

**ՏԵՂԵԿԱՏՎԱԿԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐ, ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ,  
ՌԱԴԻՈՏԵԽՆԻԿԱ**

**ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ ԵՎ ՀԱՇՎՈՂԱԿԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱ**

ՀՏԴ 004383:004.451.5

**Հ.Ա. ՃԱՆՃԱՊԱՆՅԱՆ, Ա.Զ. ՏՈՄԵՅԱՆ**

**ԱՐՇԵՍԱԿԱՆ ՆԵՅՐՈՆԱՅԻՆ ՑԱՆՑԵՐՈՎ ԿԱՆԽԱԳՈՒՇԱԿՄԱՆ  
ԽՆԴԻՐՆԵՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ ԱԼԳՈՐԻԹՄԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

Արհեստական նեյրոնային ցանցերը լայնորեն օգտագործվում են տարբեր խնդիրների լուծման դեպքում և ակտիվորեն կիրառվում են, երբ սովորական ալգորիթմական լուծումներն անարդյունավետ են կամ նույնիսկ անհնար: Աշխատանքում կանխագուշակման խնդիրների համար կատարված է արհեստական նեյրոնային ցանցերի կառուցվածքի և ուսուցման մեթոդի ընտրության ալգորիթմի մշակում, որն ապահովում է տված ճշտությունը և հաշվի է առնում ուսուցման արագությունը:

**Առանցքային բաներ.** նեյրոնային ցանց, կառուցվածք, ուսուցում, կանխագուշակում, ալգորիթմ, ժամանակային շարք, սահող պատուհան:

**Ներածություն:** Արհեստական նեյրոնը ցանկացած արհեստական նեյրոնային ցանցի հիմնական մասն է [1] /հետագայում՝ նեյրոն և նեյրոնային ցանց/: Նեյրոնի աշխատանքի նկարագրությունը նրա մաթեմատիկական մոդելն է.

$$out = \varphi \sum_{i=1}^n x_i w_i,$$

որտեղ  $\sum_{i=1}^n x_i w_i$ -ն կոչվում է կշռված գումար, որը մուտքային  $n$  ազդանշանների և դրանց համապատասխան կշիռների արտադրյալի գումարն է,  $\varphi$ -ն ակտիվացման ֆունկցիան է,  $x$ -ը՝ նեյրոնի մուտքային վեկտորը, իսկ  $w$ -ն՝ այդ մուտքային ազդանշաններին համապատասխան կշիռների վեկտորը:

Ցանցի մուտքին տրված ազդանշանների արժեքները /կշռված գումարով/, մշակվելով ակտիվացման ֆունկցիայով, բերվում են (0.1) միջակայքի: Ամենատարածված ակտիվացման ֆունկցիան սիգմոիդ ֆունկցիան է, որը մոնոտոն կերպով աճող ակտիվացման ֆունկցիա է: Սիգմոիդը թույլ է տալիս ուժեղացնել թույլ ազդանշանները [1,2]:

Նեյրոնային ցանցերի ամենակարևոր առանձնահատկությունն այն է, որ դրանք կարող են ուսուցանվել: Ցանցի շահագործման ժամանակ նրա առջև դրված խնդիրների լուծման ունակությունը կախված է այն բանից, թե որակային ինչպիսի մակարդակով կարող է կատարվել ուսուցումը: Ուսուցման կարևորագույն

պարամետրեր են ժամանակը, որն անհրաժեշտ է ծախսել ուսուցման վրա, և կշռային գործակիցների ընտրման որակը: Կշիռները փոխվում են՝ համաձայն սխալը նվազեցնող ալգորիթմի: Կան ուսուցման հետևյալ ձևերը. ա/ ուսուցում ուսուցչի հետ; բ/ ուսուցում՝ առանց ուսուցչի; գ/ սխալի հետընթաց ճշտորոշման վրա հիմնված ուսուցում, որը առաջինից ածանցված ձև է: Ուսուցչի հետ ուսուցումը ենթադրում է, որ յուրաքանչյուր մուտքային վեկտորի համար գոյություն ունի էտալոնային /նպատակային/ վեկտոր, որը ներկայացնում է պահանջվող ելք: Դրանք միասին կոչվում են ուսուցանող ընտրանքներ: Սովորաբար նեյրոնային ցանցը ուսուցանվում է այդպիսի ընտրանքների որոշ քանակի վրա: Ներկայացվում է ելքային վեկտորը, հաշվվում է ՆՑ-ի ելքը և համեմատվում համապատասխան էտալոնային վեկտորի հետ: Տարբերությունը /սխալը/ հետադարձ կապով տրվում է ՆՑ-ին, և կշիռները փոխվում են՝ համապատասխան սխալի նվազեցմանը ձգտող ալգորիթմի: Ուսուցանող զանգվածի վեկտորների արժեքները հաջորդաբար տրվում են ցանցի մուտքերին, հաշվվում են սխալները, և կարգավորվում են կշիռները ամեն մի վեկտորի դեպքում այնքան ժամանակ, քանի դեռ սխալը ամբողջ ուսուցանող զանգվածի համար չի հասել ընդունելի ցածր մակարդակին:

Ուսուցում առանց ուսուցչի կամ ուսուցում ինքնակազմակերպման հիմքով իրականացվում է՝ նեյրոնային ցանցին ներկայացնելով միայն մուտքային վեկտորների հավաքածուն, իսկ համապատասխան ելքերը ձևավորվում են ինքնուրույն՝ հաշվի առնելով միայն մուտքային ազդանշանները և կշռային գործակիցները: Ուսուցանող ալգորիթմը կարգաբերում է կշիռները այնպես, որ մուտքին տալով բավականին մոտիկ վեկտորներ՝ ցանցի ելքում ստոցվում են նույն ելքային մեծությունները:

Սխալի ճշտորոշման վրա հիմնված ուսուցումը ուսուցչով ուսուցման տեսակ է, նկարագրվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$e_k(n) = d_k(n - y_k(n)),$$

որտեղ  $e_k(n)$ -ն սխալի ազդանշանն է,  $d_k(n)$ -ը՝ ցանկալին, իսկ  $y_k(n)$ -ը՝  $k$ -րդ ելքային նեյրոնի ազդանշանը:

Սխալի ազդանշանի հիման վրա կատարվում են նեյրոն  $k$ -ի կշիռների ճշգրտումներ, որոնք նպատակաուղղված են  $y_k(n)$ -ը ցանկալի  $d_k(n)$ -ին մոտեցնելուն:

Նեյրոն  $k$ -ի կշիռների աստիճանաբար կարգավորումը շարունակվում է, մինչև որ  $y_k(n)$ -ը պահանջվող չափով մոտ լինի  $d_k(n)$ -ին: Այդ պահին ուսուցման գործընթացը դադարում է:

Նեյրոնային ցանցերի կառուցվածքները կարող են լինել միաշերտ, բազմաշերտ, բազմամուտք, միաելք և այլն: Չկա նեյրոնային ցանցերի կառուցվածքի որոշման մշակված մաթեմատիկական ապարատ կամ մեթոդ:

**Աշխատանքի նպատակն է** նեյրոնային ցանցերով կանխագուշակման խնդիրների լուծման համար մշակել ալգորիթմ, որը թույլ կտա ապահովել սխալի տված չափը, կատարել կառուցվածքի և ուսուցման մեթոդի ընտրություն՝ հաշվի առնելով ուսուցման արագությունը:

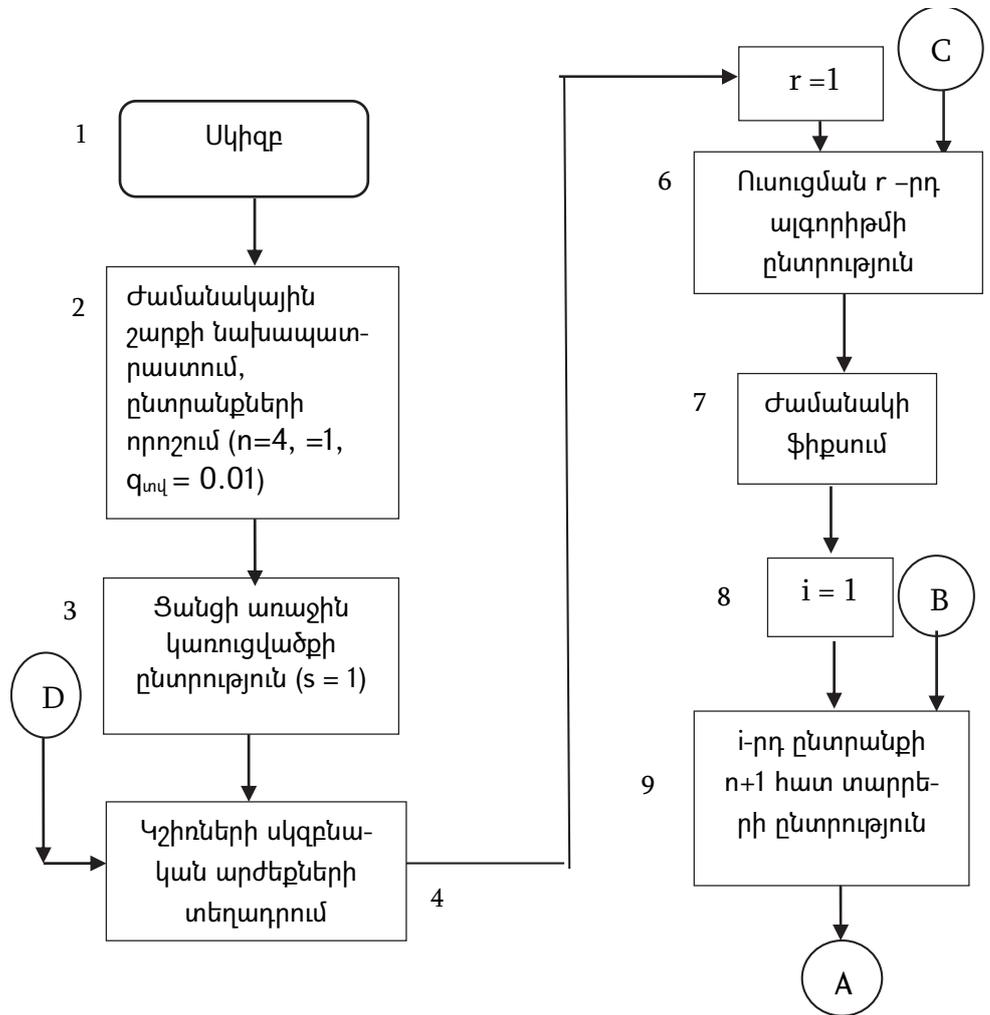
**Ալգորիթմի մշակումը:** Ընդհանուր առմամբ կանխագուշակման խնդիրը հանգում է ժամանակի ընթացքում կարգավորված տվյալների հետագա արժեքների ստացմանը՝ հիմնվելով արդեն առկա տվյալների վերլուծության, ինչպես նաև ազդող գործոնների փոփոխության միտումների վրա: Կանխագուշակման արժեքները ժամանակային շարքի արժեքներ են  $[T(n), T(n + f)]$  միջակայքում, որտեղ  $T(n)$ -ը ընթացիկ ժամանակն է, իսկ  $f$ -ը՝ կանխագուշակման միջակայքը:

Ինչպես այլ բնագավառների խնդիրների լուծումը, այնպես էլ կանխագուշակման խնդիրներինը ներառում են մուտքային մեծությունների նախապատրաստում, կառուցվածքի ընտրություն, ցանցի ուսուցում, ինքնուրույն աշխատանք և ելքային մեծության ստացում:

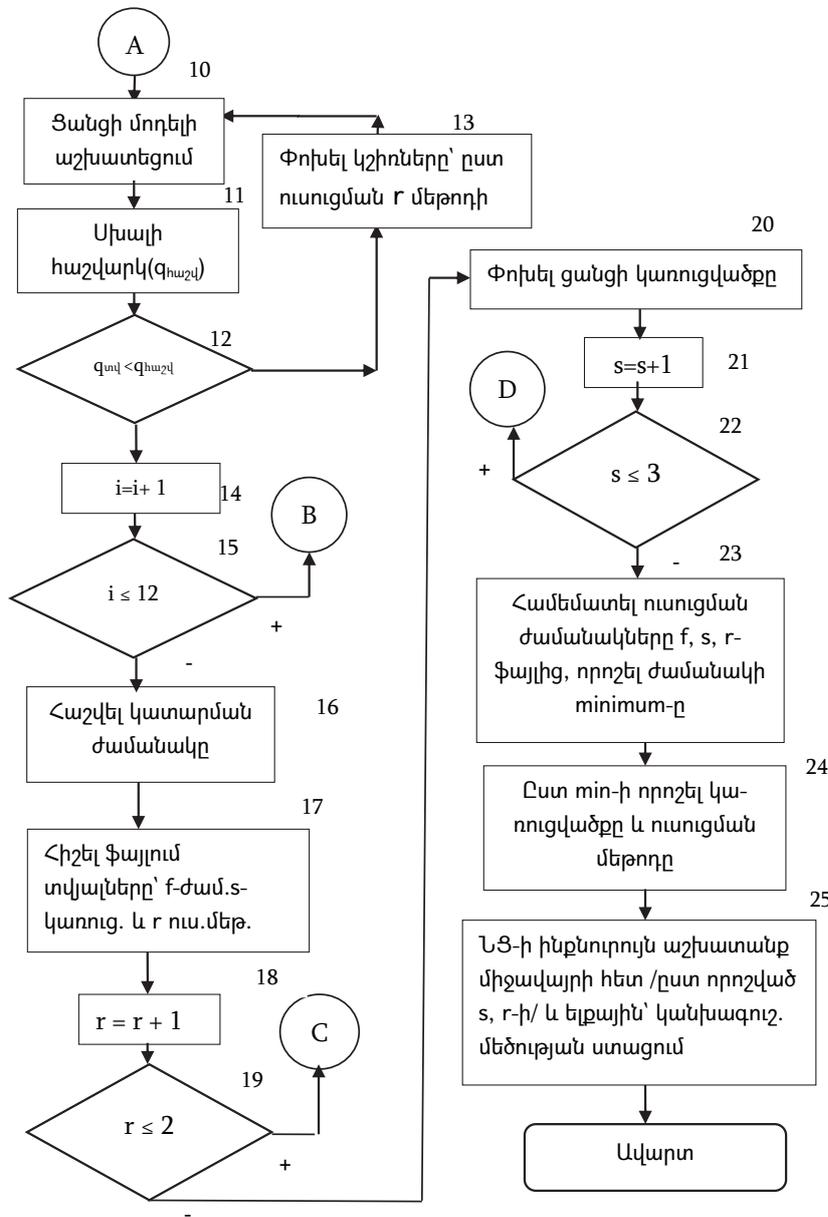
Աշխատանքում դիտարկված են ՆՑ-երի բազմամուտք և տարբեր քանակի թաքնված շերտեր ունեցող /բազմաշերտ/, բայց բոլոր դեպքերում ելքային շերտը մեկ հատ նեյրոնից բաղկացած ճարտարապետություններ: Դա բխում է կանխագուշակման խնդիրների առանձնահատկությունից: Ընտրված կառուցվածքներից յուրաքանչյուրի համար կիրառվում են ուսուցման երկու ձևերը: Առանց ուսուցչի ուսուցման ձևը կանխագուշակման խնդիրների լուծման համար չի օգտագործվում, քանի որ առանց էտալոնաին վեկտորների զանգվածի՝ անհնար է իրականացնել կանխագուշակում:

Ինչպես նշվեց, նեյրոնային ցանցի ելքային շերտը պետք է կազմված լինի մեկ նեյրոնից և որի արժեքը համապատասխանում է ժամանակային շարքի կանխագուշակված տարրին [3]: Կանխագուշակման գործընթացն իրականացվում է ՆՑ-ի ուսուցումից հետո, որը կատարվում է նույն սկզբունքով, ինչ որ ուսուցանող ընտրանքների ձևավորման պրոցեսը: Նկարում բերված է կանխագուշակումների խնդրի լուծման ալգորիթմի բլոկ-սխեման, որը կատարում է ցանցի կառուցվածքի և ուսուցման մեթոդի ընտրություն՝ ապահովելով լավագույն արագություն և սխալի պահանջվող չափ:

Նկարագրենք ալգորիթմի աշխատանքը:



Նկ. Բերված դրվածքով կանխագուշակման խնդրի լուծման ավգորիթմի բլոկ-սխեման



*Նկարի շարունակությունը*

Մուտքային մեծությունները նախապատրաստվում են բլոկ 2-ում (ժամանակային շարքը, մուտքային և ելքային սահող պատուհանների չափերը, մուտքային վեկտորի հավաքածուների ձևավորումը, ելքային էտալոնային վեկտորի ձևավորումը): Այնուհետև տրվում է ժամանակային շարքի ընտրանքներում

/մուտքային վեկտորի/ տարրերի քանակը, այսինքն՝ մուտքային սահող պատուհանի չափը՝  $n$ -ը (ընտրված է  $n = 4$ , ելքայինը մեկ է, սահող պատուհանի լավագույն չափի ընտրության մեթոդ չկա, այն կարելի է որոշել փորձերի միջոցով) [3,4]: Ընտրանքների քանակը կախված է կանխագուշակման ժամանակային միջակայքից և սահող պատուհանների չափերից, տրվում է նաև ուսուցման սխալի չափը: Բլոկ 3-ը կատարում է ցանցի նախօրոք ընտրված կառուցվածքներից հերթական կառուցվածքի ընտրություն ( $s = 1$ ): 4-րդ բլոկը որոշում և տեղադրում է կշիռների սկզբնական արժեքները: Բլոկ 5-ը տալիս է ուսուցանող ալգորիթմի /մեթոդի/ համարը: Այնուհետև կատարվում է ուսուցման ալգորիթմի ընտրություն (բլոկ 6): Բլոկ 7-ը ֆիքսում է ժամը՝ խնդրի լուծման ժամանակը հաշվելու համար: Բլոկ 8-ում տրվում է ընտրանքի համարը: Այնուհետև կատարվում է ժամանակային շարքից  $n + 1$  հատ տարրերի ընտրություն, որտեղ  $n$ -ը մուտքային տարրերի քանակն է /մուտքային սահող պատուհանի չափը/,  $n + 1$ -երորդը ելքային տարրն է /1-ը ելքային սահող պատուհանի չափն է/ (բլոկ 9): 10, 11, 12, 13 բլոկներով ցիկլը իրականացնում է տվյալ ընտրանքի համար սխալի հաշվարկում, կշիռների փոփոխում իտերացիոն ձևով, մինչև որ ապահովվում է սխալի տրված չափը: 14-րդ բլոկում ձևավորվում է հաջորդ ընտրանքի համարը, և եթե բոլոր ընտրանքները դիտարկված չեն սահող պատուհանից (բլոկ 15), ապա ալգորիթմի աշխատանքը վերսկսվում է բլոկ 9-ից, հակառակ դեպքում՝ կատարվում է ուսուցման ժամանակի հաշվարկ (բլոկ 16): Բլոկ 17-ը կատարում է երեք տվյալի գրանցում ֆայլում՝ կառուցվածքի հայտանիշը, ուսուցման մեթոդը և կատարման ժամանակը: Այնուհետև բլոկ 18-ը տալիս է ուսուցման հաջորդ մեթոդի համարը /ձևը/, և եթե նախատեսված ուսուցման մեթոդները չեն սպառվել (բլոկ 19), ալգորիթմի աշխատանքը վերսկսվում է 6-րդ բլոկից, հակառակ դեպքում՝ փոխվում է ցանցի կառուցվածքը, և ձևավորվում է հերթական նոր կառուցվածքի համարը (բլոկներ 20, 21): Եթե բոլոր նախատեսված կառուցվածքները չեն դիտարկվել (բլոկ 22), ալգորիթմի աշխատանքը վերսկսվում է բլոկ 4-ից, հակառակ դեպքում, գրանցված տվյալներից օգտվելով, կատարվում են ժամանակների մինիմումի հաշվարկ (բլոկ 23) և դրա համապատասխան կառուցվածքի և ուսուցման մեթոդի ընտրություն (բլոկ 24): Անջատվում է ուսուցչի կապը: Այսպիսով՝ ցանցը ուսուցված է, արագագործ ուսուցումով կառուցվածքը որոշված է, և այն պատրաստ է աշխատանքի: 25 բլոկում աշխատեցվում է նեյրոնային ցանցի մոդելը /որևէ մաթեմատիկական ապարատով տվյալ կառուցվածքի և որոշված ուսուցման մեթոդի համար/, և արդյունքում ստացվում է ելքային՝ կանխագուշակվող մեծությունը:

**Եզրակացություն:** Աշխատանքում մշակված ալգորիթմի միջոցով կատարվել է նեյրոնային ցանցի նախատեսված կառուցվածքների ուսուցում երկու

մեթոդներով, և այդ տարրերակներից ընտրվել են այն կառուցվածքը և ուսուցման մեթոդը, որոնց դեպքում ապահովվում են կանխագուշակման խնդրի ուսուցման լավագույն արագությունը և պահանջվող սխալի չափը:

#### **ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ**

1. **Круг П.Г.** Нейронные сети и нейрокмпыютеры: Учебное пособие по курсу «Микропроцессоры». – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 176 с.
2. **Хайкин Саймон.** Нейронные сети. Полный курс.-2-е издание. -2006.
3. **Maad M. Mijwel.** Artificial Neural Networks Advantages and Disadvantages Computer science, college of science University of Baghdad Baghdad.- Iraq, January 2018.
4. <http://neuropro.ru/neu7.shtml>

**Ա.Ա. ԺՅԱՆԺՅԱՆԻ, Ա.ԺՅ. ԹՄԵՅԱՆ**

#### **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Искусственные нейронные сети широко применяются для решения различных задач, особенно когда традиционные алгоритмические решения оказываются неэффективными или невозможными. В данной работе разработан алгоритм для выбора структуры нейронной сети и метода обучения, обеспечивающий лучшую скорость и необходимую точность прогноза.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, структура, обучение, прогнозирование, алгоритм, временной ряд, скользящее окно.

**H.A. TSHATSHAPANYAN, A.DJ. TOMEYAN**

#### **DEVELOPING AN ALGORITHM FOR SOLVING THE FORECASTING PROBLEM WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**

Artificial neural networks are widely used for solving various problems are largely applied when ordinary algorithmic solutions are ineffective or infeasible. This work presents the development of an algorithm for selecting a neural network structure and a teaching method ensuring the necessary accuracy and speed of forecast.

**Keywords:** neural network, composition, teaching, forecasting, algorithm, time series, floating window.