միջև որոշելու վերազանցումներ, այլ մշակվել է համակարգ, որում ընդգրկված են տվիչների հանգույցը՝ տեղեկատվության գրանցման համար, և դեկավարման հանգույցը, որտեղ տեղադրված է PIC16F57Q84 միկրոստուգիչը, որով ընդունվում և մշակվում են տվիչներից եկած ազդանշանները և այդ տվյալները հատուկ միջարկի (ինտերֆեյս) միջոցով փոխանցվում են համակարգիչ՝ տվյալների վերլուծում և արտաբերում կատարելու նպատակով: Դրա համար անհրաժեշտ է մշակել նոր ալգորիթմ:

Ալգորիթմի մշակման համար ուսումնասիրվել են տեխնիկական առաջադրանքի և տեխնիկական նախագծով նախատեսված բոլոր պահանջները, որի հիմքով ստեղծվել է չափագրման նոր համակարգ, որով հսկիչ կետերի նստվածքները կորոշվեն ոչ թե վերազանցումների ուղղակի չափման միջոցով, այլ վերազանցումը կորոշվի հսկիչ կետում տեղադրված լազերային ընդունիչում գրանցված, յուրաքանչյուր կետում սևեռված լազերային տվիչից՝ ճառագայթի տեղաշարժով:

Մշակված ալգորիթմի էությունը հետևյալն է. տվյալների վերլուծության և թափամեղման գործողություններից հետո մշակված տվյալները COM մատույցով (պորտով) փոխանցվում է համակարգչային ծրագրին, որում կատարվում է տվյալների մշակում և ընդունիչում գրանցված դեֆորմացիաները ցուցադրվում են գրաֆիկի տեսքով:

Համաձայն [1]-ում տրված սխեմայի (նկ. 1), ճառագայթն անշարժ պատվանդանին ամրացված լազերից ուղղահայաց ընկնում է պատին ամրացված հայելուն, այդ դեպքում տվիչի վրա ընկնող փոփոխությունը կհաշվարկվի՝

$$x = y/\sin\alpha, \tag{1}$$

իսկ հաջորդ փուլերում դիտարկման ժամանակ փոփոխությունը կորոշվի՝

$$\Delta x = \Delta y/\sin\alpha, \tag{2}$$

որտեղ  $y$ -ը հաշվարկվող դեֆորմացիան է, իսկ  $x$ -ը՝ տվիչի վրա ընկնող ազդանշանի փոփոխությունը: Որպեսզի հաշվարկվող  $y$  դեֆորմացիան ավելի ճշգրիտ հաշվարկվի, անհրաժեշտ է  $\alpha$ -ի արժեքը ընդունել  $1^\circ$ -ից մինչև  $10^\circ$  տիրույթում: Համաձայն (2) հավասարման, կարելի է նշել, որ ինչքան փոքր է  $\alpha$ -ի արժեքը, այնքան ճշգրիտ կարելի է որոշել տվիչի վրա ընկնող ազդանշանի փոփոխությունը: Աղյուսակում տրված են ըստ անկյունների աճման փոփոխության  $\sin\alpha$  ֆունկցիայի արժեքները [14]: Դեֆորմամետրի դեկավարման հանգույցում տեղադրված տվիչի ճշտությունը կազմում է 200 մկմ, որը հանդիսանում է ըստ  $\sin\alpha$  արժեքի քայլային գործակից:



Առկա է 4 տվիչ, որոնցից յուրաքանչյուրն ունի 64 պիքսել: 16-ական համակարգով տվյալները, որոնք համակարգչային ծրագրում նախնական ունեն *string* տիպ՝ վերափոխվում են *unsigned int* տիպի, ինչից հետո վերածվում են մատրիցաների և զանգվածների: Ծրագրային կողմում կատարված հաշվարկներով որոշվում է եկած տվյալներից մեծագույնի արժեքը, որն էլ լազերային ճառագայթի կենտրոնն (կիզակետ) է: Արդյունքում ընդունիչում գրանցված փոփոխություններն արտապատկերվում են գրաֆիկական տեսքով:

Ծրագրային կողմը գրվել է *NodeJs* ծրագրավորման լեզվով [15]:

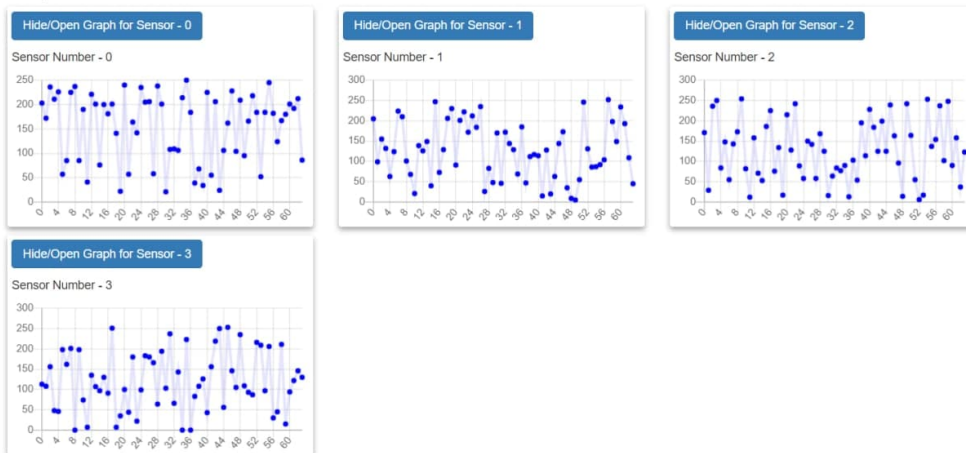
Լազերային դեֆորմամետրը միացվել է COM մատույցին, որպեսզի ստացվեն տվյալները [16]: Օգտագործվել է *Socket IO* [17], որպեսզի *NodeJs*-ից դեպի *Web Interface* տվյալներ փոխանցվի: Կատարելով համապատասխան հաշվարկներ՝ *xy* հարթության վրա արտապատկերվում են գրանցված ձևախախտումները (նկ. 2):

Select port , set sensor count and pixel density, then press start to connect

Նկ. 2. Մատույցի, տվիչի և պիքսելների ընտրություն

Նկ. 2-ի առաջին տողում ընտրվում է COM մատույցը, որին միացված է լազերային դեֆորմամետրը, 2-րդ տողում տվիչների քանակն է, 3-րդ տողում՝ ամեն մի տվիչի պիքսելների քանակը: Այս ամենը կատարելուց հետո, սեղմելով *Connect*, *COM* մատույցը միանում է *Web Interface*-ին և էկրանին գրաֆիկորեն ցուցադրվում են գրանցված շեղումները (ձևախախտումները):

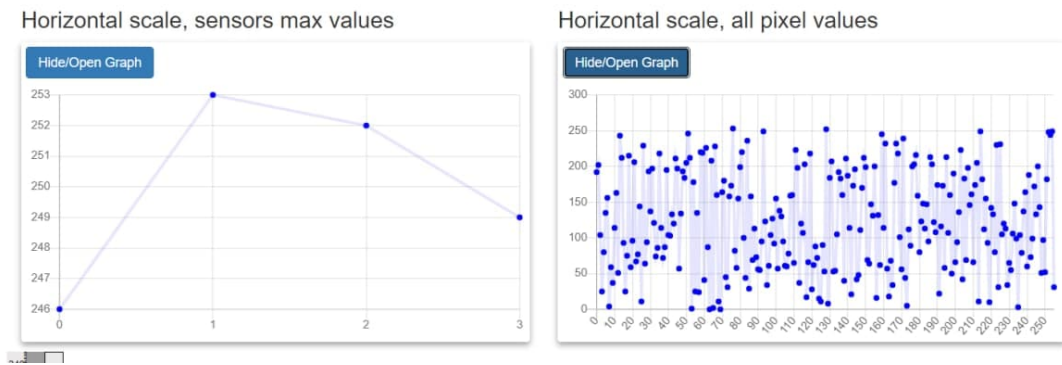
Graphs for sensors data



Նկ. 3. Պիքսելից եկած արժեքների արտապատկերումը գրաֆիկական տեսքով

Նկ. 3-ում ցուցադրվում են ամեն մի տվիչից ստացված արժեքները, քանի որ ամեն մի տվիչ պարունակում է պիքսելների խումբ, տվյալ դեպքում ներկայացված է ամեն մի պիքսելի արժեքը: Տվյալ համակարգում օգտագործվել են մի քանի տվիչներ, այդ դեպքում արտապատկերվում են մի քանի գրաֆիկական պատուհաններ:

Նկ. 4-ի ձախ հատվածում ցուցադրված է ընդունիչում ստացված ձևախախտումները գրաֆիկի տեսքով, իսկ աջ մասում՝ COM մատույցից եկած պիքսելների տվյալները:



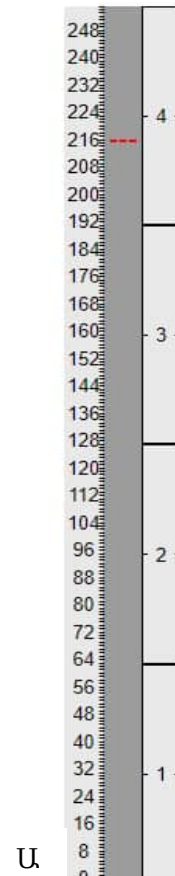
Նկ. 4. Ընդունիչում ստացված դեֆորմացիաները

Նկ. 5-ի ձախ կողմում պիքսելներն են, այս դեպքում՝ 0-ից 4x64 հատ, իսկ աջ մասում տվիչները՝ 4 հատ: Մանդղակի վրա գծիկներով ցույց է տրված լազերի ճառագայթը:

Ի դեպ, մշակված ծրագրային ապահովման ինտերֆեյսում առանձնացված է պիքսելային քայլի ընտրության դաշտն ըստ չափման՝ մկմ արժեքի, որը համապիտանի է, եթե կիրառվեն տարբեր ֆոտո տվիչներ, որոնք ունեն ճշտության տարբեր մեծություններ. տվյալ դեպքում այն կազմում է մոտավորապես 200 մկմ (175 մկմ): Առկա է վերջնահաշվարկային պատուհան, որտեղ վերջնական արդյունքներն արտահայտվում են ըստ հաշվարկային բանաձևի՝  $\Delta x = \Delta y / \sin \alpha$ , այսինքն, կախված հայելու վրա ընկնող ազդանշանի թեքման աստիճանի՝ ապահովվում են ավելի բարձր դեֆորմացիայի ճշտություններ (ըստ ներկայացված օրինակի՝ 40 մկմ):

**Եզրակացություն**

Դեֆորմամետրի նախագծման և պատրաստման փուլերում մշակվել է ալգորիթմ, ըստ որի տվյալների վերլուծության և թափամեղմման գործողություններից հետո մշակված տվյալները COM մատույցով փոխանցվում է համակարգչային ծրագրին, ուր կատարվում է տվյալների մշակում և ընդունիչում գրանցված դեֆորմացիաները ցուցադրվում են գրաֆիկի տեսքով: Այսպիսով, կարելի է նշագրել, որ ստեղծված լազերային դեֆորմամետրի օրինակով տրված գործակցային հաշվարկի դեպքում տեսական-



Նկ. 5. Պիքսելներն ու տվիչներն արտապատկերող սանդղակ

րեն ապահովվում է մինչև 40 մկմ ճշտություն, իսկ  $\alpha$ -ի ավելի փոքր արժեքների դեպքում կարելի է ապահովել ավելի բարձր ճշտություն: Մա կառույցների ձևախախտումների որոշման նոր եղանակ է, որի կիրառման դեպքում բացառվում են մարդկային և գործիքային գործոններով ի հայտ եկող չափազրման սխալները:

### Գրականության ցանկ

- [1] **Հ.Ս. Պետրոսյան, Ա.Լ. Սմբատյան, Վ.Մ. Գևորգյան, Տ.Ռ. Խաչիկյան**, Լազերային դեֆորմամետրի նախագծում և պատրաստում, ՃՇՀԱՀ Գիտական աշխատություններ 1 (82) (Երևան, 2022) 83-90:
- [2] Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов, ЦНИИГАиК, Москва, 2004, 226 с.
- [3] I, II, III և IV դասերի նիվելիրացման հրահանգ. հաստատված ՀՀ Կառավարությանն առընթեր անշարժ գույքի կադաստրի պետական կոմիտեի նախագահի 2007 թ. ապրիլի 23-ի N 86-Ն հրամանով, գրանցված է ՀՀ արդարադատության նախարարության կողմից՝ 2007թ.-ի սեպտ. 3-ին, 32207312, Երևան, 76 էջ:
- [4] **Վ.Ա. Մարգարյան**, Կիրառական գեոդեզիա. Շինարարության գեոդեզիական ապահովումը. Ուսումնական ձեռնարկ, ԵրՃՇՊՀ, Երևան, 2015.-231 էջ:
- [5] **В.В. Авакян**, Прикладная геодезия. Геодезическое обеспечение строительного производства. Амалданик, Москва, 2013, 432 с.
- [6] **И. Ю. Васютинский**, Гидростатическое нивелирование. Недра, Москва, 1976, 61 с.
- [7] **А.М. Бархударян, Р.А. Мовсесян**, Теоретические основы метода гидродинамического нивелирования, Геодезия и аэрофотосъемка 1 (1976) 9-14.
- [8] **С.В. Марфенко**, Геодезические работы по наблюдению за деформациями сооружений: Учебное пособие. Изд-во МГУГиК, Москва, 2004, 35 с.
- [9] Инженерная геодезия. Под ред. **Михелева Д.Ш.**, Академия, Москва, 2008, 342 с.
- [10] Ջերմային և ատոմային կայանների հիմքերի նստվածքների, շենքերի և շինությունների կոնստրուկցիաների դեֆորմացիաների, խորքային ջրերի ռեժիմների դիտարկումների մեթոդական ցուցումներ, МУ-34-70-084-84 հրահանգ:
- [11] Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений, Москва, 2014, 172 с.
- [12] **СНиП 2.02.01-83**. Основания зданий и сооружений, Москва, 1995, 156 с.
- [13] **ГОСТ 24846-81**. Грунты. Методы измерения деформаций основания зданий и сооружений, Издательство стандартов, Москва, 1986, 156 с.
- [14] **И. Петерс**, Шестизначные таблицы тригонометрических функций, Недра, Москва, 1975, 293 с.
- [15] Node.js® is an open-source, cross-platform JavaScript runtime environment.
- [16] <https://serialport.io/>
- [17] <https://socket.io/> Bidirectional and low-latency communication for every platform

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АНАЛИЗА И ГРАФИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ДАННЫХ ВЫСОКОТОЧНОГО ЛАЗЕРНОГО ДЕФОРМОМЕТРА

**Овсеп Сергеевич Петросян\***, **Азат Липаритович Смбалян**, **Татевик Робертовна Хачикян**

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

*\*hovsep-petrosyan@mail.ru*

*Для создания лазерного деформометра был разработан следующий метод: лазерный луч поступает от лазерного датчика, расположенного в контрольной точке, отраженный свет записывается в матрицу фотоэлемента, после чего данные передаются в контрольный узел, где выполняются операции анализа и буферизации данных, затем обработанные данные передаются на*

компьютер. Благодаря разработанной компьютерной программе регистрируемые в лазерном приемнике изменения рассчитываются и полученные данные графически отображаются. По теоретическим данным, разработанным по формулам, можно обеспечить точность определения превышений на уровне 40 мкм, а выбранный датчик обеспечивает точность шага около 200 мкм.

**Ключевые слова:** лазерный деформометр, исходная точка, превышение, ПО, данные, приемник

## DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR ANALYSIS AND GRAPHIC DISPLAY OF DATA OF A HIGH-PRECISION LASER DEFORMOMETER

**Hovsep Petrosyan\*, Azat Smbatyan, Tatevik Khachikyan**

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

\*hovsep-petrosyan@mail.ru

*To create a laser deformometer, the following method was developed: the laser beam comes from the laser sensor located at the control point, the reflected light is recorded in the photocell matrix, after which the observed data is transmitted to the control node, where data analysis and buffering operations are performed, after which the data is processed and transferred to the computer. Thanks to a program built into the computer, the changes registered in the laser receiver are calculated and graphically displayed with the received data. According to the theoretical data developed by the formulas, we can provide precipitation accuracy of 40 μm, and the selected sensor provides a step accuracy of about 200 μm.*

**Keywords:** laser deformometer, control point, levelling, data, receiver, software

**Պետրոսյան Հովսեփ Սերգեյի, տ.գ.դ.** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, ավագ գիտաշխատող, (+374)93999060, hovsep-petrosyan@mail.ru, **Սմբատյան Ազատ Լիպարիտի** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, Ինֆորմատիկայի, հաշվողական տեխնիկայի և կառավարման համակարգերի ամբիոն, դասախոս, (+374)55788077, azatsmbatyan@gmail.com, **Խաչիկյան Տաթևիկ Ռոբերտի** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, Ինֆորմատիկայի, հաշվողական տեխնիկայի և կառավարման համակարգերի ամբիոն, մագիստրոս, (+374)93338738, tatevkhachikyan10@gmail.com

**Петросян Овсен Сергеевич, д.т.н.** (РА, г. Ереван) - НУАСА, с.н.с., (+3749)3999060, hovsep-petrosyan@mail.ru, **Смбатян Азат Липаритович** (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Информатики, вычислительной техники и систем управления, преподаватель, (+374)55788077, azatsmbatyan@gmail.com, **Хачикян Татевик Робертовна** (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Информатики, вычислительной техники и систем управления, магистр, +37493338738, tatevkhachikyan10@gmail.com

**Petrosyan Hovsep, doctor of science (engineering)** (RA, Yerevan) – NUACA, senior scientific researcher (+374)93999060, hovsep-petrosyan@mail.ru, **Smbatyan Azat** (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of Informatics, Computing Technology and Management Systems, Lecturer (+374)55788077, azatsmbatyan@gmail.com, **Khachikyan Tatevik** (RA, Yerevan) - NUACA, Chair of Informatics, Computing Technology and Management Systems, Master student, (+374)93338738, tatevkhachikyan10@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 19.12.2022թ.

Գրախոսվել է՝ 13.01.2023թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 20.04.2023թ.