ISSN 0002-306X. ՀԳԱԱ և ՀԱՊՀ Տեղ. Տեխն. գիտ. սերիա. 2016. Հ. LXIX, N 4.

ՀՏԴ 681.518

ՀԱՇՎՈՂԱԿԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱ ԵՎ ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ

Ծ.Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ս.Ա. ՍԻՐԱԴԵՂՅԱՆ, Ռ.Գ. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ

ՀԵՌԱՀԱՂՈՐԴԱԿՑԱԿԱՆ ՑԱՆՑԵՐՈՒՄ ՄԵՔԵՆԱՅԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՑՄԱՆ ՄԻՋՈՑՈՎ ԱՆՈՄԱԼԻԱՆԵՐԻ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՆԱԽԱԳԾՈՒՄԸ

Հեռահաղորդակցական ցանցերի աշխատանքի խափանումը մեծ վնաս է հասցնում հեռահաղորդակցական ծառայություններ մատուցող ընկերություններին: Խափանումների հայտաբերման և շտկման համար նախատեսված համակարգերը նպաստում են այդ ծախսերի կրճատմանը: Աշխատանքում ներկայացված է հեռահաղորդակցական ցանցերում անոմալիաների հայտնաբերման համակարգ, որի աշխատանքը հիմնված է մեքենայական ուսուցման համակարգերի վրա:

Առանցքային բառեր. հեռահաղորդակցական ցանց, մեքենայական ուսուցում, անոմալիաների հայտնաբերում, արհեստական նեյրոնային ցանցեր, հենասյունային վեկտորային մեթոդ, մշտադիտարկման համակարգեր:

Ներածություն: Հեռահաղորդակցական ցանցերը շարունակ բարդանում են, ինչն ունի մի շարք պատճառներ: Դրանցից է նոր տեխնոլոգիաների, արձանագրությունների ստեղծումը, հեռահաղորդակցական ցանցի թողունակության, հասանելիության և անվտանգության մակարդակի ավելացման նպատակով վերջինիս բոլոր մակարդակների բարելավումը և այլն: Պատճառներից մեկն էլ արձանագրությունների և բարելավումների մի քանի տեսակ եղանակների առկայությունն է: Կան բազմաթիվ այլ պատճառներ, որոնցից են հեռահաղորդակցական ցանցի օգտատերերի քանակի ավելացումը, հաղորդվող տվյալների արժեքի և թողունակության մեծացումը:

Նման պայմաններում կտրուկ մեծանում է հեռահաղորդակցական ցանցով անցնող թրաֆիկը: Ցանցի օպերատորների համար դժվարանում է հաղորդվող յուրաքանչյուր փաթեթի հսկումը: Դրան զուգահեռ հեռահաղորդակցական ցանցերի վրա կատարվող գրոհները շատանում են, և դրանց իրականացման եղանակները գնալով բարդանում են:

Հաղորդակցական մեքենայությունների հսկման ասոցացիայի (Communications Fraud Control Association, CFCA) կատարած հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ միայն 2015 թ.-ին հեռահաղորդակցական մեքենայությունների պատճառով տարբեր կազմակերպությունների և անհատների հասցվել է 38.1 միլիարդ ԱՄՆ դոլարի վնաս [1]:

Նման դեպքերից խուսափելու համար անհրաժեշտ է մշակել մեխանիզմներ, որոնք թույլ կտան հայտնաբերել հեռահաղորդակցական ցանցերում տեղի ունեցող անոմալիաները և ձեռնարկել կանխարգելիչ կամ վերականգնողական գործողություններ: Վերջին ժամանակներում հեռահաղորդակցական ցանցերում անոմալիաների հայտնաբերումը լայնորեն քննարկվում է գիտական և առևտրային շրջանակներում: Անոմալիաների հայտնաբերումն ուղղված է հեռահաղորդակցային ցանցերի անվտանգության, հասանելիության, ծառայության որակի բարձրացմանը՝ վիրուսային ծրագրերի հայտնաբերման համար:

Հեռահաղորդակցական ցանցերում անոմալիան կարելի է ներկայացնել որպես իրադարձություն, որն առանձնանում է ցանցի բնականոն աշխատանքից:

Քանի որ հեռահաղորդակցական ցանցի բնականոն վարքի նկարագրման մոդել գոյություն չունի, ուստի շատ դժվար է մշակել անոմալիաների հայտնաբերման մեխանիզմ: Այդ իսկ պատճառով հեռահաղորդակցական ցանցերում անոմալիաների հայտնաբերման համար կիրառվում է առանց մոդելի մոտեցումը: Առանց մոդելի մոտեցումները դասակարգվում են ըստ անոմալիայի հայտնաբերման մեխանիզմի ճշտության:

Հեռահաղորդակցական ցանցերում անոմալիաների հայտնաբերման մեխանիզմները կարելի դասակարգել երկու հիմնական խմբի [2].

- սիգնատուրայի վրա հիմնված,
- վիճակագրության վրա հիմնված:

Սիգնատուրայի վրա հիմնված եղանակները չեն կարող հայտանբերել այն անոմալիաները, որոնք առաջանում են նոր ստեղծված խոցելիությունների հիման վրա, կամ եթե դրանք պայմանավորված են հարձակումներով, որոնց նմանը նախկինում չի կատարվել: Ի տարբերություն այդ անոմալիաների հայտնաբերմանը՝ վիճակագրության վրա հիմնված եղանակները թույլ են տալիս հայտնաբերել նման շեղումները: Բացի այդ նման եղանակով հնարավոր է ուսումնասիրել հեռահաղորդակցական ցանցի վարքը և անոմալիաների հայտնաբերման համար կիրառել մեքենայական ուսուցման եղանակներ [2, 3]:

Խնդրի դրվածքը: Հեռահաղորդակցական ցանցերի բնականոն աշխատանքի և ծառայության որակի անհրաժեշտ մակարդակի ապահովման համար պետք է ունենալ տեղեկություն ոչ միայն ցանցի առկա վիճակի մասին, այլև կարողանալ այն կանխատեսել: Արդիական է այնպիսի համակարգի մշակումը, որը թույլ կտա հեռահաղորդակցական ցանցերում ավտոմատ կերպով հայտնաբերել անոմալիաների առաջացումը և հնարավորության դեպքում ձեռնարկել կանխարգելիչ միջոցներ: Անոմալիաների հայտնաբերման համար մեքենայական ուսուցման համակարգի ներդրումը թույլ կտա ոչ միայն հայտնաբերել հայտնի պատճառներով առաջացող

անոմալիաները, այլև այնպիսիք, որոնց առաջացման պատճառները նախկինում հայտնի չեն եղել։

Հեռահաղորդակցական ցանցերում անոմալիաների հայտնաբերման առաջարկվող եղանակի կիրառման համար անհրաժեշտ է.

- մեքենայական ուսուցման համակարգերի միջոցով ստանալ բնականոն աշխատող ցանցի բնութագրերը,
- կատարել հեռահաղորդակցական ցանցի մշտադիտարկում,
- մշտադիտարկման արդյունքում ստացված տվյալների հիման վրա հայտնաբերել անոմալիաները,
- հնարավորության դեպքում ձեռնարկել կանխարգելիչ միջոցներ։

Մեքենայական ուսուցման եղանակները: Մեքենայական ուսուցումը թույլ է տալիս մշակել ալգորիթմներ, որոնք հնարավորություն են տալիս տվյալների ուսումնասիրության հիման վրա սովորել և կատարել կանխատեսումներ։ Այդպիսի ալգորիթմներն աշխատանքի համար մուտքային տվյալների հիման վրա կառուցում են մոդել, որով էլ կատարում են կանխատեսումները։ Մեքենայական ուսուցման խնդիրները բաժանվում են երեք դասի.

• Ուսուցչով ուսուցում. տրվում են մուտքային տվյալներ և ակնկալվող ելքային տվյալները։ Համակարգը դրանց վերլուծության միջոցով որոշում է կանոնները, որոնցով մուտքային տվյալները վերափոխվում են ելքայինի։

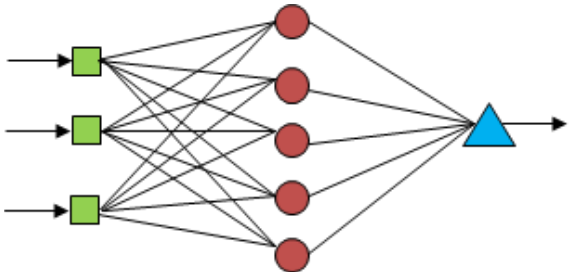
• Առանց ուսուցչի ուսուցում. տրվում են միայն մուտքային տվյալներ։ Համակարգն ինքնուրույն պետք է խմբավորի այդ տվյալները։

• Ուսուցում օգնությամբ. ամեն նախադեպի համար կա «իրավիճակ – ընդունված որոշում» զույգ։ Համակարգը փոխազդում է դինամիկ միջավայրի հետ և պետք է կատարի որոշակի գործողություններ։ Նման համակարգերի օրինակներ են մեքենայի վարումը կամ խաղ խաղալու ուսուցանումը, երբ վերջինս կատարվում է հակառակորդի հետ խաղալով։

Կան մեքենայական ուսուցման բազմաթիվ համակարգեր։ Հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ հեռահաղորդակցական ցանցերում անոմալիաների հայտնաբերման համար առավել արդյունավետ եղանակներ են արհեստական նեյրոնային ցանցերը և հենասյունային վեկտորների մեթոդը (ՀՎՄ)։

Արհեստական նեյրոնային ցանցերի հիմքում ընկած է կենդանի օրգանիզմի նեյրոնային բջիջների կազմակերպման սկզբունքը։ Ցանցի ուսուցման գործընթացը սկսելու համար մուտքային տվյալները ձևափոխվում են այնպես, որ հնարավոր լինի դրանք տալ ցանցի մուտքին։ Ուսուցման ընթացքում ցանցը որոշակի հերթականությամբ դիտում է մուտքային տվյալները։ Մուտքային տվյալները մշակվում են ըստ մուտքին տրված հերթականության կամ ընտրվում են պատահանականության սկզբուն-

քով: Ուսուցման փուլը կարող է լինել ինչպես ուսուցչով, այնպես էլ առանց ուսուցչի: Պարզ արհեստական նեյրոնային ցանցի սխեման ներկայացված է նկ.1-ում:



Նկ. 1. Պարզ արհեստական նեյրոնային ցանցի սխեման

Նկ.1-ում քառակուսիներով ներկայացված են մուտքային նեյրոնները, եռանկյուններով՝ ելքայինը, իսկ օղակներով՝ գաղտնիները:

ՀՎՄ-ն դասվում է ուսուցչով ուսուցման համակարգերի դասին: Այն օգտագործվում է դասակարգման խնդիրների լուծման համար: Պատկանում է գծային դասակարգիչների խմբին: ՀՎՄ-ն ունի մի շարք ուշագրավ հնարավորություններ, որոնցից են այլ դասակարգիչների համեմատ ընդհանրացման լավ հնարավորությունները:

Ունենալով $(x_i, y_i), i = 1, \dots, n$ մուտքային զույգը, որտեղ $x_i \in R_m$ և $y \in \{1, -1\}^n$, ՀՎՄ-ն պահանջում է (1)-(3) օպտիմալացման խնդրի լուծումը.

Նպատակային ֆունկցիա՝

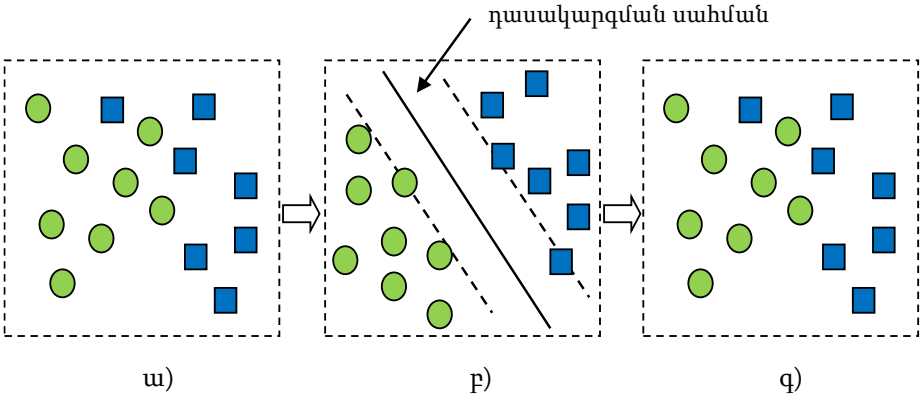
$$\min_{\omega, b, \mu} \frac{1}{2} w^T w + C \sum_{i=1}^{1} \mu_i : \tag{1}$$

Սահմանափակումներ՝

$$y_i(w^T \theta(x_i) + b) \geq 1 - \mu_i, \tag{2}$$

$$\mu_i \geq 0:$$

Այստեղ x_i ուսուցողական վեկտորները θ ֆունկցիայի միջոցով արտապատկերված են տարածական ավելի մեծ տարածության վրա: b -ն ցույց է տալիս տարբերակող հիպերգծի շեղումը նախնականից: μ_i-ն՝ շեղումը սահմանափակումներից: C -ն օգտագործողի կողմից տրվող կարգավորող պարամետր է, որով կառավարվում է կետի գծից եղած հեռավորության ճշտությունը: ՀՎՄ-ով ոչ գծային բաժանման օրինակը ներկայացված է նկ.2-ում:



Նկ. 2. ՀՎՄ-ով ոչ գծային բաժանում՝ ա) մուտքային տվյալներ, բ) արտապատկերում տարածական մեծ տարածության վրա, գ) հետադարձ արտապատկերում

Հետազոտությունները ցույց են տալիս [4, 5], որ անոմալիաների հայտնաբերման համար ՀՎՄ-ները տալիս են ավելի բարձր արդյունք, սակայն եթե համեմատվում է հայտնաբերման ճշտությունը, ապա արհեստական նեյրոնային ցանցերն ունեն ավելի բարձր ճշտություն: Տվյալ աշխատանքում կիրառվել է ՀՎՄ-ն:

Անոմալիաների հայտնաբերման համակարգի նախագծումը: Հեռահաղորդակցական ցանցերում անոմալիաների հայտնաբերման համար անհրաժեշտ է այդ ցանցերում կատարել մշտադիտարկում: Մշտադիտարկմամբ ստացված արդյունքների վերլուծության հիման վրա կարելի է հայտնաբերել խափանումներ, ծանրաբեռնված հանգույցներ և այլն: Սակայն մինչ անոմալիաների հայտնաբերումը պետք է հեռահաղորդակցական ցանցի համար որոշվեն մշտադիտարկվող պարամետրերի արժեքները ցանցի աշխատանքի բնականոն ռեժիմի համար: Անոմալիայի հայտնաբերման դեպքում անհրաժեշտ է հեռահաղորդակցական ցանցում կատարել անհրաժեշտ միջամտություններ: Անոմալիաների հայտնաբերման ժամանակ հեռահաղորդակցական ցանցի օպերատիվ կառավարման համար կարելի է կիրառել [6]-ում մշակված եղանակը:

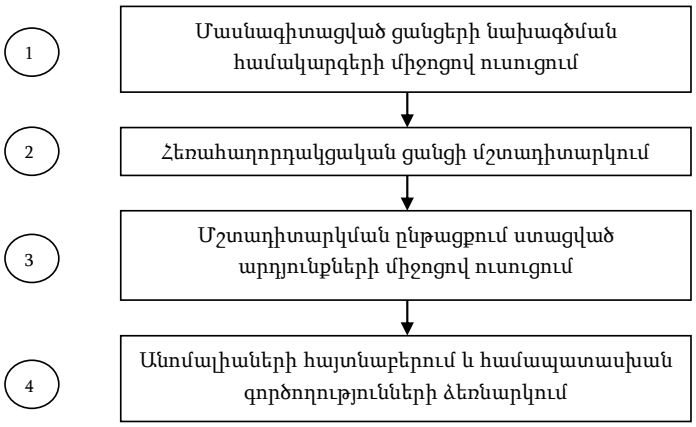
Այս համակարգում մեքենայական ուսուցման մասն ունի կարևոր նշանակություն, քանի որ դրա ճշտությունից է կախված ողջ համակարգի աշխատանքի արդյունավետությունը: Համակարգի ուսուցման համար կարելի է կիրառել երկու եղանակ.

1. ուսուցում ցանցի աշխատանքի ընթացքում,
2. նախնական ուսուցում մոդելավորման համակարգերի կիրառմամբ:

Եթե նախագծվող համաակարգում կիրառվի միայն 1-ին եղանակը, ապա հեռահաղորդակցական ցանցի աշխատանքի ընթացքում անոմալիաների հայտնաբերման գործընթացը բավականին երկար կտևի և կլինի ոչ արդյունավետ: Ուստի պետք է կի-

րառվի նաև 2-րդ մոտեցումը։ Տվյալ դեպքում մասնագիտացված ցանցերի նախագծման գործիքամիջոցներով, ինչպիսին է, օրինակ, [7]-ում ներկայացվածը, կառուցվում է հեռահաղորդակցական ցանցի մոդելը, մոդելի վրա կատարվում է տարբեր իրավիճակների սիմուլյացիա, և ստացված արդյունքները տրվում են մեքենայական ուսուցման համակարգին որպես մուտք։ Դա զգալիորեն արագացնում է ուսուցման ընթացքը և թույլ է տալիս, որ համակարգն արագորեն հայտնաբերի անոմալիաները։ Հեռահաղորդակցական ցանցի շահագործման ընթացքում կիրառվում է նաև 1-ին մոտեցումը, ինչը մեծացնում է ճշտությունը և թույլ տալիս հայտաբերել դեպքեր, որոնք չէին ուսուցանվել մոդելավորման համակարգերի միջոցով։

Ելնելով վերը շարադրվածից, կատարվող քայլերի հերթականությունը կարելի է ներկայացնել հետևյալ կերպ (նկ.3)։



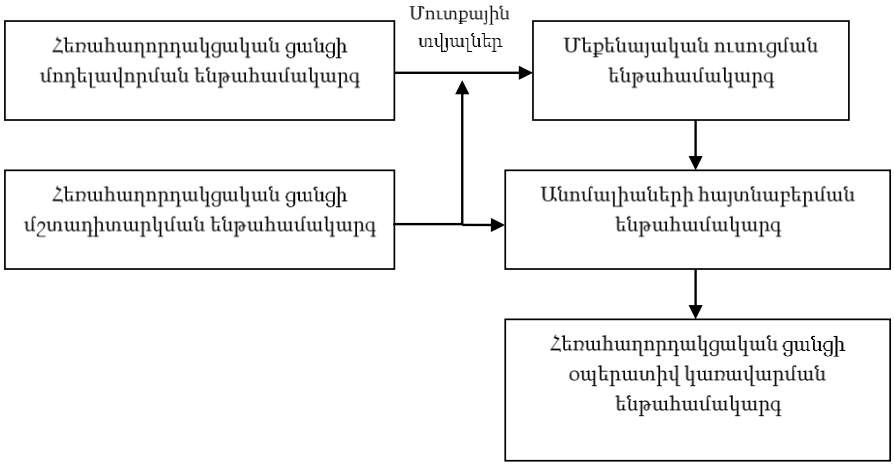
Նկ. 3. Անոմալիաների հայտնաբերման քայլերի հաջորդականությունը

Հեռահաղորդակցական ցանցերում մեքանայական ուսուցման միջոցով անոմալիաների հայտնաբերման նախագծվող համակարգի ընդհանրացված ճարտարապետությունը ներկայացված է նկ. 4-ում։

Համակարգը բաղկացած է հետևյալ 5 ենթահամակարգերից.

1. հեռահաղորդակցական ցանցի մոդելավորման ենթահամակարգ,
2. հեռահաղորդակցական ցանցի մշտադիտարկման ենթահամակարգ,
3. մեքենայական ուսուցման ենթահամակարգ,
4. անոմալիաների հայտնաբերման ենթահամակարգ,
5. հեռահաղորդակցական ցանցի օպերատիվ կառավարման ենթահամակարգ։

Ենթահամակարգերի գործառույթները հետևյալն են։ Մոդելավորման ենթահամակարգը թույլ է տալիս մասնագիտացված գործիքամիջոցների կիրառմամբ ստեղծել հեռահաղորդակցական ցանցի մոդելը և այդ մոդելի վրա իրականացնել տարբեր իրավիճակների սիմուլյացիա ու արդյունքների հավաքագրում։



Նկ. 4. Հեռահաղորդակցական ցանցերում մեքենայական ուսուցման միջոցով անոմալիաների հայտնաբերման համակարգի ճարտարապետությունը

Մշտադիտարկման ենթահամակարգը նախատեսված է շահագործման հանձնված հեռահաղորդակցական ցանցի դիտարկվող պարամետրերի ստացման համար: Այս և մոդելավորման ենթահամակարգերից ստացված արդյունքերը փոխանցվում են անոմալիաների հայտնաբերման ենթահամակարգին, որը մշակելով ստացված արդյունքները՝ ՀՎՄ-ի միջոցով հայտնաբերում է անոմալիաներ և այդ մասին տեղեկացնում օպերատիվ կառավարման ենթահամակարգին: Օպերատիվ կառավարման ենթահամակարգի միջոցով կատարվում են տվյալ իրավիճակին համապատասխանող քայլեր, և վերականգնվում է հեռահաղորդակցական ցանցի բնականոն աշխատանքը:

Եզրակացություն: Ուսումնասիրվել է հեռահաղորդակցական ցանցերում անոմալիաների հայտնաբերման համար մեքենայական ուսուցման համակարգերի կիրառելիությունը: Դիտարկվել են տվյալ խնդրի լուծման համար կիրառելի մեքենայական ուսուցման համակարգերը՝ արհեստական նեյրոնային ցանցերը և հենասյունային վեկտորների մեթոդը (ՀՄՎ): Մշակվել են հեռահաղորդակցական ցանցերում մեքենայական ուսուցման միջոցով անոմալիաների հայտնաբերման համար անհրաժեշտ քայլերը, և դրա հիման վրա նախագծվել է անոմալիաների հայտնաբերման համակարգի ճարտարապետությունը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. http://cfca.org/fraudlosssurvey/2015.pdf
2. **Chandola V., Banerjee A. and Kumar V.** Anomaly detection: A survey //*ACM* Comput.- Surv.- July 2009.- Vol. 41.- P. 15:1–15:58.
3. **Garca-Teodoro P., Daz-Verdejo J., Maci-Fernndez G. and Vzquez E.** Anomaly-based network intrusion detection: Techniques, systems and challenges // Computers & Security. -2009.- Vol. 28, no. 12.- P. 18–28.

4. **Sinclair C., Pierce L. and Matzner S.** An application of machine learning to network intrusion detection // Proceedings of the 15th Annual Computer Security Applications Conference. Ser. ACSAC 99. - Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 1999.- P. 371–377.
5. IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security.- November, 2008.- Vol.8, No.11.
6. **Կիրակոսյան Գ.Տ., Հովհաննիսյան Ծ.Ս., Սիրադեղյան Ս.Ա.** Հեռահաղորդակցական ցանցերի օպերատիվ կառավարման եղանակի մշակում //Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի Լրաբեր. - 2015.- Հատոր 12, № 4. - էջ 718-722:
7. **Սիրադեղյան Ս.Ա., Կիրակոսյան Ռ.Գ.** Մասնագիտացված քոմփյութերային ցանցերի կառուցվածքի նախագծման ավտոմատացված գործիքային միջոցի մշակում // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր. Տեխնիկական գիտությունների սերիա. - 2014. - Հատոր 67, № 2. - էջ 155-164:

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 20.09.2016:

Ц.С. ОГАННИСЯН, С.А. СИРАДЕГЯН, Р.Г. КИРАКОСЯН

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Сбой работы телекоммуникационных сетей наносит большие убытки компаниям, предлагающим телекоммуникационные услуги. Системы, предназначенные для обнаружения и исправления сбоев, способствуют снижению этих затрат. В работе представлена система обнаружения аномалий в телекоммуникационных сетях, работа которой основана на системах машинного обучения.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, машинное обучение, обнаружение аномалий, искусственные нейронные сети, метод опорных векторов, системы мониторинга.

Ts.S. HOVHANNISYAN, S.A. SIRADEGHYAN, R.G. KIRAKOSSIAN

DESIGN OF A SYSTEM FOR ANOMALY DETECTION IN TELECOMMUNICATION NETWORKS BY MACHINE LEARNING

The operation failure of telecommunication networks causing heavy losses to companies providing telecommunication services. Systems designed for detecting and fixing failures help to reduce these costs. An anomaly detection system for telecommunication networks is given the operation of which is based on machine learning systems.

Keywords: telecommunication network, machine learning, anomaly detection, artificial neural networks, support vector machine, monitoring systems.