

«ՀԱՍՏԱՏՈՒՄ ԵՄ»

ՀՀ ԳԱԱ Ռադիոֆիզիկայի և  
Էլեկտրոնիկայի հետազոտողական ինստիտուտի տնօրեն  
Ս.Վ. Չաքարյան



*[Handwritten signature]*

04 հուլիս 2024թ.

### ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅԱՆ ԿԱՐԾԻՔ

Մուշեղ Տարոնի Գրիգորյանի «Միկրոէլեկտրոնային հաշվողական համակարգերում նեյրոնային ցանցի բաշխված մշակումը և հեփազոտումը» թեմայով, Ե27.01 - «Էլեկտրոնիկա, միկրո և նանոէլեկտրոնիկա» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման արեւնախոսության վերաբերյալ:

### Ատենախոսության թեմայի արդիականությունը:

Վերջին տարիներին արհեստական բանականության (ԱԲ) զարգացումը մեծ պահանջներ է առաջադրում սարքավորումների արագագործության բարելավման ուղղությամբ: Տվյալների կենտրոնները, որոնք մշակում են հսկայական ծավալով տեղեկատվություն բարձր ճշգրտությամբ և իրական ժամանակում, պահանջում են գնալով ավելի արագ տվյալների մշակում: Սակայն այս աճը հանգեցնում է գործառնական ծախսերի և շրջակա միջավայրի վրա բացասական ազդեցության մեծացման՝ պայմանավորված ԱԲ առաջադրանքների իրականացման համար անհրաժեշտ հզորությամբ:

Նեյրոնային ցանցերի աշխատանքն արագացնելու համար օգտագործվում են տարբեր սարքային լուծումներ, ինչպիսիք են կենտրոնական և գրաֆիկական պրոցեսորները: Սակայն դրանց տրամադրած ռեսուրսները և հաշվարկային հզորությունը բավարար չեն ԱԲ-ի ժամանակակից հավելվածների պահանջները բավարարելու համար:

Մ.Տ. Գրիգորյանի ատենախոսությունն անդրադառնում է միկրոէլեկտրոնային հաշվողական համակարգերում նեյրոնային ցանցերի բաշխված մշակման հիմնախնդիրներին: Առաջարկված մեթոդները և տեխնիկաները նպատակ ունեն արագացնել նեյրոնային ցանցերի աշխատանքը և նվազեցնել դրանց հաշվարկային բարդությունը: Սա ստեղծում է հիմքեր՝ բարելավելու համակարգերի արագագործությունը և միաժամանակ նվազեցնելու պահանջվող էներգիայի քանակը:

Հաշվի առնելով վերոնշյալ հանգամանքները՝ կարելի է եզրակացնել, որ ատենախոսության թեման խիստ արդիական է և համապատասխանում է ոլորտի ժամանակակից մարտահրավերներին:

Ատենախոսության բովանդակությունը, արդյունքների և եզրակացությունների հավաստիությունը, դիտողություններ ձևավորման վերաբերյալ

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, 3 գլուխներից, եզրահանգումից, 137 անուն գրականության ցանկից և 4 հավելվածներից (առաջին հավելվածում ներկայացված է ատենախոսության ներդրման ակտը, երկրորդում՝ նեյրոնային ցանցի որոշ շերտերի սարքային նկարագրության հատվածներ, երրորդում՝ մշակված ծրագրային գործիքի նկարագրության որոշ հատվածներ, իսկ չորրորդում՝ օգտագործված նկարների, աղյուսակների և հապավումների ցանկերը): Ատենախոսության հիմնական տեքստը կազմում է 113 էջ, իսկ ընդհանուր ծավալը, հավելվածների հետ միասին՝ 142 էջ:

Ներածությունում հիմնավորված է ատենախոսական աշխատանքի թեմայի արդիականությունը, ներկայացված են՝ հետազոտության առարկան, աշխատանքի նպատակը, հետազոտության մեթոդները, գիտական նորույթը, պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները, ինչպես նաև աշխատանքի գործնական արժեքը:

Գլուխ 1-ը կենտրոնանում է նեյրոնային ցանցերի համար նախատեսված տվյալների մշակման սարքավորումների վրա: Այստեղ իրականացվում է

մանրակրկիտ վերլուծություն ներյոնային ցանցերի տարբեր արագացուցիչների վերաբերյալ, ներկայացնելով դրանց կառուցվածքային առանձնահատկությունները, հնարավորությունները և սահմանափակումները:

Գլուխը նաև անդրադառնում է ոլորտում առկա մարտահրավերներին և դրանց հաղթահարման ներկա մոտեցումներին: Քննարկվում են այս լուծումների թերությունները, ինչը հիմնավորում է նոր և ավելի արդյունավետ մեթոդների մշակման կարիքը:

Գլուխ 2-ում ներկայացված է միկրոէլեկտրոնային համակարգերում ներյոնային ցանցի մշակման նոր մեթոդներ, ինչպես նաև դրանց իրականացման համար ընթացակարգեր: Ներկայացվել են կատարված մոդելավորման արդյունքները և կատարվել է արդյունքների գնահատում և համեմատություն առկա լուծումների հետ, ինչպես նաև ցույց են տրվել մեթոդների առավելություններ և թերությունները:

Գլուխ 3-ում ներկայացված է առաջարկված մեթոդների հիման վրա ստեղծված “Hardware Accelerator Design Tool” ծրագրային միջոցը, որի օգնությամբ կատարվում է առաջարկված մեթոդների և եղանակների իրականացում: Ծրագրային միջոցի կիրառումն զգալի չափով կրճատում է առաջարկվող մեթոդների կիրառմամբ ներյոնային ցանցերի արագացուցիչների նախագծման և ստուգումների ժամանակը:

Եզրակացությունները սերտորեն կապված են փորձարարական արդյունքների հետ և լիովին համապատասխանում են աշխատանքում ներկայացված մոտեցումներին, դրույթներին և մեթոդներին: Հեղինակի առաջարկները ներկայացված են հստակ և մատչելի ձևով: Առաջարկված մոտեցումները հիմնավորված են ատենախոսության ամբողջ բովանդակությամբ, ունեն զգալի գործնական նշանակություն, ինչը բարձրացնում է աշխատանքի արժեքը ոչ միայն տեսական, այլև կիրառական տեսանկյունից:

Արդյունքների և եզրակացությունների հավաստիությունն ապացուցված է գիտափորձարարական հիմնավորումներով:

Հետազոտությունների և արդյունքների նորույթ:

Ատենախոսությունում առավել մեծ գիտական արժեք են ներկայացնում՝

1. Նեյրոնային ցանցի բաշխված մշակման համար մշակված սարքային արագացուցիչը:
2. Նեյրոնային ցանցի բաշխված մշակման ընթացակարգը :
3. Նեյրոնային ցանցի հաշվարկային բարդության նվազեցման եղանակը:
4. Նեյրոնային ցանցի կիրառությանը կողմնորոշված ինտեգրալ սխեմայի միջոցով իրականացման ընթացակարգը :
5. Նեյրոնային ցանցի արագացուցիչների նախագծման համար “HADT” ծրագրային միջոցը

Աշխատանքի գիտական նշանակությունը:

- Առաջարկել են թեմատիկ ծրագրավորող փականների զանգվածների միջոցով նեյրոնային ցանցի բաշխված մշակման համակարգերի ստեղծման մոտեցումներ, որոնք նեյրոնային ցանցերի հաշվարկային բարդության նվազեցման շնորհիվ՝ բարձրացնում են թեմատիկ ծրագրավորվող փականների զանգվածների վրա առերեսման արդյունավետությունը ժամանակակից պահանջներին համապատասխան:
- Մշակվել է նեյրոնային ցանցերի բաշխված մշակման համար սարքային արագացուցիչ, որը առերեսման արագացման շնորհիվ՝ ապահովել է առերեսման ժամանակի համապատասխանաբար 30 և 2,6 անգամ արագացում, ինչպես նաև 3 անգամ ավելի քիչ տեղորոշման սխալանք՝ կենտրոնական պրոցեսորի և գրաֆիկական պրոցեսորի հետ համեմատած, տեսողական տեղորոշման փաթույթային նեյրոնային ցանցի 0,1% տարածքային շեղման սխալանքի աճի հաշվին:
- Մշակվել է ընթացակարգ, որը բարձր զուգահեռության շնորհիվ՝ թույլ է տվել կատարել միանգամից չորս և ավելի նեյրոնային ցանցերի մոդելների մշակում պահանջվող ռեսուրսների 24,4% և անհրաժեշտ հզորության 24,9% աճի հաշվին:
- Առաջարկվել է նեյրոնային ցանցի հաշվարկային բարդության նվազեցման եղանակ, որը կշիռների և ակտիվացումների քվանտացման միջոցով ապահովել է արագացուցչի աշխատանքի համար անհրաժեշտ հզորության 21,2% նվազեցում և առերեսման արագության 32% բարելավում՝ վերջինիս

սխալանքի 0,9% աճի հաշվին:

- Ստեղծվել է նեյրոնային ցանցի կիրառությանը կողմնորոշված ինտեգրալ սխեմայի միջոցով իրականացման ընթացակարգ, որը հարթակին բնորոշ հնարավորությունների շնորհիվ՝ ապահովել է էներգասպառման 16,9 պատիկ փոքրացում՝ վերածրագրավորվելիության կորստի հաշվին:

#### Ստացված արդյունքների կիրառական նշանակություն:

Ատենախոսությունում մշակված միկրոէլեկտրոնային հաշվողական համակարգերում նեյրոնային ցանցերի արագացուցիչների նախագծման միջոցներն իրագործվել են “Hardware Accelerator Design Tool” ծրագրային միջոցում, որը ներդրվել է «ԷՆՋԻՆ» ՍՊԸ-ում և թույլ է տվել կրճատել արագացուցիչների նախագծման և ստուգումների ժամանակը 3-4 անգամ: Առաջարկված մեթոդների իրագործումը՝ “ Hardware Accelerator Design Tool ” ծրագրային գործիքի միջոցով, թույլ է տվել 0,1% տարածքային շեղման սխալանքի հաշվին ապահովել առերեսման ժամանակի 2,6 անգամ արագացում:

#### Աշխատանքի համապատասխանությունը ՀՀ ԲՈԿ-ի պահանջներին:

Ատենախոսությունն իր արդիականությամբ, նորությամբ, ծավալով, հիմնավորմամբ, ձևակերպմամբ և հիմնական արդյունքների կարևորությամբ համապատասխանում է ՀՀ ԲԿԳԿ-ի կողմից թեկնածուականատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին:

#### Հրապարակումներ:

Ատենախոսության հիմնական դրույթները հրապարակվել են հեղինակի 5 գիտական աշխատանքներում: Սեղմագիրը լիովին համապատասխանում էատենախոսությանը և արտացոլում է դրա հիմնական դրույթները:

#### Դիտողություններ:

1. Մանրամասն չի ներկայացված թե ինչ բացասական ազդեցություններ ունի նեյրոնային ցանցի առերեսման ճշտության անկումը:
2. Ցանկալի կլիներ նշել նեյրոնային ցանցի մոդելի փոփոխությամբ պայմանավորված մշակվող ինտեգրալ սխեմաների մակերեսների փոփոխությունները :

3. Տեղ են գտել որոշակի ուղղագրական սխալներ:

Չնայած նշված թերություններին, Մ.Տ. Գրիգորյանի ատենախոսությունը կատարված է բարձր մակարդակով, ունի գիտական ու գործնական մեծ նշանակություն, ավարտուն տեսք և արդիական է:

Եզրակացություն

Մ.Տ. Գրիգորյանի «Միկրոէլեկտրոնային հաշվողական համակարգերում նեյրոնային ցանցի բաշխված մշակումը և հետազոտումը» թեմայով թեկնածուական ատենախոսությունն ավարտուն աշխատանք է, որը կատարված է բարձր գիտական մակարդակով և ունի մեծ գործնական արժեք: Իր ծավալով և գիտական մակարդակով լիովին համապատասխանում է ՀՀ ԲՈԿ-ի կողմից թեկնածուական ատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին, բովանդակությամբ համապատասխանում է Ե27.01 - «Էլեկտրոնիկա, միկրո և նանոէլեկտրոնիկա» մասնագիտությանը, իսկ հեղինակն արժանի է տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Կարծիքը կազմված է ՀՀ ԳԱԱ ՌՖԷԻ 2024թ. հուլիսի 4-ին կայացած սեմինարի ընթացքում ատենախոսության վերաբերյալ քննարկման արդյունքների հիման վրա:

Սեմինարին ներկա էին՝ ֆ.մ.գ.դ. Ա. Պետրոսյանը, ֆ.մ.գ.թ. Է. Ասմարյանը, ֆ.մ.գ.թ. Ա. Ներսեսյանը, ֆ.մ.գ.թ. Ա. Մուսայեյանը, տ.գ.թ. Ն. Եզակյանը, Ա. Մարտիրոսյանը, Գ. Պլուզյանը, Ա. Թոքմաջյանը և այլք :

Ելույթ ունեցան ֆ.մ.գ.դ. Ա. Պետրոսյանը, ֆ.մ.գ.թ. Ա. Մուսայեյանը, Ա. Մարտիրոսյանը :

Կարծիքը կազմեց ՌՖԷԻ Կիսահաղորդչային

նանոէլեկտրոնիկայի լաբորատորիայի

ավագ գիտաշխատող ֆ.մ.գ.թ.

Ա. Մուսայեյանը

Ա. Մուսայեյանը ատենախոսությունը վավերացնում եմ՝

ՌՖԷԻ գիտության լաբ, ֆ.մ.գ.թ.

Ա. Ներսեսյան

