

ԻՐԱԿԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿՈՒՄ ՍՈՂԱՆՔՆԵՐԻ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՎԱԾ ՍՈՆԻՏՈՐԻՆԳԻ ԾՐԱԳՐԱՅԻՆ ԱՊԱՀՈՎՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

© 2018 թ. Ա.Ա. Ավագյան, Ա.Ա. Մկրտումյան, Ն.Հ. Տաթայան,
Հ.Հ. Երիցյան, Ա.Ա. Առաքելյան

ՀՀ ԳԱՍ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ
0019, Երևան, Մարշալ Բաղրամյանի պ. 24ա, ՀՀ
E-Mail: arshavir.avagyan@gmail.com
Հանձնված է խմբագրություն 16.02.2018թ.

Հոդվածում նկարագրվում է սողանքների գործիքային անընդհատ մոնիտորինգի և արդյունքների առցանց մշակման և օգտագործման համակարգի ծրագրային ապահովումը: Համառոտ ներկայացվում է նաև մոնիտորինգի համակարգի գործիքային կազմը, և տվյալների փոխանցման սկզբունքը: Ներկայացվող ավտոմատացված համակարգը Հայաստանում ներդրում է առաջին անգամ: Նրա հիմնական բաղադրիչը հանդիսացող համակարգչային ծրագիրը նույնպես չունի իր նմանակը: Ծրագիրը մեկ տարուց ավելի գործում է ՀՀ տարածքի երեք սողանքների օրինակով կազմակերպված համակարգում, որի նպատակն է սողանքների վտանգի նվազեցումը: Նրա հիմնական սկզբունքները և ծրագրային մոդուլները կարող են օգտագործվել այլ բնական գործընթացների և համակարգերի ավտոմատացված մոնիտորինգի նպատակով:

Հանգուցային բառեր. սողանք, մոնիտորինգ, բնական վտանգներ, ծրագրային ապահովում

Ներածություն

ՀՀ տարածքում տարբեր հեղինակների տվյալներով գոյություն ունեն 2000-ից ավելի սողանքային տեղամասեր: Դեռ 1986թ. Հայհոդ-նախագիծ ինստիտուտի կողմից քարտեզագրվել են 2200-ից ավելի սողանքներ (դեկավար՝ Ա.Ա. Ղազանճյան): Հետագա մանրամասն աշխատանքների արդյունքում դրանց թիվը գնահատվում է 3500-ի կարգի (Boynagryan, 2009): Ճապոնիայի միջազգային համագործակցության գործակալության կողմից իրականացված հետազոտությունների արդյունքում քարտեզագրվել են 2514 ակտիվ սողանքներ (JICA, 2004): Վերջին տարիներին նույն կազմակերպության աշխատանքների շնորհիվ հայտնի սողանքներից մոտ 140-ը գույքագրվել են և կազմվել է դրանց նկարագրության տվյալների հենք:

ՀՀ տարածքի սողանքները մանրամասն ուսումնասիրվել են տասնամյակների ընթացքում: Որոշակի ժամանակահատվածում նաև իրականացվել է գեոդեզիական մոնիտորինգ, սակայն այն անհրաժեշտ կերպով չի իրականացվում տարիներ ի վեր:

Սողանքային աղետի ռիսկը նվազեցնելու արդյունավետ եղանակ է մշտապես գործող մոնիտորինգը, հատկապես երբ հնարավոր է դի-

տարկման տվյալները ստանալ և մշակել առցանց ռեժիմում (Резник и др., 2009; Baum et al., 2012; Bednarczyk, 2013; Corominas et al., 2000; Moya et al., 2017; Ramesh, 2009; Reid et al., 2012; Savvaidis, 2003; Smith et al., 2013): Ժամանակակից չափման սարքերի բարձր ճշտությունը, դիտարկման տվյալների մշակման և վերլուծության զարգացած տեխնոլոգիաները և համացանցի վստահելիությունն ու արագությունը մոնիտորինգը դարձրել են իրականին մոտ ժամանակում կատարվող գործողություն (quasy real time activity), որի միջոցով հնարավոր է դառնում բնակչության վաղ ազդարարումը վտանգի մասին (early warning) (Топроев, 2013; Bednarczyk, 2013; Intrieri et al., 2012; Intrieri et al., 2013; Medina-Cetina et al., 2007; Yueping et al., 2010):

Մի շարք երկրներ գրեթե իրական ժամանակում սողանքների մոնիտորինգ իրականացնելու մեծ փորձ են ձեռք բերել (Ramesh, 2009; Yueping et al., 2010; Baum et al., 2012; Топроев, 2013; Bednarczyk, 2013):

Հայտնի է Հաստանում իրականացված սողանքային պրոցեսի ավտոմատացված մոնիտորինգի մեկ կարճատև փորձ, որն օգտագործվել է ռոբոտացված էլեկտրոնային տախեոմետրով Ողջաբերդի սողանքի տարածքում (Резник и др., 2009): Վերջին տարիներին Ճապոնիայի Կառավարության օժանդակությամբ ստեղծված սողանքների մոնիտորինգի համակարգն առաջինն է Հայաստանում, որը գործում է առցանց իրական ժամանակում ավելի քան մեկ տարվա ընթացքում: Հողվածում ներկայացվող ծրագրային ապահովումը այդ համակարգի անբաժանելի մասն է: Այն կազմվել է հողվածի հեղինակների կողմից՝ հաշվի առնելով բնական երևույթների մոնիտորինգի ժամանակակից փորձը ինչպես գրունտների հատկությունների փոփոխության և դեֆորմացիայիների չափման, գրանցման, այնպես էլ տվյալների փոխանցման, մշակման և վերլուծության ուղղությամբ:

Առկա ինժեներական կառուցվածքների և վտանգավոր երկրաբանական երևույթների մոնիտորինգի համակարգերի նկարագրություն

Նշված ուղղություններով գործնականում առավելապես կիրառվում են հետևյալ ծրագրային միջոցները. GeoMos (<http://www.leica-geosystems.com>), GeoMonitor (<http://www.solexperts.com>), IGM (<http://www.intermetric.de>), GOCA (<http://www.goca.info>), 4D Control (<http://www.trimble.com>), OSNET (<http://www.osasi.co.jp>):

Վերը նշված ծրագրային միջոցները օգտագործում են ինչպես օպտիկական և GNSS սենսորներ, այնպես էլ գեոտեխնիկական և սեյսմիկ սարքավորումներ:

Հայաստանում երեք սողանքային տեղամասերում տեղադրված մոնիտորինգի համակարգը կառուցված է Ճապոնական OSASI ֆիրմայի սենսորների օգտագործմամբ և ունի յուրահատուկ գործառույթներ, որոնք բացակայում են վերը նշված ծրագրային համակար-

գերում: Այդ պատճառով Հայաստանում կազմակերպված մոնիտորինգի համակարգի համար կազմվել է հոդվածում նկարագրվող ծրագրային ապահովումը: Դրա յուրահատուկ գործառույթներից մեկը բնակչության վաղ ազդարարման ապահովումն է:

Մոնիտորինգի համակարգի ընդհանուր բնութագիրը և աշխատանքի սկզբունքները

Ներկայացվող մոնիտորինգի համակարգն իրականացնում է հետևյալ հաջորդական գործողությունները.

- ավտոմատ կերպով բարձր հաճախականությամբ (5-10 րոպե) դիտարկվում են սողանքի դինամիկան ներկայացնող համալիր ցուցանիշները և սողանքի ակտիվացման գործոնները,
- ստացված տվյալներն իրական ժամանակում առցանց փոխանցվում և գրանցվում են կենտրոնական սերվերում,
- կատարվում է տվյալների վերլուծություն, արդյունքներն օգտագործողին են տրամադրվում աղյուսակների, գրաֆիկների, ձայնային ազդանշանների և տեքստային հաղորդումների տեսքով:

Ինչպես թվարկված գործառույթների ծավալով, այնպես էլ դրանց իրականացման ավտոմատացման աստիճանով համակարգը արդիական է և Հայաստանում իրականացվում է առաջին անգամ:

Սողանքային տեղամասերում կատարվում են հետևյալ դաշտային չափումները. երկրի մակերևույթին արտահայտված գրունտների տեղաշարժը, մակերևույթից մինչև 30մ խորությամբ գտնվող գրունտների վրա ազդող լարումները, գրունտային ջրերի տեղադրման խորությունը և տեղումների քանակը:

Յուրաքանչյուր տեսակի սենսորի տվյալների կառուցվածքը անփոփոխ է, դիտարկման հաճախականությունը կարող է սահմանվել 5 և ավելի րոպե: Ստորև սողանքների դիտարկման տվյալների իրական օրինակներն ըստ չափիչ սարքերի ներկայացվում են Առափի սողանքային տեղամասի օրինակով (աղյուսակներ 1- 4):

Գրունտների տեղաշարժը չափող սարքը՝ էքստենսաչափը, 10 րոպե պարբերությամբ չափում և գրանցում է գրունտների տեղաշարժը, իսկ ծրագիրը հաշվարկում է տեղաշարժի մեծությունը վերջին 1 ժամում, 1 օրում և ընդհանուր տեղաշարժը (աղ.1):

Գրունտների վրա ազդող լարումները չափվում են ուղղաձիգ հորատանցքում միմյանցից 1մ հեռավորությամբ տեղադրված տենզոմետրներով, որոնք մալուխներով միացած են ընդունիչ էլեկտրոնային սարքին: Ստացված տվյալներով որոշվում են առավել լարումներ կրող գրունտների՝ հետևաբար հնարավոր սահքի մակերևույթի դիրքը:

Աղյուսակ 1

Գրունտների տեղաշարժի տվյալները

Սողանքային տեղամասը	Դիտարկման ժամանակը	Տեղաշարժի մեծությունը մեկ ժամում (մմ)	Տեղաշարժի մեծությունը մեկ օրում (մմ)	Տեղաշարժի ընդհանուր մեծությունը (մմ)
Առափի	6/16/2017 9:10	0	0	110.2
Առափի	6/16/2017 9:20	1.8	1.8	112
Առափի	6/16/2017 9:30	1.8	1.8	112

Աղյուսակ 2

Գրունտների վրա ազդող լարումների տվյալները

Սողանքային տեղամասը	Դիտարկման ժամանակը	Խորությունը, մ						
		1	2	3	-	28	29	30
Առափի	6/12/2017 1:40	-10	-37	17	-	0	-1	-1
Առափի	6/12/2017 1:50	-9	-36	17	-	-1	-1	1
Առափի	6/12/2017 2:00	-9	-37	18	-	0	0	0

Գրունտային ջրերի մակարդակը լարումների հետ չափվում է նույն ուղղաձիգ հորատանցքում: Լարումների և ջրի մակարդակի տարածական միատեղման շնորհիվ հնարավոր է դառնում բարձր ճշտությամբ գնահատել գրունտների ջրահագեցման և լարումների միջև կապը:

Աղյուսակ 3

Ջրի մակարդակի տվյալները

Սողանքային տեղամասը	Դիտարկման ժամանակը	Ջրի մակարդակի իրական արժեքը	Սենսորի խորությունը
Առափի	6/12/2017 1:40	25.794	29
Առափի	6/12/2017 1:50	25.796	29
Առափի	6/12/2017 2:00	25.793	29

Տեղումների քանակը որոշվում է անձրևաչափի միջոցով, որը գրանցում է դիսկրետ տվյալներ 0,5մմ տեղումներին համապատասխանող քայլով: Անձրևաչափը տեղումների քանակը գրանցում է 10 րո-

պէս պարբերությամբ և հաշվում է տեղումների քանակը վերջին 1 ժամում, 1 օրում, շաբաթական տեղումները և դրանց իրական քանակը:

Աղյուսակ 4

Տեղումների տվյալները

Սողան- քային տեղա- մասը	Դիտարկ- ման ժամա- նակը	Տեղում- ների քանակը (մմ)	Տեղում- ների քանակը մեկ ժամում (մմ)	Օրական տեղում- ների քանակը (մմ)	Շաբաթա- կական տեղումներ (մմ)	Տեղում- ների իրական քանակը (մմ)
Առափի	5/7/2017 18:50	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
Առափի	5/7/2017 19:00	0	0.5	0.5	0.5	0.9
Առափի	5/7/2017 19:10	0	0.5	0.5	0.5	0.9

Համակարգի կառուցվածքը

Մոնիտորինգի համակարգը բաղկացած է սողանքների դիտարկման տվյալների ստացման, հաղորդման, պահպանման և օգտագործման խնդիրները ապահովող ինչպես գործիքային, այնպես էլ ծրագրային միջոցներից: Համակարգի արդյունավետ աշխատանքի կարևոր գործոն են նաև պատրաստված մասնագետները:

Համակարգը ֆիզիկապես կազմված է երկու մասերից՝ դաշտային դիտարկումների տեղամասերի խմբից և բուն մոնիտորինգի կենտրոնից (Monitoring Station), որոնք տարբերվում են իրենց տեղադրման վայրով, խնդիրներով և գործառնություններով: ՄՄՀ-Ծրագիրը կազմվել է էլեկտրոնային համակարգի ֆիզիկական կառուցվածքից և լուծվող խնդիրներից: Միննույն ժամանակ այն հնարավորություն է տալիս ընդունված կառուցվածքի սահմաններում ընդլայնել դաշտային սարքերի և դիտարկվող տեղամասերի քանակը:

Համակարգի դաշտային դիտարկումների մասը կազմված է հետևյալ հիմնական հանգույցներից. չափիչ սարքեր՝ սենսորներ, որոնք համապատասխան էլեկտրոնային սարքերի հետ միասին գործում են որպես չափող և գրանցող սարքեր (data loggers) (աղ. 5), HUB, OSNET RS232C փոխարկիչ (converter) (մոդել NetGW-1E), համակարգիչ:

Նշված հանգույցները միասին կազմում են շղթա, որը տեղանքում դիտարկված տվյալները հաղորդում և գրանցում է սողանքային տեղամասի գրասենյակում տեղադրված համակարգչում: Համակարգչում տեղադրված OSASI Technos Inc. կազմակերպության «OSNET OBSER-

VER» ծրագիրը սենսորներից ընդունում է տվյալները և գրանցում համակարգչում CSV ֆորմատի ֆայլի տեսքով, որտեղից «LMS Soft» ծրագիրը դրանք կարդում և տեղափոխում է կենտրոնական սերվեր:

Աղյուսակ 5

Սողանքային տեղամասերում տեղադրված սենսորներ

Սենսորներ (չափիչներ)	Սարքի մոդելը
Տեղումների քանակի	NetLG-201E
Լարումների (տենզոմետր) և ջրի մակարդակի	NetLG-301E
Տեղաշարժի (վերգետնյա էքստենսաչափ)	SLG-10E
Տեղաշարժի (ուղղաձիք էքստենսաչափ)	SLG-10E

Համակարգի մոնիտորինգի կենտրոնը (տեղադրված ԱԻՆ-ում) կազմված է կենտրոնական սերվերից և նրան համացանցի (կամ ներքին ցանցի) միջոցով միացած օգտագործողների համակարգիչներից: Կենտրոնական սերվերին Համացանցի միջոցով միանում են անհրաժեշտ թվով դաշտային սողանքային տեղամասեր (նկ.1):

«LMS Soft» ծրագրի կառուցվածքը, բաղադրիչ մասերը և դրանց միջև կապերը

Համակարգի ծրագրային ապահովումը («LMS Soft») հեղինակների կողմից մշակվել է էլեկտրոնային համակարգին ներկայացված սկզբունքային ֆիզիկական կառուցվածքից և լուծվող խնդիրներից, սակայն կարող է ադապտացվել կառուցվածքի փոփոխությանը և ընդլայնմանը՝ դաշտային սարքերի և դիտարկվող տեղամասերի ավելացման տեսակետից, ինչպես նաև այլ մոդելների սարքեր օգտագործելու պայմաններում: «LMS Soft»-ը բաղկացած է հետևյալ չորս փոխկապակցված ծրագրային հավելվածներից. LMS Tray, LMS Client, LMS Server, LMS Web:

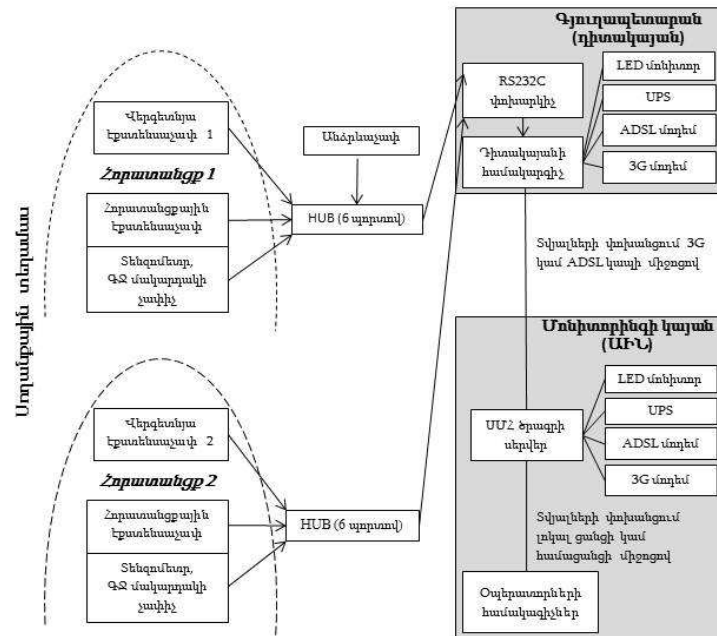
«**LMS Tray**» ծրագրի միջոցով սահմանվում է սողանքային տեղամասը (տրվում է անունը), որին սպասարկելու է դաշտային համակարգիչը և կատարվում է «LMS Client» ծրագրի գործարկումը:

«**LMS Client**» ծրագրի միջոցով դաշտային համակարգչում CSV ֆորմատով ընդունվում են սենսորներից ստացված տվյալները և փոխանցվում կենտրոնական սերվեր:

«**LMS Server**» ծրագիրը ընդունում է դաշտային համակարգչից LMS Client ծրագրով կենտրոնական սերվեր ուղարկված տվյալները, ստուգում է տվյալների ամբողջականությունը և բովանդակությունը, որից հետո գրանցում է դրանք MS SQL DB տվյալների հենքում:

«**LMS WEB**» ծրագիրը կառավարում է մոնիտորինգի համակարգն ամբողջությամբ: Այս ծրագրի միջոցով նաև գրանցվում են սողանքային տեղամասերը և այնտեղ տեղադրված սենսորները՝ նշելով տեսակները, դրանց տվյալների ֆայլերի ճանապարհները, դիտարկումները

հաճախականությունը, դիտարկվող մեծությունների տազնապային արժեքները: Այս ծրագրի միջոցով են գրանցվում տազնապային իրավիճակում հասցեատերերին ուղարկված ահազանգերը (նկ.2):



Նկ.1. Սողանքների ավտոմատացված մոնիտորինգի համակարգի ֆիզիկական կառուցվածքը

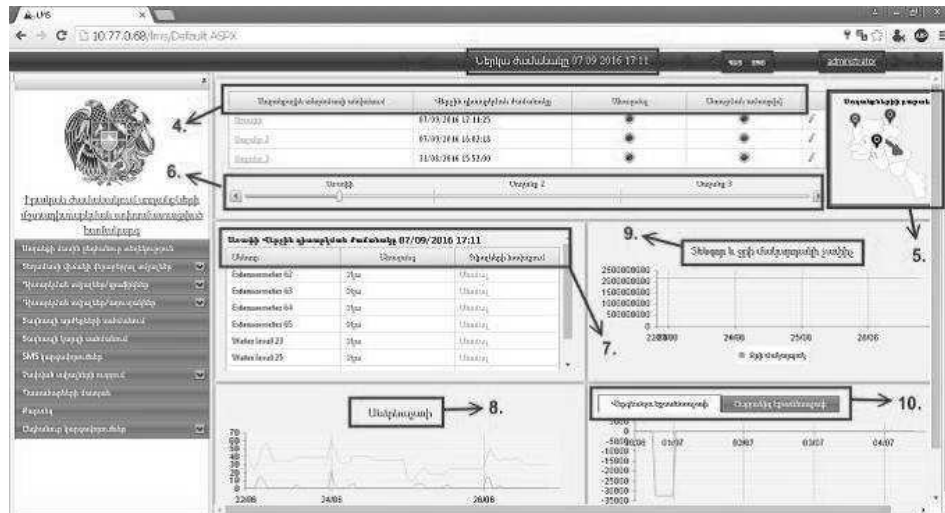
«LMS Tray» և «LMS Client» ծրագրերը տեղադրվում են բոլոր սողանքային տեղամասերի դաշտային համակարգիչներում ինստալացիոն փաթեթով: «LMS Server» և «LMS WEB» ծրագրերը տեղադրվում են կենտրոնական սերվերում ծրագրային ապահովման պատասխանատու անձի կողմից:

Ծրագրի գործառնությունները և տվյալների հենքը

«LMS Soft»-ի գործառնությունները և տվյալների հենքը խիստ փոխկապակցված են լուծվող բազմաբնույթ խնդիրներով: Ծրագրի գործառնությունների մի մասը ծառայում է տվյալների հենքը լրացնելուն, մյուս մասը՝ օգտագործելով տվյալների հենքում պահպանվող դիտարկման տվյալները օգտագործողին տրամադրում է որոշումներ կայացնելու տեղեկատվություն: Նշված պատճառով տվյալների հենքի կառուցվածքը նկարագրվում է գործառնությունների հետ համատեղ:

Տվյալների հենքը (ՏՀ) կառուցված է հարաբերակցային (relational) սկզբունքով և կազմված է 23 փոխկապակցված աղյուսակներից: Յուրաքանչյուր աղյուսակում ընդգրկված են միատեսակ օբյեկտներ, որոնք ըստ իրենց բնութագրիչների (ատրիբուտների) ընդհանրության

կազմում են մեկ համասեռ խումբ: Օրինակ՝ սենսորներ, սողանքներ և այլն: ՏՀ-ը կառավարվում է MS SQL Express 2014 համակարգով, տվյալների խմբագրումը և մշակումը կատարվում է C# ծրագրավորման լեզվով գրված ծրագրի միջոցով:



Նկ.2. ՄՄՀ Ծրագրի գլխավոր էջը

Ծրագրի տարաբնույթ գործառնությունները ըստ դրանց նպատակի կան արդյունքի և ավտոմատացման աստիճանի բաժանվում են երեք խմբի: Առաջին խմբի գործառնությունները սահմանում են մոնիտորինգի տարբեր խնդիրների լուծման կարգը և պայմանները, որոնք մուտքագրվում են օգտագործողի կողմից: Երկրորդ խմբին են պատկանում ծրագրի միջոցով ավտոմատ կերպով՝ առանց օգտագործողի մասնակցության իրականացվող գործառնությունները: Երրորդ խմբի գործառնությունների նպատակն է օգտագործողին տրամադրել նրա կողմից պահանջված տեղեկություններ:

Առաջին խմբի գործառնություններով լուծվում են ծրագրի աշխատանքի կարգավորման ստորն ներկայացված խնդիրները.

1. դիտարկվող սողանքային տեղամասի վերաբերյալ ընդհանուր տեղեկությունների (անվանում, աշխարհագրական կոորդինատներ, տվյալների ստացման պարբերականություն) գրանցում ՏՀ “Landslide” աղյուսակում (նկ.3),
2. սենսորների բնութագրիչների (անվանում, տեսակ՝ անձրևաչափ, լարումների և ջրի մակարդակի չափիչ, ուղղաձիգ էքստենսաչափ, մակերևութային էքստենսաչափ) և դրանցից ստացված տվյալների ֆայլի անվան գրանցում ՏՀ “Sensor” աղյուսակում,
3. ծրագրի օգտագործողների վերաբերյալ տվյալների (անուն, ազգանուն, գաղտնաբառ, նախընտրելի լեզու և այլն) գրանցում

“User” աղյուսակում,

4. ծրագրի օգտագործողներին տրված թույլտվությունների և սահմանափակումների գրանցում “User permission” և “PageControl” աղյուսակներում,
5. օգտագործողի կողմից յուրաքանչյուր սենսորի համար սահմանված տազնապային արժեքների գրանցում “SensorAlarm” աղյուսակում,
6. տազնապային հաղորդագրությունների հասցեատերերի տվյալների (անուն, ազգանուն, կազմակերպություն, պաշտոն, հեռախոսահամար, էլեկտրոնային փոստի հասցե) գրանցում “SMS setting” աղյուսակում,
7. դիտարկվող բոլոր սողանքների տազնապային ինֆորմացիայի (սողանքների և սենսորների անունները, տազնապի մակարդակը (1-ին, 2-րդ կամ 3-րդ) և համապատասխան տազնապային հաղորդագրության բովանդակությունը (հայերեն և անգլերեն) գրանցում “DeviceRegulate” աղյուսակում:

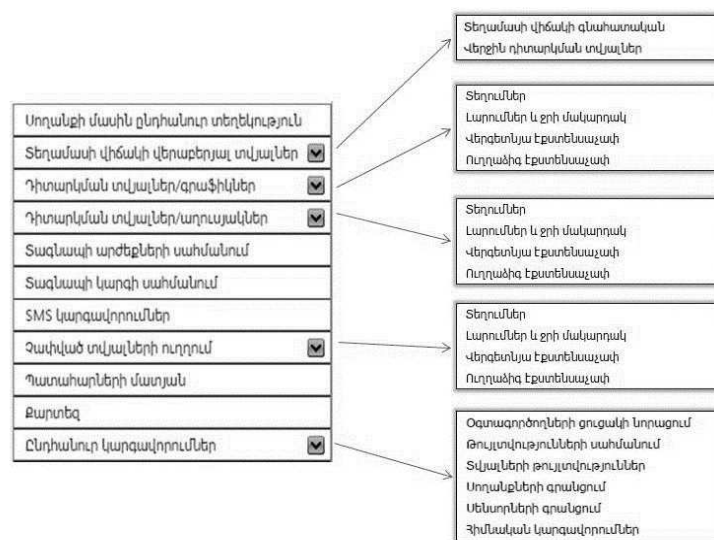


Նկ.3. ՄՄՀ տվյալների հենքի կառուցվածքը

Երկրորդ խմբի գործառնություններն են սենսորներից տվյալների ընդունումը և գրանցումը տվյալների հենքի համապատասխան աղյուսակներում (“Precipitation”, “StrainWater”, “Extensometer”), և այդ գործողությունների փաստի գրանցումը գրանցամատյանում (“SensorDataEntry”):

Այս խմբին են պատկանում նաև ծրագրի բոլոր այն գործառնությունները, որոնց միջոցով ավտոմատ կերպով հայտնաբերվում է վտանգավոր սողանքային իրադրություն: Այդ մասին տեղեկացվում են սահմանված հասցեատերերը և այդ գործողությունները գրանցվում են համապատասխան էլեկտրոնային մատյաններում:

- “LogSensorAlarm” աղյուսակում գրանցվում են սենսորներից ստացված տազնապային շեմը գերազանցող արժեքները և համապատասխան հաղորդագրությունները:
- “LogUserAlert” աղյուսակում գրանցվում է օգտագործողներին տազնապային հաղորդագրությունների ուղարկման փաստը:
- “ListMessage” աղյուսակում գրանցվում է ուղարկված հաղորդագրությունների բովանդակությունը (հայերեն և անգլերեն),
- “LogSMS” աղյուսակում գրանցվում է ուղարկված SMS հաղորդագրությունների վերաբերյալ ինֆորմացիան (հաղորդագրության բովանդակությունը (հայերեն և անգլերեն), ժամը, ուղարկվել է, թե ոչ):
- “LogDeviceRegulate” աղյուսակում պահպանվում է գրանցված ահազանգերի վերաբերյալ ինֆորմացիան:



Նկ.4. «LMS Soft»-ի մենյուի կառուցվածքը

Երրորդ խմբի գործառնությունները հասանելի են ծրագրի գլխավոր էջից, որից սկսվում և կառավարվում է ծրագրի աշխատանքը (նկ.2): Գլխավոր էջը կազմված է երկու պատուհաններից, որոնցից ձախ պա-

տուհանը ներկայացնում է հիմնական մենյուն, որը տրամադրում է կարգավորված կառուցվածքով տեղեկատվություն (նկ.4): Ստորև նկարագրվում է «LMS Soft»-ի գործառնությունների միջոցով առանձին էջերի տեսքով ստացվող տեղեկատվությունը, ինչպես նաև ծրագրային կապերը SՀ աղյուսակների և ծրագրի գործառնությունների միջև (նկ.3):

«Սողանքի մասին ընդհանուր տեղեկություն» էջում տրվում են սողանքների դինամիկ ցուցանիշների սահմանային՝ վտանգավոր արժեքների առկայությունը կամ բացակայությունը, ինչպես նաև դրանց մասին տրված ահազանգերը: Այս էջում նաև տրվում է տեղեկատվություն դիտարկումների կանոնավոր կերպով ստացման և ընդհատման վերաբերյալ:

«Սողանքային տեղամասի վիճակի վերաբերյալ տվյալներ» ներկայացնող գործառնությամբ կազմված է երկու ենթաբաժնից: Առաջինը ներկայացնում է ընտրված սողանքային տեղամասում սենսորներով արձանագրված վտանգավոր գործընթացները:

«Վերջին դիտարկման տվյալները» էջը ներկայացնում է ընտրված տեղամասի վերջին դիտարկումների արժեքները և դրանց համար սահմանված տազնապի արժեքները:

Տվյալների հենքում գրանցված տվյալները օգտագործողին են ներկայացվում երկու բաժիններում՝ գրաֆիկների և աղյուսակների տեսքով: Դրանք կազմված են 4-ական էջերից, որոնցից յուրաքանչյուրը ներկայացնում է մեկ սենսորի տվյալներ:

Այս էջերում ներկայացված տեղեկատվությունը կազմվում է SՀ հետևյալ աղյուսակներում պահպանվող տվյալներից. “Landslide”, “Sensor”, “ListNames”, “Sensor DataEntry”, “Precipitation”, “Strain&Water”, “Extensometer”:

«Տազնապի արժեքների սահմանում» գործառնության միջոցով առանձին սողանքի յուրաքանչյուր սենսորի համար օգտագործողը սահմանում է տազնապային արժեք, որը գերազանցելու դեպքում համակարգը ավտոմատ կերպով՝ համապատասխան տեսքով և բովանդակությամբ ահազանգում է:

«Տազնապի մակարդակի սահմանում» գործառնությամբ թույլ է տալիս օգտագործողին կազմել տազնապի յուրաքանչյուր մակարդակին համապատասխանող հաղորդագրության բովանդակությունը, ինչպես նաև սահմանել այն իրավիճակները, որոնց դեպքում հայտարարվում է սահմանված տազնապը:

Տազնապային արժեքների սահմանման և ահազանգերի կազմման գործառնություններն իրականացվում են տվյալների հենքի “SensorAlarm”, “SensorAlarmTypes”, “LogSensorAlarm”, “ListMassage”, “DeviceRegulate” և “LogDeviceRegulate” աղյուսակների գրանցումների միջոցով:

«SMS կարգավորումներ» էջում տրվում է այն պատասխանատու անձանց ցուցակը, ում համակարգը կարճ հաղորդագրություններ (SMS) է ուղարկում վտանգավոր սողանքային իրադրության ծագման մասին: Յուրաքանչյուր հասցեատեր ստանում է իր գործառնությունների

վերաբերվող հաղորդագրություն: Ցուցակը ըստ անհրաժեշտության կարող է լրացվել և փոփոխվել: Գործառույթն իրականացվում է “SMSsetting” (15), “SMSsettingChid” (16) և “LogSMS” (17) աղյուսակների գրանցումների միջոցով:

«Չափված տվյալների ուղղում» գործառույթը ծառայում է տեխնիկական պատճառներով առաջացած դիտարկումների սխալներն ուղղելու կամ հեռացնելու համար և իրականացվում է տվյալների հենքի “ChangeData” (21) աղյուսակի միջոցով:

«Պատահարների մատյան» էջում ներառված են երկու մատյաններ՝ «Տվյալների ստուգման մատյան» և «Ահազանգերի մատյան»: Առաջինն ընդգրկում է տեղեկություն դիտարկման տվյալների ստացման ամբողջականության, իսկ երկրորդը՝ գրանցված ահազանգերի մասին: Գործառույթն իրականացվում է տվյալների հենքի “LogUserAlert” և “SesnorDataEntry” աղյուսակների գրանցումների միջոցով:

«Ընդհանուր կարգավորումներ» բաժինը ներառում է օգտագործողների ցուցակի կարգավորումը (նոր օգտագործողների ավելացում կամ գրանցված օգտագործողների հեռացում), նրանց թույլտվությունների սահմանումը, ինչպես նաև նոր սողանքների և սենսորների գրանցումը: Այս գործառույթն իրականացվում է “User”, “UserPermission” և “PageControl” աղյուսակների գրանցումների միջոցով: “Landslide” աղյուսակում գրանցված սողանքային տեղամասերի կոորդինատների միջոցով ծրագիրը դրանց տեղադիրքը ներկայացնում է քարտեզի վրա:

Դիտարկման տվյալների վերլուծություն

Մոնիտորինգի համակարգի դաշտային դիտարկման կայանները տեղակայված են Առափի, Գետահովիտ և Ողջաբերդ գյուղերի տարածքի սողանքային մարմինների վրա: Լրիվ գործիքային կազմով (աղ.1) դիտակայանները տեղակայված են Առափի և Գետահովիտ սողանքային տեղամասերում: Ողջաբերդի տեղամասում տեղակայված է ոչ լրիվ գործիքային կազմով մեկ դիտակայան: Դիտակայանները նախատեսված մոնիտորինգի ռեժիմով սկսել են գործել՝ Առափիում և Գետահովիտում 2016թ. սեպտեմբերից, իսկ Ողջաբերդում՝ 2017թ. մարտից:

Ստացված տվյալները թույլ են տվել կատարել ստորև ներկայացված վերլուծությունը:

1. Երեք սողանքների դինամիկան տարբերվում է միմյանցից, սակայն գրունտների վտանգավոր մեծության տեղաշարժեր տեղի չեն ունեցել: Միջազգային փորձի հիման վրա որպես տեղաշարժի արագության վտանգավոր շեմ սահմանվել է ժամում 4մմ: Առավելագույն օրական տեղաշարժը վերգետնյա սենսորները գրանցել են Առափի սողանքում 6.2մմ (17.07.2017թ.), Գետահովիտում 9.3մմ (16.12.2016թ.), Ողջաբերդում 21.3մմ (4.01.2017թ.):

2. Առափի սողանքային տեղամասի օրինակով ներկայացվում են սողանքային պրոցեսը բնութագրող որոշ դիտարկման տվյալներ:

Աղյուսակ 6

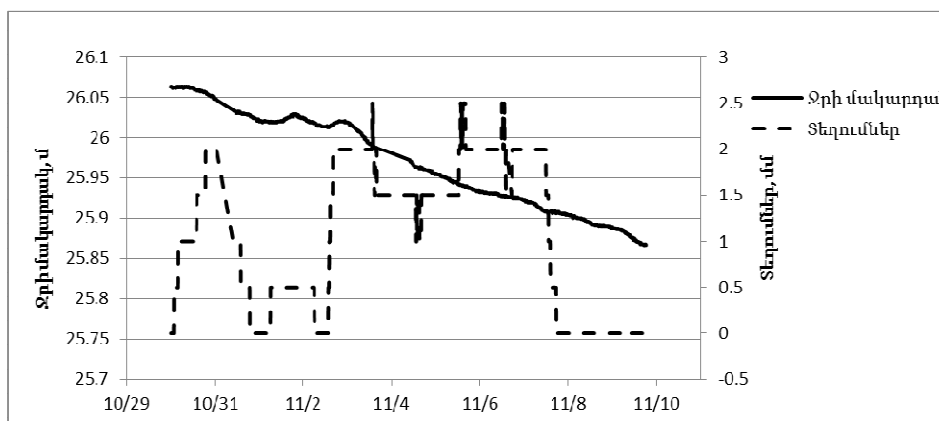
Առափի տեղամասում տեղադրված էքստենսաչափերի տվյալները

Տեղաշարժ	Առավելագույն արժեք				Միջին քառակուսային շեղում			
	ՎԷ1	ՎԷ2	ՈԻԷ1	ՈԻԷ2	ՎԷ1	ՎԷ2	ՈԻԷ1	ՈԻԷ2
Տեղաշարժը 1 ժամում	5.1	4.8	0.3	0.2	0.134	0.108	0.02	0.043
Տեղաշարժը 1 օրում	5.1	6.2	2.1	1.8	0.706	0.74	0.213	0.456
Ընդհանուր տեղաշարժ	87.5	130.5	20	57.9	9.883	16.906	4.719	8.737

Էքստենսաչափերի տվյալներով նույն սողանքի տարբեր մասերի դինամիկան միմյանցից էապես չի տարբերվում: Առավելագույն տեղաշարժը մեկ օրում վերգետնյա էքստենսաչափերի համար կազմում է 5.1մմ (ՎԷ1) և 6.2մմ (ՎԷ2) և ուղղաձիգ էքստենսաչափերի համար՝ 2.1մմ(ՈԻԷ1) և 1.8մմ(ՈԻԷ2):

Լարումներ

Հորատանցք 1-ում, ինչպես ցույց են տալիս միջին քառակուսային շեղման արժեքները, 7 մետր խորությունից սկսած լարումները ավելի թույլ են և ավելի կայուն: Հորատանցք 2-ում վերին՝ անկայուն լարումների ենթարկվող սահմանը նույնքան հստակ չէ, սակայն եթե հաշվի առնենք միջին քառակուսային շեղման և առավելագույն արժեքները, 6 մետրից հետո լարումները ավելի կայուն են:



Նկ.5. Տեղումների քանակի և ջրի մակարդակի փոփոխությունների գրաֆիկ

Առափի տեղամասում, որտեղ հորիզոնական հորատանցքի միջոցով կազմակերպված է մեծ դեֆիտով դրենաժ, ստորգետնյա ջրերի մակարդակի տատանումները չեն գերազանցում 10սմ և կապված չեն տեղումների առկայության ու քանակի հետ (նկ.5):

Աղյուսակ 7

Առափի տեղամասում գրանցված լարումների տվյալները

Խորություն, մ	Հորատանցք 1				Հորատանցք 2			
	Նվազագույն արժեք	Առավելագույն արժեք	Միջին արժեք	Միջին քառակուսային շեղում	Նվազագույն արժեք	Առավելագույն արժեք	Միջին արժեք	Միջին քառակուսային շեղում
1	-86	264	1.25	22.63	Մխալ տվյալներ			
2	-70	158	-0.43	14.60	-524	1369	4.18	56.96
3	-209	86	-1.39	12.92	-1163	468	-2.45	45.45
4	-382	93	-0.32	33.56	-25	64	0.45	6.47
5	-405	103	0.44	36.86	-46	46	0.67	5.91
6	-71	36	0.21	8.45	-150	161	-0.20	6.99
7	-101	555	-0.18	46.52	-45	34	0.49	5.23
8	-41	14	-0.21	2.92	-39	39	0.12	4.32
9	-7	8	0.05	1.10	-51	38	0.38	5.12
10	-18	6	-0.04	1.62	-41	43	0.16	4.50
11	-6	10	0.07	1.10	-30	25	0.04	2.85
12	-5	9	-0.03	1.01	-10	11	0.01	1.88
13	-18	21	0.01	1.53	-22	21	-0.16	2.99
14	-270	255	-0.10	3.73	-14	12	0.05	1.89
15	-14	7	0.00	1.39	-9	10	0.13	1.58
16	-6	5	0.02	1.04	-15	20	-0.02	1.70
17	-11	20	0.03	1.36	-9	8	-0.02	1.73
18	-65	24	0.01	4.44	-7	6	0.06	1.53
19	-11	7	0.01	1.26	-8	8	-0.05	1.75
20	-14	42	0.07	2.76	-11	25	-0.11	2.29
21	-7	12	0.00	1.36	-8	9	-0.03	1.66
22	-10	41	0.13	3.20	-8	9	-0.01	1.65
23	-20	10	0.00	2.40	-16	29	-0.26	2.51
24	-6	13	-0.10	1.36	-9	7	-0.06	1.63
25	-15	66	0.16	3.66	-12	10	0.03	1.77
26	-20	54	-0.18	3.01	-9	8	-0.01	1.70
27	-29	14	-0.13	2.17	-10	11	0.11	1.85
28	-12	11	0.15	1.62	-13	12	-0.04	1.78
29	-7	7	0.01	1.39	-16	12	-0.03	2.11
30	-7	8	0.03	1.40	-16	12	0.13	2.09

Եզրակացություն

ՀՀ տարածքում սողանքների մոնիտորինգի նորաստեղծ համակարգը ժամանակակից տեխնիկական համալիր է, որն ունի մեծ հեռանկար սողանքային և այլ բնական գործընթացների ուսումնասիրության ասպարեզում:

Համակարգի դիտարկման գործիքների կազմը թույլ է տալիս ստանալ համալիր տվյալներ մակերևույթի և մինչև 30մ խորության գրունտների դինամիկայի, լարումների և ստորերկրյա ջրերի մակարդակի փոփոխությունների վերաբերյալ:

Համակարգի ծրագրային ապահովումը իրականացնելով տվյալների անընդհատ հոսքի ընդունում, որակի գնահատում և բովանդակության վերլուծություն, միևնույն ժամանակ ավտոմատացված կերպով իրականացնում է օգտագործողների իրազեկում սողանքային իրադրության վտանգավոր զարգացումների վերաբերյալ:

Այսպիսով, ներկայացվող համակարգի գործիքային և ծրագրային բաղադրիչների համադրության շնորհիվ իրական ժամանակում երկարաժամկետ մոնիտորինգը սողանքների ուսումնասիրության և աղետի վտանգի նվազեցման համար ձեռք է բերում առաջնային դեր:

Մենստրներից ստացվող տվյալների բազմությունը և դրանց մշակման համար օգտագործվող սարքածրագրային համալիրն ամբողջությամբ համապատասխանում են ներկայումս ակտուալ «Մեծ տվյալներ» («Big Data») գաղափարի հայեցակարգին: Կուտակվող մեծ ծավալի տվյալները և արդի տեխնոլոգիական միջոցները հետագայում հնարավորություն կստեղծեն իրագործել նոր, առավել մանրամասն և հիմնավորված գիտական ուսումնասիրություններ սողանքային պրոցեսների վերաբերյալ:

Գրականություն

- Торгоев И.А.** 2013, Система мониторинга оползней в Кыргызстане, Технологии гражданской безопасности, том 10, № 4 (38), с.68-71.
- Резник. Б., Эфендян П.С., Герасимов А.** 2009, Геодезические методы непрерывного высокоточного мониторинга оползней, Известия Государственного Аграрного Университета Армении, с.119-123.
- Baum R. L., Coe J. A., Collins B., Godt J. W., Kean J. W., Smith J. B.** Real-time Monitoring for Potential Landslides
- Bednarczyk Z.** 2013, New Real-Time Landslide Monitoring System in Polish Carpathians, Landslide Science and Practice, Volume 2: Early Warning, Instrumentation and Monitoring, p.3-14.
- Boynagryan V.R.** 2009, Landslides in Armenia, Revue Roumaine, de Geographie Romanian Journal of Geography, v. 53, N 2, p.197-208.
- Corominas J., Moya J., Lloret A., Gili J.A., Angeli M.G., Pasuto A., Silvano S.** 2000, Measurement of landslide displacements using a wire extensometer, Engineering Geology 55, p.149-166.
- Intrieri E., Gigli G., Casagli N., Nadim F.** 2013, Landslide Early Warning System: toolbox and general concepts, Natural Hazards Earth System Sciences, 13, 85, p.85-90.
- Intrieri E., Gigli G., Mugnai F., Fanti R., Casagli N.,** 2012, Design and implementation of a landslide early warning system, Engineering Geology, p.124-136.
- Medina-Cetina Z., Nadim F.** 2007, Stochastic Design of Early Warning Systems, First International Symposium on Geotechnical Safety & Risk, p.353-362.

- Moya J., Corominas J., Gili J.A., Ledesma A., Lloret A.** 2017, Twenty years of continuous monitoring of the Vallcebre landslide (Eastern Pyrenees): lessons learned, JTC1 Workshop on Advances in Landslide Understanding, p.4.
- Ramesh M.V.** 2009, Real-time Wireless Sensor Network for Landslide Detection, Third International Conference on Sensor Technologies and Applications, p.405-409.
- Reid M.E., LaHusen R.G., Baum R. L., Kean J. W., Schulz W.H., Highland L.M.** 2012, Real-Time Monitoring of Landslides.
- Savvaidis P. D.** 2003, Existing Landslide Monitoring Systems and Techniques, From Stars to Earth and Culture In honor of the memory of Professor Alexandros Tsioumis, p.242-258.
- Smith J. B., Godt J. W., Baum R. L., Coe J. A., Burns W. J., Lu N., Morse M.M., Sener-Kaya B., Kaya M.** 2013, Hydrologic Monitoring of Landslide-Prone Hillslopes in the Elliott State Forest, Southern Coast Range, Oregon, 61p.
- Yueping Y., Wang H., Gao Y., Li X.** 2010, Real-time monitoring and early warning of landslides at relocated Wushan town, the Three Gorge Reservoir, China, Journal of Southeast Asian Applied Geology, Vol. 2(3), 99. p.170-184.

Հրախուսող՝ Ղ.Անարկյան

О ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

**А.А.Авакян, А. А. Мкртумян, Н.А. Тарасян, Г.Г. Ерицян,
А. А. Аракелян**

Резюме

В статье представлена структура и основные функции программного обеспечения для мониторинга оползней в режиме реального времени, онлайн-обработки и использования данных. Приведено краткое описание сенсоров системы мониторинга оползней и принципа передачи данных.

Сенсоры, установленные на оползневом участке, позволяют выполнять систематические измерения смещения грунтов на поверхности и в вертикальной скважине на глубине до 30 м. На эту же глубину с интервалом в 1м измеряются напряжения, действующие на грунты, а также уровень грунтовых вод. Система передает данные, регистрируемые сенсорами (поверхностным и вертикальным экстенсometрами, тензометром и датчиком осадков), установленными на оползневых участках в селах Арапи, Гетаовит и Вохчаберд, на компьютеры наблюдательных станций, находящихся в указанных населенных пунктах, а затем на центральную станцию мониторинга в МЧС.

Программное обеспечение системы мониторинга состоит из функциональных модулей обеспечивающих: (1) связь станций наблюдения с центральной станцией мониторинга, (2) передачу данных от станции наблюдения в центральную станцию мониторинга, (3) проверку передачи данных и их ввода в базу данных на центральной станции, (4) управление программным обеспечением мониторинга оползней через веб-портал.

Веб-приложение организует пользование системой: составляет и обновляет список пользователей и режим доступа к функциям и информации, устанавливает условия и организует оповещение пользователей об

оползневой опасности по электронной почте и мобильной связи, а также просматривать полученные данные в текстовом и графическом формате.

Система полностью соответствует концепции «Больших данных». Ее основные принципы и программные модули могут также использоваться для организации автоматизированного мониторинга других видов природных процессов и систем.

ON THE SOFTWARE OF LANDSLIDE REAL-TIME AUTOMATED MONITORING SYSTEM

**A.A.Avagyan, A.A.Mkrtumyan, N.H.Tarasyan, H.H.Yeritsyan,
A.A.Arakelyan**

Abstract

The article outlines structure and main functionalities of software for real-time landslide monitoring and online data processing and use. A brief description of landslide monitoring sensors and the principle of data transfer is also presented.

The sensors installed at landslide area allows obtaining systematic measurements on the earth surface and the groundwater level up to 30m depth. The system transfers data logged by sensors (surface and vertical extensometer, strain gauge, water gauge and rain gauge) installed at landslide sites in Arapi, Getahovit and Voghjaberd to observation stations (located in respective communities) and subsequently to central monitoring station at MES.

The software consists of functional modules providing (1) connection of observation stations to central monitoring station, (2) background service for transfer of data from Observation station to Monitoring stations, (3) a service for validating data transfer and its input into database at monitoring station, (4) a web application designed for managing the landslide monitoring software through a single web portal.

The web application allows adding and removing users to the system, setting of alert levels for each measurement equipment, sending alarms via e-mail and sms messages to system users, viewing collected data from each sensor in table and graph format.

The implemented system fully complies with “Big Data” concept. Its basic principles and software modules can also be used to organize automated monitoring of other natural processes and systems.