ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ, ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

Հայաստանի Ազգային Պոլիտեխնիկական Համալսարանի

«ՄԻԿՐՈԷԼԵԿՏՐՈՆԱՅԻՆ ՍԽԵՄԱՆԵՐ ԵՎ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐ» ԱՄԲԻՈՆ

Մասնագիտություն *«Ծրագրային ճարտարագիտություն»*

Կրթական ծրագիր *«Ծրագրային ճարտարագիտություն (Սինոփսիս)»*

Ա Վ Ա Ր Տ Ա Կ Ա Ն Ա Շ Խ Ա Տ Ա Ն Ք

Հ Ա Շ Վ Ե Բ Ա Ց Ա Տ Ր Ա Գ Ի Ր

ԹԵՄԱՆ՝ **Ինտեգրալ սխեմաների ֆիզիկական նախագծման տեղաբաշխման համակարգի մշակումը**

SS219U ակադ. խմբի ուսանող Գագիկ Եղիայի Թադևոսյան _____
(Ա.Հ.Ա) (ստորագրություն, ամսաթիվ)

Աշխատանքի ղեկավար՝ Դավիթ Վարդանի Ռևազյան, տ.գ.թ. _____
(Ա.Հ.Ա., գիտականաստիճան, տարակարգ, ստորագրություն, ամսաթիվ)

Խորհրդատուներ

Էկոնոմիկայի բաժնի՝ Արուսյակ Ալբերտի Աբրահամյան, ասիստենտ _____
(Ա.Հ.Ա., գիտականաստիճան, տարակարգ) (ստորագրություն, ամսաթիվ)

Կենսագ. անվտանգ. բաժնի՝ Հայկ Սահակի Ակարմազյան, տ.գ.թ., դոցենտ _____
(Ա.Հ.Ա., գիտականաստիճան, տարակարգ) (ստորագրություն, ամսաթիվ)

Բնապահպանության բաժնի՝ Արտաշես Վահանի Թադևոսյան, տ.գ.թ., պրոֆեսոր _____
(Ա.Հ.Ա., գիտականաստիճան, տարակարգ) (ստորագրություն, ամսաթիվ)

Աշխատանքը թույլատրված է պաշտպանության _____
(ամսաթիվ)

Ամբիոնի վարիչ՝ Վազգեն Շավարշի Մելիքյան, տ.գ.դ.,պրոֆեսոր _____
(Ա.Հ.Ա., գիտականաստիճան, տարակարգ) (ստորագրություն, ամսաթիվ)

Ինստիտուտի տնօրեն՝ Սիրանուշ Աշոտի Մանուկյան, տ.գ.թ.,դոցենտ _____
(Ա.Հ.Ա., գիտականաստիճան, տարակարգ) (ստորագրություն, ամսաթիվ)

ԵՐԵՎԱՆ 2026

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՏԵՂԵԿԱՏՎԱԿԱՆ, ՀԵՌԱՀԱՂՈՐԴԱԿՑԱԿԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ԵՎ ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ/ՖԱԿՈՒԼՏԵՏ

«ՄԻԿՐՈԷԼԵԿՏՐՈՆԱՅԻՆ ՍԽԵՄԱՆԵՐ ԵՎ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐ» ԱՄԲԻՈՆ

Մասնագիտություն **«Ծրագրային ճարտարագիտություն»** դասիչ՝ 061102.00.6
(գրել առանց հապավումների)

Կրթական ծրագիր **«Ծրագրային ճարտարագիտություն (Սինոփսիս)»**
(գրել առանց հապավումների)

Թիվ ***SS219U*** ակադեմիական խմբի

Ուսանող Թադևոսյան Գագիկ Եղիայի
(ուսանողի ազգանուն, անուն, հայրանուն)

Ա Վ Ա Ր Տ Ա Կ Ա Ն Ա Շ Խ Ա Տ Ա Ն Ք Ի Ա Ռ Ա Ջ Ա Դ Ր Ա Ն Ք

1. Աշխատանքի թեման՝ **Ինտեգրալ սխեմաների ֆիզիկական նախագծման տեղաբաշխման համակարգի մշակումը**

Առաջադրանքը հաստատված է **ՀԱՊՀ 2025թ.-ի սեպտեմբերի «15» թիվ 01-05/2533 հրամանով**:

Ինստիտուտի տնօրեն՝ **Սիրանուշ Աշոտի Սանուկյան, տ.գ.թ.դոցենտ**
(Ա.Ա.Հ.) (ստորագրություն, ամսաթիվ)

ՄՍ և Հ ամբիոնի վարիչ՝ **Մելիքյան Վազգեն Շավարշի, տ.գ.դ., պրոֆեսոր**
(Ա.Ա.Հ.) (ստորագրություն, ամսաթիվ)

2. Աշխատանքի նախնական տվյալները

• Ինտեգրալ սխեմաների (ԻՍ) ֆիզիկական նախագծման և տեղաբաշխման ժամանակակից մեթոդների ուսումնասիրում ;

• Թրծման նմանակման մետաէվրիստիկ ալգորիթմի ուսումնասիրումը կոմբինատոր օպտիմալացման խնդիրներում;

• C++ լեզվով և Qt միջավայրով ԻՍ բլոկների օպտիմալ տեղաբաշխման ավտոմատացված ծրագրային միջոցի մշակում ;

3. Հաշվեբացատրագրի բովանդակությունը (բաժինների և մշակման ենթակա հարցերի թվարկմամբ)

Ներածություն, Գրականության ակնարկ, Խնդրի դրվածք, Տեսական առնչություններ, Գրաֆիկական ինտերֆեյս, Տնտեսագիտական մաս, Բնապահպանության մաս, Կենսագործունեության անվտանգության մաս, Եզրակացություն, Գրականության ցանկ:

4. Գրաֆիկական մասի ծավալը (պարտադիր գծագրերի թվարկմամբ)

Ներածություն, Գրականության ակնարկ, Խնդրի դրվածք, Տեսական առնչություններ, Ծրագրային իրականացում, Ստացված արդյունքներ, Եզրակացություն, Գրականության ցանկ:

5. Աշխատանքի կատարման օրացուցային պլան

թիվ	Աշխատանքի կատարման փուլերը			Ծանոթություն
	Անվանումը	Կատ. ժամկ.	Հաշվ. ձևը	
1.	Ավարտական աշխատանքի թեմայի ընտրություն	**21.06.2025թ.-25.08.2025թ.**	***Տպագրված սևագիր տարբերակ***	
2.	Գրականության ընտրություն և ուսումնասիրություն			
	I ատեստավորում	**01.12.2025թ.-05.12.2025թ.**		**40%, (10 միավոր)**
3.	Տեղաբաշխման և կանոնակարգման ալգորիթմների ուսումնասիրություն և մոդելի ընտրություն	**06.12.2025թ.-20.02.2026թ.**	***Տպագրված սևագիր տարբերակ***	
4.	Ցանցային սևեռման և «ագահ» տեղաբաշխման ալգորիթմների ծրագրային իրագործում			
5.	Հաշվեբացատագրի խմբագրում			
	II ատեստավորում	**02.03.2026թ.-06.03.2026թ.**		**70%, (10միավոր)**
6.	Տեղաբաշխման որակի բարելավման ալգորիթմի նախագծում և ներդրում	**07.03.2026թ.-22.04.2026թ.**	***Տպագրված սևագիր տարբերակ***	
7.	Ալգորիթմների համակցված աշխատանքի ապահովում և արդյունքների գնահատում			
8.	Հաշվեբացատագրի խմբագրում			
	III ատեստավորում	**27.04.2026թ.-01.05.2026թ.**		**100%, (10միավոր)**
9	Ստացված արդյունքների ամփոփում	**01.05.2026թ.**		
10	Հաշվեբացատագրի խմբագրում	**02.05.2026թ.**		
11.	**Նախնական պաշտպանություն**	**05.05.2026թ.**		

6. Աշխատանքի պաշտպանության օրը 08.05.2026թ.

7. Ամբիոնի վարիչ Մելիքյան Վազգեն Շավարշի
(Ա.Ա.Հ) (ստորագրություն, ամսաթիվ)

8. Աշխատանքի ղեկավար Ռևազյան Դավիթ Վարդանի
(Ա.Ա.Հ) (ստորագրություն, ամսաթիվ)

9. Աշխատանքի բաժինների խորհրդատուներ

9.1. Տնտեսագիտական Աբրահամյան Արուսյակ Ալբերտի
(Ա.Ա.Հ) (ստորագրություն, ամսաթիվ)

9.2. Կենսագործունեության անվտանգության Ակարմազյան Հայկ Սահակի
(Ա.Ա.Հ) (ստորագրություն, ամսաթիվ)

9.3. Բնապահպանության Թադևոսյան Արտաշես Վահանի
(Ա.Ա.Հ) (ստորագրություն, ամսաթիվ)

10. Աշխատանքի առաջադրանքը ստացա **27.06.2025թ.**
(Ուսանողի ստորագրություն) (ամսաթիվ)

Բովանդակություն

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ 6

ԳԼՈՒԽ 1. ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԱԿՆԱՐԿ 8

1.1. ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՍԽԵՄԱՆԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ ՓՈՒԼԵՐԸ 8

1.1.1. Ներածություն 8

1.1.2. Ինտեգրալ սխեմաների բարդության աճը և ավտոմատացման անհրաժեշտությունը. 8

1.1.3. Ֆիզիկական նախագծման հոսքը և տեղաբաշխման դերը 9

1.1.4. Եզրակացություն 11

1.2. ՏԵՂԱԲԱՇԽՄԱՆ ԽՆԴՐԻ ԴՐՎԱԾՔԸ ԵՎ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՉԱՓԱՆԻՇՆԵՐԸ 11

1.2.1. Ներածություն 11

1.2.2. Տեղաբաշխման խնդրի մաթեմատիկական բարդությունը 11

1.2.3. Լարերի երկարության մոդելները և ԼԵԿԳ գնահատականը 12

1.2.4. Վերածածկումների բացառումը և երթուղավորման տարածության ապահովումը ... 13

1.2.5. Եզրակացություն 14

1.3. ԳԼՈԲԱԼ ՏԵՂԱԲԱՇԽՄԱՆ ԽՆԴՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ 14

1.3.1. Ներածություն 14

1.3.2. Անալիտիկ տեղաբաշխման մեթոդներ 15

1.3.3. Մասնատման վրա հիմնված մոտեցումներ 16

1.3.4. Մետաէվրիստիկ մոտեցում. Թրծման նմանակում. 16

1.3.5. Եզրակացություն 17

ԽՆԴՐԻ ԴՐՎԱԾՔ 19

ԳԼՈՒԽ 2. ՏԵՍԱԿԱՆ ԱՌՆՉՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ 20

2.1. Խնդրի մաթեմատիկական ձևակերպումը և բարդությունը 20

2.1.1. Ներածություն 20

2.1.2. Բջիջների, կապերի և վիճակների տարածության $N!$ մաթեմատիկական մոդելավորումը 20

2.1.3. Նպատակային ֆունկցիան. ԼԵԿԳ-ը և վերածածկման բացառման պայմանը. 21

2.1.4. Հակասող նպատակների հավասարակշռումը և դինամիկ տուգանքների մեթոդը 22

2.1.5. Եզրակացություն 23

2.2. Թրծման նմանակման հավանակային ապարատը 24

2.2.1. Ներածություն 24

2.2.2. Թերմոդինամիկական անալոգիան և էներգետիկ ռելիեֆում գլոբալ օպտիմումի որոնումը 24

2.2.3. Մետրոպոլիսի չափանիշը և անցման հավանականության Բոլցմանի բաշխումը 26

2.2.4. Սառեցման ռազմավարությունը 27

2.2.5. Եզրակացություն 28

2.3. Հաշվողական բարդության նվազեցման ալգորիթմական մոդելները 28

2.3.1. Ներածություն 28

2.3.2. $O(N2)$ բարդության հաղթահարումը և տարածական ցանցի ինտեգրումը 29
2.3.3. Վերադրումների որոնման O(1) արագացումը և հարևան վանդակների (3x3) զտման մաթեմատիկական ապացույցը 30
2.3.4. Կապերի երկկողմանի քարտեզագրումը և լարերի երկարության մասնակի հաշվարկը O(K) բարդությամբ 32
2.3.5. Քայլերի հետարկման ապահովումը և սխալների կուտակումից խուսափելու տեսությունը 33
2.3.6. Եզրակացություն 34
2.4. Կանոնակարգման և տեխնոլոգիական համապատասխանելիության ապահովումը 35
2.4.1. Ներածություն 35
2.4.2. Կոորդինատների ցանցային սևեռման և կլորացման երկրաչափական անհրաժեշտությունը 35
2.4.3. «Ագահ» տեղաբաշխման ալգորիթմի տրամաբանությունը 36
2.4.4. Խիտ դիզայնների տեղային բարելավման տեսությունը և մոդելների ընտրությունը 37
2.4.5. Եզրակացություն 39
2.5. Եզրակացություն 39
ԳԼՈՒԽ 3. ԳՐԱՖԻԿԱԿԱՆ ԻՆՏԵՐՖԵՅՍ 40
3.1. Ծրագրային ապահովման ընդհանուր ճարտարապետությունը և մոդուլները 40
3.1.1. Ալգորիթմի աշխատանքային հոսքը 40
3.2. Օգտագործողի գրաֆիկական միջավայրը և ղեկավարման վահանակը 40
3.2.1. Գլխավոր աշխատանքային պատուհանի կառուցվածքը և վիզուալիզացիան 40
3.2.2. Կարգավորումների կառավարման վահանակը և ինտերակտիվությունը 41
3.3. Իրական ժամանակի անալիտիկան և արդյունքների գնահատումը 43
3.3.1. Դինամիկ վիճակագրությունը և էվոլյուցիայի գրաֆիկները 43
3.4. Եզրակացություն 45
ԳԼՈՒԽ 4. ՏՆՏԵՍԱԳԻՏԱԿԱՆ ՄԱՍ 48
ԳԼՈՒԽ 5. ԲՆԱՊԱՀՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍ 57
5.1.Բնապահպանական մոնիթորինգի համակարգերի վերլուծությունը 57
5.2. Էներգաարդյունավետ ալգորիթմի հաշվարկը 59
5.3.Եզրակացություն 60
ԳԼՈՒԽ 6. ԿԵՆՍԱԳՈՐԾՈՒՆԵՈՒԹՅԱՆ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍ 63
6.1. Արտադրական վնասակար գործոնների և ռիսկերի վերլուծություն 63
6.2. Ճարտարագիտատեխնիկական և կազմակերպչական միջոցառումների հաշվարկ և հիմնավորում 65
6.3.Եզրակացություն 68
ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ 69
ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ 70

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Ժամանակակից միկրոէլեկտրոնային արտադրության անցումը նանոմետրական տիրույթի տեխնոլոգիական հանգույցներին հանգեցրել է գերհզոր հաշվողական համակարգերի ստեղծմանը, որոնք մեկ բյուրեղի վրա պարունակում են միլիարդավոր տրանզիստորներ։ Նմանատիպ բարդության գերմեծ ինտեգրալ սխեմաների նախագծումը պահանջում է բարձր մակարդակի ավտոմատացում, քանի որ տեխնոլոգիական սահմանափակումների և նախագծման բարդության միջև առկա ճեղքվածքը շարունակաբար մեծանում է։ Այս համատեքստում էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման համակարգերը դառնում են միակ արդյունավետ միջոցը սեղմ ժամկետներում հուսալի և օպտիմալացված չիպեր ստեղծելու համար։

Ինտեգրալ սխեմաների նախագծման ամբողջական հոսքում առանցքային նշանակություն ունի ֆիզիկական նախագծման փուլը։ Սա այն գործընթացն է, որի ժամանակ տրամաբանական սխեման վերածվում է բյուրեղի վրա իրական երկրաչափական պատկերների։ Ֆիզիկական նախագծման ամենաբարդ և կարևորագույն ենթափուլերից մեկը տեղաբաշխումն է, որը հաջորդում է տրամաբանական սինթեզին և հիմք է հանդիսանում հետագա ծրագծման համար։

Տեղաբաշխման խնդրի էությունը կայանում է սխեմայի բլոկների և բջիջների համար բյուրեղի մակերեսին օպտիմալ կոորդինատների որոշման մեջ։ Այս փուլի որակից են ուղղակիորեն կախված չիպի հիմնական բնութագրերը՝ արագագործություն, էներգասպառում, մակերես։

- Միջմիացումների երկարությունը և դրանց դասավորությունը որոշում են ազդանշանի տարածման ուշացումները։
- Նանոմետրական տիրույթում միջմիացումների պարազիտիկ ունակությունը դառնում է էներգիայի կորստի հիմնական աղբյուրներից մեկը, ինչը կարելի է նվազեցնել միայն օպտիմալ տեղաբաշխման միջոցով։
- Բլոկների խիտ և առանց վերածածկումների դասավորությունը թույլ է տալիս փոքրացնել բյուրեղի չափսերը՝ ուղղակիորեն ազդելով արտադրական ելքի և ինքնարժեքի վրա։

Մաթեմատիկական տեսանկյունից տեղաբաշխման խնդիրը պատկանում է NP-բարդ կոմբինատոր օպտիմալացման խնդիրների դասին։ Ժամանակակից սխեմաներում տարրերի հսկայական քանակը անհնար է դարձնում բացարձակ օպտիմալ լուծման որոնումը դետերմինացված ալգորիթմների միջոցով։ Հետևաբար, արդյունավետ նախագծման ավտոմատացման համակարգերի գործիքների մշակման համար կիրառվում են մետաէվրիստիկ մոտեցումներ, որոնք ապահովում են լավագույնին մոտ լուծումներ ողջամիտ ժամանակահատվածում։

Սույն ավարտական աշխատանքի շրջանակներում նախատեսվում է մշակել և իրականացնել ԻՍ բջիջների տեղաբաշխման ավտոմատացված համակարգ՝ հիմնված թրծման նմանակում ալգորիթմի վրա։

Աշխատանքի իրականացման համար ընտրվել է C++17 ծրագրավորման լեզուն՝ հաշվողական բարձր արագագործություն ապահովելու նպատակով, և Qt 6 միջավայրը՝ ինտերակտիվ գրաֆիկական ինտերֆեյսի և բազմահոսքային վիզուալացման հնարավորություն ստեղծելու համար։

ԳԼՈՒԽ 1. ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԱԿՆԱՐԿ

1.1. ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՍԽԵՄԱՆԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ ՓՈՒԼԵՐԸ

1.1.1. Ներածություն

Սույն ենթագլխում ուսումնասիրվում են գերմեծ ինտեգրալ սխեմաների (ԳՄԻՍ) նախագծման հիմնարար սկզբունքները և ֆիզիկական նախագծման կառուցվածքը: Մանրամասն ներկայացվում է ստանդարտ բջիջների մեթոդաբանությունը, որը ժամանակակից էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման համակարգերի անկյունաքարն է: Հատուկ ուշադրություն է դարձվում տեղաբաշխման գործընթացին և դրա որակի գնահատման ընդունված մաթեմատիկական մոդելներին, մասնավորապես՝ լարերի երկարության կիսապարագծային գնահատականին և ֆիզիկական վերածածկումների բացառման չափանիշներին, որոնք հանդիսանում են տեղաբաշխման ալգորիթմների օպտիմալացման գլխավոր թիրախները:

1.1.2. Ինտեգրալ սխեմաների բարդության աճը և ավտոմատացման անհրաժեշտությունը.

Ժամանակակից միկրոէլեկտրոնիկայի և հաշվողական տեխնիկայի զարգացումը բնութագրվում է գերմեծ ինտեգրալ սխեմաներում (ԳՄԻՍ) տրանզիստորների խտության և համակարգերի ընդհանուր բարդության աննախադեպ աճով: Արհեստական բանականության արագացուցիչների, 5G/6G հեռահաղորդակցման ցանցերի, ինքնավար կառավարվող մեքենաների նկատմամբ անընդհատ աճող պահանջարկը հանգեցրել է նրան, որ ժամանակակից չիպերը իրենց սիլիցիումային բյուրեղի վրա պարունակում են տասնյակ միլիարդավոր տրանզիստորներ [2,12]:

Քանի որ կիսահաղորդչային արտադրության տեխնոլոգիական հանգույցների (օրինակ՝ 5 նմ, 3 նմ և ավելի փոքր նորմերի) փոքրացումը մոտենում է ֆիզիկական և քվանտային սահմանափակումներին, արդյունաբերությունը բախվում է Դենարդի մասշտաբավորման ավարտին: Սա նշանակում է, որ համակարգերի արագագործության աճն ու էներգաարդյունավետության բարելավումն այլևս չեն կարող ապահովվել բացառապես տրանզիստորների ֆիզիկական չափերի փոքրացմամբ: Արդյունքում՝ նախագծվող չիպի մակերեսի, էներգասպառման և

արագագործության օպտիմալացման հիմնական բեռը տեղափոխվել է ճարտարագիտական և հատկապես՝ ֆիզիկական նախագծման փուլերի վրա: Ժամանակակից նախագծման մեջ յուրաքանչյուր միկրոմետր ավելորդ լար կամ նանոմետր չօգտագործված սիլիցիումային մակերես ուղղակիորեն և բացասաբար է ազդում արտադրանքի ինքնարժեքի, ազդանշանի հապաղման և սարքի հուսալիության վրա:

Նման վիթխարի ծավալի և բարդության համակարգերի ձեռքով կամ կիսաավտոմատ նախագծումը գործնականում անիրագործելի է: Այս հիմնախնդրի հաղթահարման լավագույն լուծումը էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման գործիքակազմերի ստեղծումն ու «Ստանդարտ բջիջներ»-ի մոտեցման ներդրումն էր: Ստանդարտ բջիջները նախապես մշակված, մոդելավորված և խիստ բնութագրված տրամաբանական տարրեր են, որոնք ունեն ֆիքսված բարձրություն և փոփոխական լայնություն: Կառուցվածքային այս առանձնահատկությունը թույլ է տալիս դրանք սիլիցիումային բյուրեղի վրա տեղադրել կանոնավոր հորիզոնական շարքերով: Ստանդարտ բջիջների մոտեցումը թույլ է տալիս աբստրակտացնել տրանզիստորային մակարդակի ֆիզիկական բարդությունը՝ խնդիրը վերածելով գրաֆների տեսության և կոմբինատոր օպտիմալացման մաթեմատիկական խնդրի [1,3]:

Հետևաբար, գիտական և ինժեներական հանրության ուշադրությունը կենտրոնացել է նախագծման էլեկտրոնային համակարգերի ալգորիթմական միջուկների կատարելագործման վրա: Հարյուր հազարավոր կամ միլիոնավոր ստանդարտ բջիջների փոխկապակցումն ու տեղաբաշխումը պահանջում են հաշվողական հզոր ռեսուրսներ, իսկ կիրառվող մաթեմատիկական ալգորիթմների արդյունավետությունից են ուղղակիորեն կախված ինչպես չիպի շուկա դուրսբերման ժամկետները , այնպես էլ վերջնական սարքի մրցունակությունը: Այս համատեքստում խիստ հրատապ է դառնում այնպիսի նորարարական ծրագրային լուծումների մշակումը, որոնք կկարողանան գերազանցել ավանդական ալգորիթմների հաշվողական սահմանափակումները:

1.1.3. Ֆիզիկական նախագծման հոսքը և տեղաբաշխման դերը

Ժամանակակից ինտեգրալ սխեմաների ստեղծումը բազմափուլ և խիստ հիերարխիկ գործընթաց է, որն սկսվում է համակարգի տեխնիկական առաջադրանքի

ձևավորումից և ճարտարապետական նախագծումից: Ֆունկցիոնալ և տրամաբանական նախագծման արդյունքում և դրան հաջորդող սխեմատեխնիկական սինթեզի միջոցով ստացվում է տրամաբանական տարրերի փոխկապակցված ցանց : Հենց այս կետից էլ մեկնարկում է ինտեգրալ սխեմաների ստեղծման հաջորդ՝ ֆիզիկական նախագծման կարևորագույն փուլը:

Ֆիզիկական նախագծման գլխավոր նպատակն է աբստրակտ տրամաբանական մոդելը վերածել սիլիցիումային բյուրեղի վրա տեղադրվող իրական երկրաչափական պատկերի, որը պիտանի կլինի արտադրության համար: Ըստ դասական էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման մեթոդաբանության, ֆիզիկական նախագծումը բաժանվում է մի քանի հաջորդական, բայց խիստ փոխկապակցված ենթափուլերի. համակարգի մասնատում, բյուրեղի հատակագծում, բջիջների տեղաբաշխում , ժամանակային սինթեզ և վերջապես՝ մետաղական լարերի ծրագծում:

Այս բարդ տեխնոլոգիական շղթայում տեղաբաշխումը հանդիսանում է ամենավճռորոշ և հաշվողական տեսանկյունից ամենածանրաբեռնված օղակը: Տեղաբաշխման խնդիրը մաթեմատիկորեն ձևակերպվում է հետևյալ կերպ. ունենալով նախապես սահմանված չափերով ու սահմանափակումներով միկրոսխեմայի հատակագիծ, ֆիքսված մակրոբլոկներ և հարյուր հազարավոր շարժական ստանդարտ բջիջների բազմություն՝ անհրաժեշտ է գտնել յուրաքանչյուր բջջի համար այնպիսի ճշգրիտ երկրաչափական կոորդինատներ (X, Y), որոնք կապահովեն համակարգի օպտիմալ աշխատանքը: Ընդ որում, բլոկները չպետք է ունենան ֆիզիկական վերածածկումներ և պետք է դասավորվեն արտադրական ցանցի խիստ կանոններով սահմանված շարքերում :

Լավ տեղաբաշխումը ոչ միայն պետք է ապահովի նվազագույն լարի երկարություն, այլև պետք է երաշխավորի հաջորդող ծրագծման փուլի իրագործելիությունը: Եթե ալգորիթմը բջիջները չափազանց խիտ դասավորի բյուրեղի որևէ հատվածում՝ խնայելով լարի երկարությունը, դա կարող է հանգեցնել երթուղավորման ռեսուրսների սպառման և խցանումների : Նման դեպքերում անհնար կդառնա ֆիզիկապես միացնել բոլոր անհրաժեշտ լարերը հասանելի մետաղական շերտերում, և ամբողջ նախագծման գործընթացը ստիպված կլինի հետ վերադառնալ նախորդ փուլեր՝ ժամանակի և ռեսուրսների մեծ կորստով:

Այսպիսով, տեղաբաշխման ժամանակակից ալգորիթմները գտնվում են բարդ բազմաչափ օպտիմալացման կենտրոնում: Դրանք պետք է միաժամանակ նվազագույնի հասցնեն լարերի երկարությունը, բացառեն ֆիզիկական վերածածկումները և խելամտորեն բաշխեն դատարկ տարածքները բյուրեղի վրա՝ հետագա ծրագծման համար հնարավորություն ստեղծելու նպատակով:

1.1.4. Եզրակացություն

Ինտեգրալ սխեմաների ֆիզիկական նախագծման շղթայում տեղաբաշխման փուլը հանդիսանում է ամենավճռորոշ և հաշվողական առումով ամենաբարդ գործընթացներից մեկը: Ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ գլոբալ օպտիմալացման խնդիրը պահանջում է երկու հակասական նպատակների՝ լարերի երկարության մինիմալացման և բջիջների վերածածկումների բացառման հավասարակշռում: Խնդրի հսկայական ծավալը և NP-բարդ բնույթը անհնար են դարձնում ճշգրիտ մաթեմատիկական լուծումների կիրառումը, ինչն էլ արդյունաբերությանն ու գիտական հանրությանը ստիպել է մշակել հատուկ էվրիստիկ և մետաէվրիստիկ ալգորիթմներ:

1.2. ՏԵՂԱԲԱՇԽՄԱՆ ԽՆԴՐԻ ԴՐՎԱԾՔԸ ԵՎ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՉԱՓԱՆԻՇՆԵՐԸ

1.2.1. Ներածություն

Սույն բաժնում ձևակերպվում է ինտեգրալ սխեմաների տեղաբաշխման մաթեմատիկական խնդիրը և դրա հաշվողական բարդությունը: Որպեսզի որևէ ալգորիթմ կարողանա արդյունավետորեն կատարել օպտիմալացում, անհրաժեշտ է սահմանել որակի գնահատման հստակ մաթեմատիկական չափանիշներ: Այդ նպատակով ստորև կդիտարկվեն տեղաբաշխման որակը պայմանավորող երկու գլխավոր մոդելները՝ լարերի երկարության կիսապարագծային գնահատականը և ֆիզիկական վերածածկումների բացառման սկզբունքները, որոնք հանդիսանում են ժամանակակից էլեկտրոնային նախագծման համակարգերի նպատակային ֆունկցիայի առանցքային բաղադրիչները:

1.2.2. Տեղաբաշխման խնդրի մաթեմատիկական բարդությունը

Ինտեգրալ սխեմաների տեղաբաշխման հիմնախնդիրը կոմբինատոր օպտիմալացման դասական խնդիրներից է: Տեղաբաշխման խնդրի որոնման

տարածությունը N քանակությամբ շարժական բլոկների դեպքում կազմում է N! հնարավոր դեպք (միայն բլոկների միջև տեղափոխությունը հաշվի առնելով): Սա ենթադրում է հաշվողական բարդության գերէքսպոնենցիալ աճ, ինչն անխուսափելիորեն հանգեցնում է կոմբինատորային պայթյունի նույնիսկ փոքր ծավալի սխեմաների պարագայում: Հաշվողական բարդության տեսության համատեքստում այս մաթեմատիկական իրողությունը փաստում է, որ խնդիրը պատկանում է NP-բարդ դասին [2], և գոյություն չունի որևէ ճշգրիտ դետերմինիստական ալգորիթմ, որն ունակ կլինի իրատեսական ժամանակում երաշխավորված կերպով գտնել համակարգի գլոբալ օպտիմումը: Հետևաբար, էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման համակարգերում տեղաբաշխման խնդրի լուծման միակ արդյունավետ ուղին էվրիստիկ և մետաէվրիստիկ ալգորիթմների կիրառումն է: Այս մոտեցումները թույլ են տալիս խուսափել տարբերակների ամբողջական դիտարկումից և պրակտիկորեն ընդունելի հաշվողական ժամանակահատվածում ստանալ գլոբալ օպտիմումին մոտ՝ արտադրության պահանջներին բավարարող լուծումներ:

1.2.3. Լարերի երկարության մոդելները և ԼԵԿԳ գնահատականը

Քանի որ տեղաբաշխման փուլում իրական մետաղական լարերը դեռևս ծրագծված չեն, ալգորիթմը պետք է ունենա լարի սպասվող երկարությունը արագ և ճշգրիտ գնահատելու մոդել: Գրականության մեջ ամենաճշգրիտ մոդելը հանդիսանում է Շտայների ուղղանկյուն ծառը, որը գտնում է լարերի միացման ամենակարճ երթուղին [3]: Սակայն Շտայների ծառի կառուցումը յուրաքանչյուր քայլում նույնպես NP-բարդ խնդիր է, և դրա օգտագործումը միլիոնավոր իտերացիաներ պահանջող տեղաբաշխման մեջ անհնար է:Այդ իսկ պատճառով, ժամանակակից ֆիզիկական նախագծման մեջ որպես լարի երկարության չափանիշ կիրառվում է լարերի երկարության կիսապարագծային գնահատական (ԼԵԿԳ): ԼԵԿԳ-ը ցանցին պատկանող բոլոր ելուստներ ընդգրկող նվազագույն սահմանափակող ուղղանկյան կիսապարագիծն է:

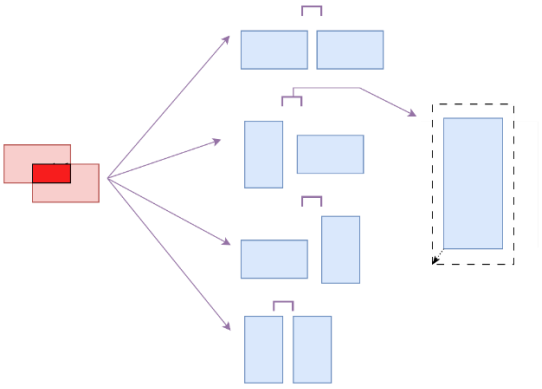
ԼԵԿԳ մոդելի գլխավոր առավելությունն այն է, որ 2 կամ 3 ելուստ ունեցող ցանցերի դեպքում այն տալիս է երթուղավորման երկարության ճշգրիտ արժեք (համընկնում է Շտայների ծառի հետ), իսկ բազմաելուստ ցանցերի դեպքում

հանդիսանում է հուսալի ստորին գնահատական, ինչը բավարար է օպտիմալացման շարժիչի ճիշտ ուղղորդման համար:

1.2.4. Վերածածկումների բացառումը և երթուղավորման տարածության ապահովումը

Տեղաբաշխման ալգորիթմների առջև ծառացած հիմնարար մարտահրավերն այն է, որ օպտիմալացման երկու գլխավոր նպատակները հակասում են միմյանց: Եթե ալգորիթմի միակ նպատակը լիներ միայն տրամաբանական ցանցի (ԼԵԿԳ) մինիմալացումը, ապա իդեալական մաթեմատիկական լուծումը կլիներ բոլոր միացված բջիջների կենտրոնացումը չիպի մեջտեղում՝ միևնույն կոորդինատային կետում: Այդ դեպքում լարերի երկարությունը կձգտեր զրոյի, սակայն կառաջանար սիլիցիումային բլոկների ամբողջական վերածածկում:

Բնականաբար, ֆիզիկական իրականության մեջ երկու ստանդարտ բջիջ չեն կարող կիսել սիլիցիումային նույն մակերեսը: Ավելին, տեխնոլոգիական արտադրության կանոնները պահանջում են, որ բջիջների միջև պահպանվի որոշակի նվազագույն անվտանգ հեռավորություն: Այդ իսկ պատճառով, տեղաբաշխման որակի գնահատման երկրորդ կարևորագույն չափանիշը 0% վերածածկում ունենալն է:



Նկ. 1.2.1. Բլոկների անթույլատրելի վերածածկում, ֆիզիկական կանոններին բավարարող թույլատրելի դիրք և շատ խիտ դասավորման խնդրի լուծում :

Հաջողված տեղաբաշխումը պարտավոր է ոչ միայն գեներացնել 0% վերածածկումով դասավորվածություն, այլև ապահովել դատարկ տարածքների համաչափ բաշխվածություն չիպի վրա: Բանն այն է, որ բջիջների միջև եղած ազատ տարածությունները վատնված մակերես չեն. դրանք հանդիսանում են վերին

մետաղական շերտերով անցնող լարերի համար խիստ անհրաժեշտ երթուղավորման ռեսուրսներ: Եթե ալգորիթմը բջիջները չափազանց խիտ դասավորվեն, տվյալ հատվածում կարող է առաջանալ երթուղավորման խցանում, որն անուղղելի է հաջորդող քայլերում:

1.2.5. Եզրակացություն

Ամփոփելով տեղաբաշխման խնդրի դրվածքը՝ կարող ենք արձանագրել, որ այն դասական բազմաչափ օպտիմալացման խնդիր է, որտեղ երկու հիմնական նպատակները՝ լարերի երկարության (ԼԵԿԳ) մինիմալացումը և բջիջների վերածածկումների բացառումը, գտնվում են մաթեմատիկական խիստ հակասության մեջ: Խնդրի NP-բարդ բնույթը և այս հակասող պահանջների միաժամանակյա բավարարման անհրաժեշտությունը անհնար են դարձնում պարզ անալիտիկ լուծումների կիրառումը՝ պահանջելով գործընթացում ներդնել հատուկ բարձրակարգ ալգորիթմներ :

1.3. ԳԼՈԲԱԼ ՏԵՂԱԲԱՇԽՄԱՆ ԽՆԴՐԻ ԼՈՒԾՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿԱԿԻՑ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ

1.3.1. Ներածություն

Սույն բաժնում ուսումնասիրվում են գլոբալ տեղաբաշխման մաթեմատիկական խնդրի լուծման ժամանակակից ալգորիթմական մոտեցումները, որոնք կիրառվում են ինչպես գիտական, այնպես էլ արդյունաբերական էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման համակարգերում:

Ինչպես նշվեց նախորդ բաժնում, տեղաբաշխման մաթեմատիկական խնդրի ճշգրիտ լուծումը անհնար է: Հետևաբար, վերջին տասնամյակների ընթացքում էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման արդյունաբերությունը մշակել է գլոբալ տեղաբաշխման խնդրի մոտարկման մի քանի հիմնական դասեր: Ժամանակակից գործիքներում կիրառվում են երեք հիմնարար ալգորիթմական մոտեցումներ՝ անալիտիկ տեղաբաշխում, մասնատման վրա հիմնված տեղաբաշխում և մետաէվրիստիկ: Դրանցից յուրաքանչյուրն ունի իր արտահայտված դրական և բացասական կողմերը:

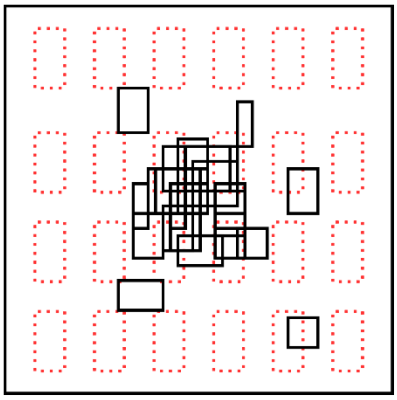
1.3.2. Անալիտիկ տեղաբաշխման մեթոդներ

Անալիտիկ տեղաբաշխման մեթոդները (որոնցից են ուժերի վրա հիմնված և քառակուսային տեղաբաշխումները) ձևակերպում են խնդիրը որպես մաթեմատիկական անընդհատ ֆունկցիայի օպտիմալացում: Քառակուսային տեղաբաշխման դեպքում ցանցերի մոդելը վերածվում է իդեալական զսպանակների համակարգի: Յուրաքանչյուր լար դիտարկվում է որպես Հուկի օրենքով աշխատող զսպանակ, որը քաշում է միացված բջիջները միմյանց մոտ:

Այս մեթոդի պարագայում օպտիմալացման նպատակային ֆունկցիան ներկայացվում է որպես լարերի երկարությունների քառակուսիների գումար, որը հնարավոր է լուծել գծային հանրահաշվական հավասարումների մեծ համակարգերի (հակադարձ մատրիցների) միջոցով:

Անալիտիկ մոտեցման գլխավոր առավելությունն իր բարձր արագությունն է և մաթեմատիկական գլոբալ օպտիմումի միանշանակ ապահովումը անընդհատ տարածության մեջ: Ժամանակակից գործիքներում այն թույլ է տալիս րոպեների ընթացքում մշակել միլիոնավոր բջիջներ:

Քանի որ ալգորիթմը որպես լարի մոդել օգտագործում է զսպանակներ, այն հակված է բոլոր բջիջները հավաքել և իրար վրա «դիզել» սխեմայի կենտրոնում՝ առաջացնելով աղետալի վերածածկումներ: Վերածածկումների վերացման համար պահանջվում են լրացուցիչ ոչ գծային ուժեր, որոնք հաճախ հանգեցնում են ստացված «լավ» տոպոլոգիայի քայքայմանը և վատագույն դեպքերում՝ անլուծելի երթուղավորման խցանումների:



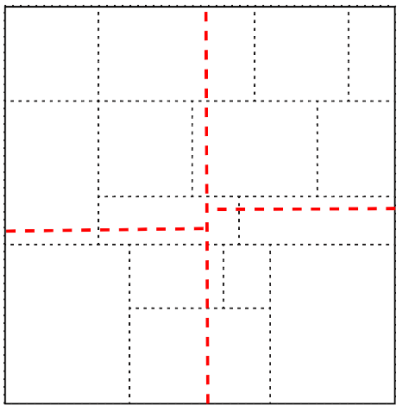
Նկ. 1.3.1. Անալիտիկ մոտեցման բնորոշ թերությունը.:

1.3.3. Մասնատման վրա հիմնված մոտեցումներ

Այս դասի ալգորիթմները միկրոսխեմայի աբստրակտ տրամաբանական ցանցը դիտարկում են որպես հիպերգրաֆ, որտեղ հանգույցները ստանդարտ բջիջներն են, իսկ կողերը՝ էլեկտրական ցանցերը: Ալգորիթմը հետևողականորեն մասնատում է բյուրեղի մակերեսը և միաժամանակ գրաֆը՝ փորձելով նվազագույնի հասցնել այն կողերի քանակը, որոնք հատում են մասնատման սահմանագիծը:

Ալգորիթմն աչքի է ընկնում հիանալի մասշտաբայնությամբ: «Բաժանիր և տիրիր» սկզբունքի շնորհիվ այն արագորեն կրճատում է խնդրի ծավալը՝ ապահովելով հաշվողական բարձր արագագործություն: Այն նաև բնականորեն հավասարաչափ է բաշխում բջիջները մակերեսի վրա:

Այս մոտեցման ամենամեծ խոցելիությունը դրա անուղղակի օպտիմալացումն է: Մասնատման սահմանագիծը հատող լարերի (կտրվածքների) քանակի նվազեցումը ոչ միշտ է երաշխավորում ընդհանուր լարերի երկարության և ազդանշանային հապաղումների կրճատում: Հաճախ տեղական սխալ որոշումները (օրինակ՝ բջիջը սխալ ենթաբլոկում հայտնվելը) հետագա քայլերում անհնար է լինում ուղղել:



Նկ. 1.3.2. Մասնատման վրա հիմնված ալգորիթմի գրաֆային բաժանման և մակերեսի բաշխման սկզբունքը:

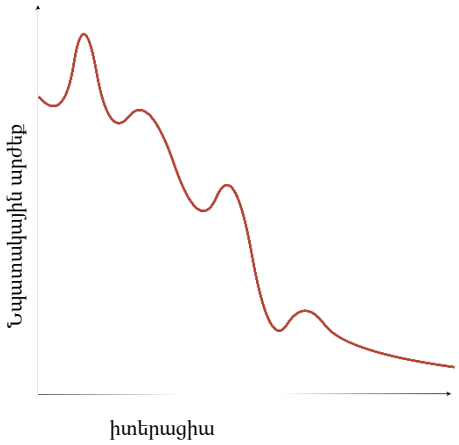
1.3.4. Մետաէվրիստիկ մոտեցում. Թրծման նմանակում.

Թրծման նամանակումը հավանականային մետաէվրիստիկ ալգորիթմ է, որը ոգեշնչված է մետալուրգիայում ֆիզիկական թրծման գործընթացից [1,3]: Ֆիզիկական թրծման դեպքում մետաղը տաքացվում է մինչև բարձր ջերմաստիճան՝ ատոմներին հաղորդելով բարձր կինետիկ էներգիա և քաոսային շարժում, ինչից հետո դանդաղորեն սառեցվում է: Դանդաղ սառեցման շնորհիվ ատոմները կարողանում են խուսափել

լոկալ էներգետիկ մինիմումներից և գտնել կատարյալ բյուրեղային ցանց (գլոբալ մինիմում), որտեղ համակարգի ներքին լարվածությունները զրոյական են:

ԳՄԻՍ տեղաբաշխման մեջ համակարգի էներգիան համարժեք է լարերի երկարության և վերածածկման տուգանքների գումարին, իսկ ատոմների շարժումը համարժեք է բջիջների պատահական տեղաշարժին:

Ալգորիթմի գլխավոր հատկանիշն այն է, որ բարձր «ջերմաստիճաններում» այն թույլատրում է ընդունել անգամ վատացնող լուծումներ (բոլցմանյան հավանականությամբ), որպեսզի դուրս գա լոկալ լավագույն, բայց գլոբալ առումով ոչ օպտիմալ դիրքերից:



Նկ 1.3.3. Թրծման նմանակում ալգորիթմի հավանականային անցումները՝ լոկալ մինիմումներից խուսափելու և գլոբալ օպտիմում գտնելու նպատակով:

Ճիշտ կարգավորված պարամետրերի (սառեցման արագություն, ջերմաստիճան) և էվոլյուցիոն պրոցեսի շնորհիվ այն ապահովում է անգերազանցելի բարձր որակ և ճկունություն: Այն կարող է հեշտությամբ հաշվի առնել ցանկացած տեսակի բարդ, ոչ գծային ֆիզիկական սահմանափակում (օրինակ՝ բարդ ձևի մակրոբլոկներ, տաքացման գոտիներ, էլեկտրամագնիսական խանգարումներ), որոնք անհնար է մոդելավորել անալիտիկ կամ մասնատման ալգորիթմներում:

Պատմականորեն այս ալգորիթմի միակ, բայց ճակատագրական թերությունը եղել է դրա ծայրահեղ դանդաղությունը:

1.3.5. Եզրակացություն

Ամփոփելով գլոբալ տեղաբաշխման ալգորիթմների վերլուծությունը՝ կարող ենք արձանագրել, որ յուրաքանչյուր մեթոդ ունի հստակ արտահայտված փոխզիջումներ

արագության և որակի միջև: Անալիտիկ և մասնատման մեթոդները գրավիչ են իրենց հաշվողական բարձր արագությամբ, սակայն հաճախ խնդիրներ են ունենում ֆիզիկական խիստ սահմանափակումների (վերածածկումներ, խցանումներ) արդյունավետ կառավարման հարցում: Ի հակադրություն սրանց, Թրծման նմանակում մետաէվրիստիկ ալգորիթմը տրամադրում է անգերազանցելի լուծման որակ և ցանկացած ֆիզիկական սահմանափակում կլանելու բացառիկ ճկունություն, սակայն սահմանափակված է դանդաղագործությամբ: Այս եզրահանգումն ապացուցում է, որ գիտական հանրության գլխավոր մարտահրավերը Թրծման նմանակման մաթեմատիկական մոդելի պահպանումն է՝ զուգահեռաբար լուծելով դրա հաշվողական բարդության խնդիրը:

1.4. ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ

Ամփոփելով գրականության ակնարկը՝ կարող ենք արձանագրել, որ գերմեծ ինտեգրալ սխեմաների տեղաբաշխումը շարունակում է մնալ ժամանակակից էլեկտրոնիկայի կարևորագույն և մաթեմատիկապես ամենաբարդ օղակը: Անալիտիկ և մասնատման վրա հիմնված մեթոդները, չնայած իրենց արագությանը, հաճախ զիջում են ճկունության և ծրագծման անխափանության ապահովման հարցերում: Թրծման նմանակումը տրամադրում է օպտիմալ որակ և անհրաժեշտ ֆիզիկական սահմանափակումների ճշգրիտ պահպանում, սակայն պահանջում է խորքային ալգորիթմական վերանախագծում՝ հաշվողական ժամանակը պրակտիկ և արդյունաբերական մակարդակի հասցնելու համար:

Վերլուծված հիմնախնդիրները՝ հաշվողական գերբարդությունը, նպատակային ֆունկցիաների հաշվարկի արագացումը, ինչպես նաև ապացուցելի զրոյական վերածածկումով վավերացման ապահովումը, հանդիսանում են այն առանցքային նպատակակետերը, որոնց լուծմանն է ուղղված սույն ավարտական աշխատանքի շրջանակներում մշակվող տեղաբաշխման համակարգը:

ԽՆԴՐԻ ԴՐՎԱԾՔ

Աշխատանքի նպատակն է մշակել ԻՍ բլոկերի տեղաբաշխման ավտոմատացված համակարգ, որը կիրականացնի արդյունավետ ալգորիթմներ բլոկերի օպտիմալ դասավորության համար:

Աղյուսակ 1 Տեխնիկական առաջադրանք

	Պարամետրեր	Արժեք
1.	Օգտագործվող ծրագրավորման լեզու	C++
2.	Գրաֆիկական ինտերֆեյսի առկայությունը	այո
3.	Օգտագործվող գրադարանների ցանկը	• STL • BOOST • QT • CGAL

ԳԼՈՒԽ 2. ՏԵՍԱԿԱՆ ԱՌՆՉՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

2.1. Խնդրի մաթեմատիկական ձևակերպումը և բարդությունը

2.1.1. Ներածություն

Սույն բաժնում ներկայացվում է ինտեգրալ սխեմաների ֆիզիկական տեղաբաշխման մաթեմատիկական մոդելը և խնդրի մաթեմատիկական ձևակերպումը: Ստորև մաթեմատիկորեն կձևակերպվեն խնդրի բարդության աստիճանը, նպատակային ֆունկցիայի հիմնական պարամետրերը և իրար հակասող նպատակների (լարերի կարճացում ընդդեմ վերածածկման բացառման) հավասարակշռման մոդելը:

2.1.2. Բջիջների, կապերի և վիճակների տարածության $N!$ մաթեմատիկական մոդելավորումը

Ֆիզիկական տեղաբաշխման խնդրի մաթմեմատիկական մոդելավորման համար միկրոսխեմայի աբստրակտ տրամաբանական ցանցը ներկայացվում է որպես գրաֆային կամ հիպերգրաֆային կառույց: Համաձայն ալգորիթմի տեսական մոդելի՝ համակարգը բաղկացած է երկու հիմնական բազմություններից.

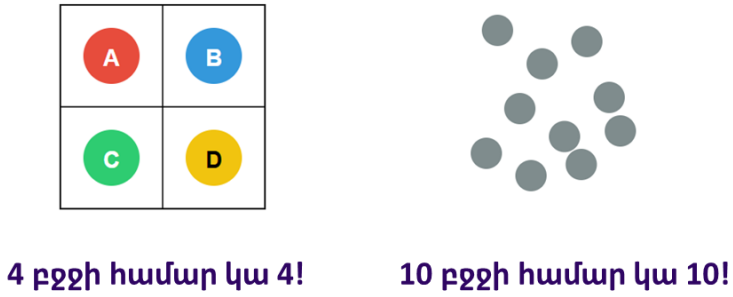
Բջիջների (կամ բլոկների) բազմություն. Նշանակվում է որպես C , որտեղ $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$: Յուրաքանչյուր c_i բջիջ բնութագրվում է իր երկրաչափական չափերով (լայնություն և բարձրություն) և ֆիզիկական տարածության մեջ իր զբաղեցրած կոորդինատներով (x_i, y_i):

Կապերի (լարերի կամ ցանցերի) բազմություն. Նշանակվում է որպես N , որտեղ $N = \{n_1, n_2, \dots, n_k\}$: Յուրաքանչյուր n_j ներկայացնում է էլեկտրական կապ (Net), որը փոխկապակցում է C բազմության երկու կամ ավելի բջիջներ:

Տեղաբաշխման գլխավոր մաթեմատիկական խնդիրն է գտնել յուրաքանչյուր $c_i \epsilon C$ բջջի համար այնպիսի կոորդինատներ դիսկրետ կամ անընդհատ տարածության մեջ, որոնք կօպտիմալացնեն համակարգի աշխատանքը: Սակայն այս խնդրի ամենամեծ մարտահրավերը դրա որոնման տարածության ահռելի ծավալն է:

Եթե ենթադրենք, որ ունենք N քանակությամբ բջիջներ, որոնք պետք է տեղաբաշխվեն չիպի վրա առկա N հատ ֆիքսված, դիսկրետ դիրքերում, ապա հնարավոր տեղաբաշխումների (վիճակների) ընդհանուր քանակը հավասար կլինի N! :

Ալգորիթմական բարդության տեսանկյունից O(N!) աճը համարվում է էքսպոնենցիալ ֆունկցիայից անհամեմատ ավելի արագ աճող և մաթեմատիկորեն անկառավարելի պրոցես (հայտնի որպես կոմբինատոր պայթյուն):

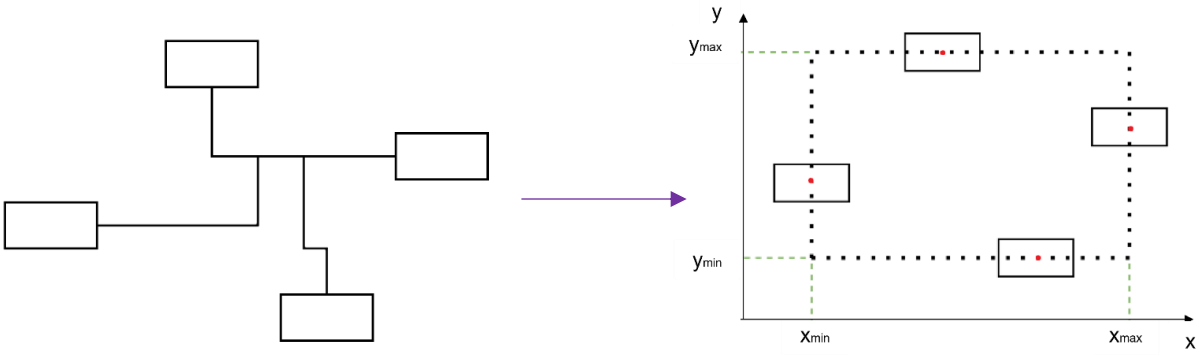


Նկ. 2.1.1. Կոմբինատոր պայթյունի երևույթը

2.1.3. Նպատակային ֆունկցիան. ԼԵԿԳ-ը և վերածածկման բացառման պայմանը.

Որպեսզի օպտիմալացման ալգորիթմը կարողանա վիճակների O(N!) ծավալով տարածության մեջ տարբերակել «լավ» տեղաբաշխումը «վատից», համակարգում ներդրվում է նպատակային ֆունկցիա: Նպատակային ֆունկցիան սկալյար արժեք է, որը քանակապես բնութագրում է միկրոսխեմայի տվյալ դասավորության ֆիզիկական որակը:

Ինչպես նշվեց գրականության ակնարկում, տեղաբաշխման որակի հիմնական գնահատականը լարերի ընդհանուր երկարության մինիմալացումն է: Սույն համակարգում որպես լարի երկարության մոդել կիրառվում է լարի երկարության կիսապարագծային գնահատականը (ԼԵԿԳ):



Նկ. 2.1.2. Լարերի երկարության կիսապարագծային գնահատական

Մաթեմատիկորեն, յուրաքանչյուր առանձին $n \in N$ ցանցի համար ԼԵԿԳ-ը հաշվարկվում է որպես այդ ցանցին միացված բջիջների կոորդինատների մաքսիմալ և մինիմալ արժեքների տարբերություն.

$$\text{ԼԵԿԳ} = (x_{max} - x_{min}) + (y_{max} - y_{min}) \quad (2.1)$$

Ամբողջ միկրոսխեմայի տեղաբաշխման մակրո-որակը գնահատելու համար համակարգը հաշվում է բոլոր N ցանցերի (լարերի) երկարությունների հանրագումարը.

$$\text{Ընդհանուր ԼԵԿԳ} = \sum_{n \in N} \text{ԼԵԿԳ}(n) \quad (2.2)$$

Ալգորիթմի գլխավոր նպատակը այս հանրագումարի գլոբալ մինիմալացումն է: Սակայն սահմանափակ մակերեսի վրա լարերի երկարության անկառավարելի կրճատումը անխուսափելիորեն հանգեցնում է բջիջների համադրմանը միևնույն ֆիզիկական կետում:

Հետևաբար, նպատակային ֆունկցիային զուգահեռ, համակարգում դրվում է խիստ երկրաչափական սահմանափակում. բջիջները չպետք է վերածածկվեն: Մաթեմատիկորեն այս սահմանափակումը ձևակերպվում է բազմությունների հատման միջոցով:

Եթե $S(c_i)$ -ն c_i բջջի զբաղեցրած ֆիզիկական մակերեսի (տիրույթի) կետերի բազմությունն է, ապա ցանկացած երկու տարբեր i և j բջիջների համար պետք է բավարարվի հետևյալ պայմանը.

$$S(\text{տիրույթ})(c_i) \cap S(\text{տիրույթ})(c_j) = \emptyset, \quad \forall\, i \neq j \quad (2.3)$$

Տեղաբաշխման ալգորիթմի մարտահրավերը կայանում է նրանում, որ այն պետք է գտնի $\sum \text{ԼԵԿԳ}(n)$ -ի նվազագույն արժեքը՝ անշեղորեն բավարարելով $S(c_i) \cap S(c_j) = \emptyset$ սահմանափակման պայմանին:

2.1.4. Հակասող նպատակների հավասարակշռումը և դինամիկ տուգանքների մեթոդը

Ինչպես նշվեց, զուտ լարերի կրճատումը հանգեցնում է մակերեսների գերխտացմանը (բջիջները կուտակվում են չիպի կենտրոնում՝ նվազագույնի հասցնելով լարերի երկարությունը, բայց առավելագույնի հասցնելով վերածածկումը), մինչդեռ միայն վերածածկումների խիստ բացառումը սահմանափակում է ալգորիթմի ճկունությունը՝ արգելափակելով այն վատ լոկալ մինիմումներում:

Այս հակասությունը լուծելու նպատակով ալգորիթմում կիրառվում է բազմաչափ օպտիմալացման մոտեցում, որտեղ երկու պարամետրերը միավորվում են մեկ գլոբալ

Նպատակային ֆունկցիայի մեջ՝ համապատասխան կշռային գործակիցներով: Համակարգի նպատակային ֆունկցիան ունի հետևյալ տեսքը.

$$\text{Նպատակային ֆունկցիա} = \sum \text{ԼԵԿԳ} + \beta(T) \times \text{վերածածկման մակերես} \quad (2.4)$$

Այստեղ կարևորագույն նորարարություն է հանդիսանում վերածածկման տուգանքի գործակցի՝ β ի դինամիկ բնույթը: Ի տարբերություն պարզագույն մոդելների, որտեղ տուգանքը հաստատուն մեծություն է, մշակված համակարգում ներդրվել է դինամիկ տուգանքների մեխանիզմ: β գործակիցը կախված է օպտիմալացման ընթացիկ փուլից, մասնավորապես՝ թրծման նմանակման համակարգի T ջերմաստիճանից:

$$\beta(T_{\text{նորմ}}) = \beta_{\text{սկզբ}} \times \left(\frac{\beta_{\text{վերջ}}}{\beta_{\text{սկզբ}}}\right)^{1-T_{\text{նորմ}}} \quad (2.5)$$

$T_{\text{նորմ}} \in [0,1]$ – նորմալացված ջերմաստիճան ($1 =$ Տաք, $0 =$ Սառը)

$\beta_{\text{սկզբ}}$ – սկզբնական (թույլ) տույժի գործակից

$\beta_{\text{վերջ}}$ – վերջնական (խիստ) տույժի գործակից

Դինամիկ տուգանքի ֆիզիկական տրամաբանությունը հետևյալն է.

Ալգորիթմի սկզբում՝երբ ջերմաստիճանը բարձր է, β(T) գործակիցը ընդունում է շատ փոքր արժեք: Ալգորիթմը «հանդուրժում է» ֆիզիկական վերածածկումները, ինչը թույլ է տալիս բջիջներին ազատորեն տեղաշարժվել մակերեսով և գտնել իրենց միացված ցանցերին ամենամոտ, լարերի տեսանկյունից գլոբալ օպտիմալ դիրքերը: Այս փուլում թույլատրված անօրինական վիճակները ծառայում են որպես կամուրջ՝ վատ դասավորություններից խուսափելու համար:

Ալգորիթմի ավարտին՝ ջերմաստիճանի նվազմանը զուգընթաց, β(T) գործակիցը էքսպոնենցիալ կերպով աճում է՝ վերածվելով խիստ տուգանքի: Սա ստիպում է համակարգին վանել իրար վրա գտնվող բջիջներին՝ քանդելով վերածածկումները և ստացված դասավորվածությունը մղելով դեպի թույլատրելի վիճակ:

2.1.5. Եզրակացություն

Ամփոփելով խնդրի մաթեմատիկական դրվածքը՝ հանգում ենք այն եզրակացության, որ ԳՄԻՍ-երի տեղաբաշխումը մաթեմատիկորեն ձևակերպվում է

որպես N! բարդություն ունեցող հսկայածավալ վիճակների տարածությունում նպատակային ֆունկցիայի մինիմալացման խնդիր: Օպտիմալացման ալգորիթմը առաջնորդվում է մեկ միասնական մաթեմատիկական հավասարմամբ, որը դինամիկ տուգանքների մեթոդի միջոցով խելամտորեն հավասարակշռում է կապերի կիսապարագծային երկարության ԼԵԿԳ կրճատումը և մակերեսային վերածածկումների զրոյացումը:

2.2. Թրծման նմանակման հավանակային ապարատը

2.2.1. Ներածություն

Սույն բաժնում դիտարկվում են ալգորիթմի տեսական հիմքերը՝ թերմոդինամիկական պրոցեսներից մինչև դիսկրետ մաթեմատիկայի տիրույթում հավանականային անցումների մոդելավորումը: Մանրամասն ներկայացվում են ալգորիթմի հիմնաքարային բաղադրիչները՝ Մետրոպոլիսի չափանիշը, Բոլցմանի բաշխումը, սառեցման ռազմավարությունները, ինչպես նաև վիճակների գեներացման գործիքակազմը, որոնք ապահովում են լոկալ էներգետիկ մինիմումներից դուրս գալու և գլոբալ օպտիմում գտնելու մաթեմատիկական երաշխիքը:

2.2.2. Թերմոդինամիկական անալոգիան և էներգետիկ ռելիեֆում գլոբալ օպտիմումի որոնումը

Թրծման նմանակում ալգորիթմը մետաէվրիստիկ մոտեցում է, որը հիմնված է կոշտ մարմինների ֆիզիկայում հայտնի ջերմային թրծման պրոցեսի խիստ մաթեմատիկական մոդելավորման վրա: Ֆիզիկական թրծման պրոցեսում մետաղը տաքացվում է մինչև հալման ջերմաստիճան, ինչի արդյունքում ատոմները ստանում են բարձր կինետիկ էներգիա և տեղաշարժվում են խիստ քաոսային, դիսկրետ հետագծերով՝ հեռանալով իրենց սկզբնական դիրքերից: Այնուհետև ջերմաստիճանը դանդաղ և խիստ վերահսկվող կերպով իջեցվում է: Դանդաղ սառեցման շնորհիվ ատոմները կարողանում են խուսափել լոկալ էներգետիկ մինիմումներից և վերջնական սառեցման պահին զբաղեցնել այնպիսի դիրքեր, որոնք ապահովում են նյութի կատարյալ բյուրեղային ցանց՝ համակարգի նվազագույն էներգետիկ վիճակով (գլոբալ մինիմում):

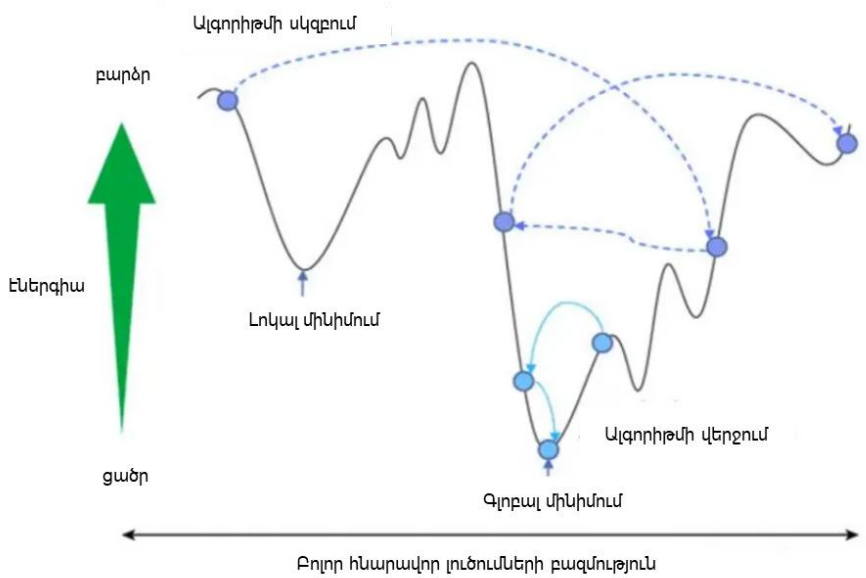
Տեղաբաշխման խնդրում այս ֆիզիկական երևույթը պրոյեկտվում է կոմբինատոր օպտիմալացման դաշտ: Համակարգի մաթեմատիկական անալոգիան ունի հետևյալ տեսքը.

Ֆիզիկական համակարգի էներգիան (E) համարժեք է միկրոսխեմայի տեղաբաշխման Նպատակային ֆունկցիային:

Ատոմների դասավորությունը համարժեք է բջիջների տարածական դիրքերին :

Ատոմների ջերմային շարժումը դառնում է բջիջների կոորդինատների պատահական տեղաշարժ կամ փոխարինում:

Ջերմաստիճանը (T) վերածվում է աբստրակտ ղեկավարող պարամետրի , որը որոշում է ալգորիթմի հետազոտական ագրեսիվությունը:



Նկ. 2.2.1. Թրծման նմանակման ալգորիթմի աշխատանքի սկզբունքը էներգետիկ ռելիեֆում. լոկալ մինիմումներից դուրսբերում բարձր ջերմաստիճանի ազդեցությամբ:

Ինչպես երևում է էներգետիկ լանդշաֆտի գրաֆիկից (Նկար 2.3), պարզագույն ագահ ալգորիթմները , որոնք ընդունում են միայն նպատակային ֆունկցիան բարելավող (էներգիան իջեցնող) քայլեր, անխուսափելիորեն արգելափակվում են առաջին իսկ լոկալ մինիմումում: Թրծման նմանակում ալգորիթմի ֆիզիկական հզորությունը կայանում է նրանում, որ այն ունակ է կատարել «վատացնող» (էներգիան մեծացնող) քայլեր՝ ռելիեֆի փոսերից (լոկալ մինիմումներից) վեր բարձրանալու և ավելի խորը (գլոբալ) օպտիմում որոնելու համար:

2.2.3. Մետրոպոլիսի չափանիշը և անցման հավանականության Բոլցմանի բաշխումը

Թրծման նմանակում ալգորիթմում որոնման տտարածության մեջ փնտրումը իրականացվում է Մետրոպոլիսի ալգորիթմի սկզբունքներով [3]: Ենթադրենք ալգորիթմը գտնվում է ընթացիկ վիճակում՝ ունենալով տեղաբաշխման $C_{\text{հին}}$ նպատակային արժեք: Գեներացնելով նոր պատահական դասավորություն՝ համակարգը ստանում է նոր նպատակային արժեք՝ $C_{\text{նոր}}$: Այս երկու վիճակների էներգետիկ տարբերությունը նշանակվում է որպես Δc , որտեղ $\Delta c = C_{\text{նոր}} - C_{\text{հին}}$:
Նոր վիճակի ընդունման կամ մերժման որոշումը կայացվում է ըստ հետևյալ մաթեմատիկական տրամաբանության.

- Եթե գեներացված նոր վիճակն ավելի լավն է կամ հավասար է հնին (այսինքն՝ նպատակային ֆունկցիան նվազել կամ մնացել է նույնը, $\Delta c \leq 0$), ապա ալգորիթմը ընդունում է այդ քայլը 1 (100%) հավանականությամբ: Սա արտահայտում է ալգորիթմի բնական ձգտումը դեպի մինիմում:
- Եթե նոր վիճակը վատթարացնում է համակարգի որակը (նպատակային ֆունկցիան աճում է, $\Delta c > 0$*),* ալգորիթմն անմիջապես չի մերժում այն, որպեսզի չհայտնվի լոկալ մինիմումի ծուղակում: Փոխարենը, համակարգը հաշվարկում է այդ վատացնող վիճակին անցնելու հավանականությունը (P)՝ հենվելով վիճակագրական ֆիզիկայից հայտնի Բոլցմանի-Գիբսի բաշխման ֆունկցիայի վրա:

Անցման հավանականությունը ձևակերպվում է հետևյալ հավասարումների համակարգով.

$$P = \begin{cases} 1\,, & \text{եթե } \Delta c \leq 0 \\ e^{-\frac{\Delta c}{t}}\,, & \text{եթե } \Delta c > 0 \end{cases} \tag{2.6}$$

որտեղ՝P — նոր (վատացնող) վիճակին անցնելու հավանականությունն է (0<P<1),
Δc — նպատակային ֆունկցիայի արժեքի փոփոխությունն է ($C_{\text{նոր}} - C_{\text{հին}}$)
t— համակարգի ընթացիկ աբստրակտ ջերմաստիճանն է,
e — էյլերի թիվն է (բնական լոգարիթմի հիմքը):

Որքան մեծ է Δc-ն (այսինքն՝ նոր վիճակը շատ ավելի վատն է հնից), այնքան էքսպոնենտի ցուցիչը դառնում է ավելի բացասական, և ընդունման P հավանականությունը կտրուկ ձգտում է զրոյի: Համակարգը հակված չէ ընդունել ծայրահեղ վատացնող քայլեր:

Բարձր ջերմաստիճանների ($t \to \infty$) դեպքում հարաբերությունը $\left(\frac{\Delta c}{t}\right) \to 0$, ինչը նշանակում է $e^0 = 1$: Այսինքն, պրոցեսի սկզբում (բարձր T) ալգորիթմը գրեթե 100% հավանականությամբ ընդունում է ցանկացած վատացնող քայլ՝ կատարելով լայնածավալ գլոբալ որոնում էներգետիկ ռելիեֆում: Սակայն, երբ ջերմաստիճանը մոտենում է զրոյին ($t \to 0$), $\left(\frac{\Delta c}{t}\right) \to \infty$, և $(e^{-\infty}) \to 0$: Ցածր ջերմաստիճաններում ալգորիթմը դառնում է զուտ ագահ վայրէջք՝ մերժելով գրեթե բոլոր վատացնող քայլերը և կատարելով միայն լոկալ միկրո-օպտիմալացում:

Անցման որոշումը ծրագրային մակարդակում կայացվում է պարզ հավանականային մեխանիզմով. գեներացվում է պատահական թիվ $r \in [0,1]$ միջակայքից, և եթե r < P, նոր վիճակը ընդունվում է:

2.2.4. Սառեցման ռազմավարությունը

Որպեսզի ալգորիթմը տեսականորեն երաշխավորի գլոբալ մինիմումի բացահայտումը (կամ դրան խիստ մոտ վիճակ), համակարգի ջերմաստիճանը (T) պետք է իջեցվի ճշգրիտ հաշվարկված ինտերվալներով: Սառեցման գրաֆիկը սահմանում է սկզբնական ջերմաստիճանը T_0, յուրաքանչյուր ջերմաստիճանային քայլում կատարվող իտերացիաների քանակը և ջերմաստիճանի անկման կանոնը:
Ամենատարածված և ապացուցված մոդելը երկրաչափական պրոգրեսիայով սառեցման ռազմավարությունն է, որը նկարագրվում է հետևյալ անդրադարձ հավասարմամբ.

$$T_{k+1} = \alpha \times T_k \tag{2.7}$$

որտեղ՝

T_k-ն ընթացիկ իտերացիոն քայլի ջերմաստիճանն է:

T_{k+1}-ը հաջորդ քայլի ջերմաստիճանն է:

α-ն սառեցման գործակիցն է, որը ընկած է (0,1) միջակայքում:

Օպտիմալացման կայունությունը պահպանելու համար հաճախ ընտրվում է $\alpha \in [0.95,0.99]$ միջակայքը : Այս գործակիցը երաշխավորում է, որ ջերմաստիճանի անկումը լինի բավարար դանդաղ, ինչը թույլ է տալիս համակարգին հասնել ջերմադինամիկ հավասարակշռության յուրաքանչյուր ջերմաստիճանային մակարդակում՝ նախքան հաջորդ ավելի սառը և ավելի խիստ փուլին անցնելը:

Ալգորիթմը դադարեցնում է աշխատանքը , երբ T-ն հասնում է նախապես սահմանված նվազագույն շեմին (T_{final}) կամ երբ մի քանի հաջորդական ջերմաստիճանային քայլերի ընթացքում նպատակային ֆունկցիայի էական բարելավում (կամ որևէ նոր վիճակի ընդունում) այլևս չի գրանցվում :

2.2.5. Եզրակացություն

Թրծման նմանակումը տրամադրում է հզոր մաթեմատիկական գործիքակազմ դիսկրետ օպտիմալացման NP-բարդ խնդիրների լուծման համար: Մետրոպոլիսի ալգորիթմի և Բոլցմանի բաշխման զուգակցումը ապահովում է խիստ անհրաժեշտ հավանականային մեխանիզմ՝ լոկալ մինիմումների արգելափակումներից խուսափելու համար: Միևնույն ժամանակ, սառեցման խիստ ռազմավարությունը ($T_{k+1} = \alpha \times T_k$) և տուգանքների ադապտիվ մեթոդը երաշխավորում են, որ ալգորիթմը քաոսային հետազոտումից սահուն կերպով կզուգամիտվի դեպի թույլատրելի վիճակ: Չնայած իր անառարկելի որակական առավելություններին, նկարագրված մաթեմատիկական ապարատը հանգեցնում է վերահաշվարկների վիթխարի քանակի, ինչն առաջացնում է ալգորիթմի արագագործության հիմնախնդիրը:

2.3. Հաշվողական բարդության նվազեցման ալգորիթմական մոդելները

2.3.1. Ներածություն

Քանի որ ալգորիթմը պահանջում է միլիոնավոր պատահական տեղաշարժեր, յուրաքանչյուր միկրո-քայլում նպատակային ֆունկցիայի պարզունակ վերահաշվարկը ժամանակակից ԳՄԻՍ-երի համար խլում է անթույլատրելի մեծ հաշվողական ռեսուրսներ: Սույն բաժնում դիտարկվում են այն ինովացիոն ալգորիթմական մոդելները և տվյալների կառույցները, որոնք մշակվել են այս ավարտական աշխատանքի շրջանակներում՝ նպատակ ունենալով նպատակային

ֆունկցիայի բաղադրիչների հաշվարկման հարյուրավոր միլիարդներ կազմող գործողությունների բարդությունը նվազեցնելու:

2.3.2. $O(N^2)$ բարդության հաղթահարումը և տարածական ցանցի ինտեգրումը

Տեղաբաշխման որակի գնահատման կարևորագույն չափանիշներից մեկը բջիջների ֆիզիկական վերածածկումների մակերեսի հաշվարկն է: Ավանդական մոտեցումներում, երբ ալգորիթմը պատահականորեն տեղաշարժում է որևէ c_i բջիջ, համակարգը ստիպված է ստուգել դրա հնարավոր հատումը միկրոսխեմայի վրա առկա մնացած բոլոր N–1 բջիջների հետ:

Սա նշանակում է, որ յուրաքանչյուր իտերացիայում պահանջվում է կատարել O(N) հատման ստուգում: Քանի որ ալգորիթմի լիարժեք զուգամիտության համար անհրաժեշտ իտերացիաների քանակը նույնպես ուղիղ համեմատական է N-ին, ամբողջական պրոցեսի բարդությունը դառնում է $O(N^2)$: Արդյունաբերական դիզայնների դեպքում (օրինակ՝ N=100,000), $O(N^2)$ աճը հանգեցնում է տրիլիոնավոր ավելորդ զույգերի ստուգման, որոնք ֆիզիկապես գտնվում են միմյանցից շատ հեռու և սկզբունքորեն չեն կարող վերածածկվել:

Այս բարդությունը հաղթահարելու համար մշակվող համակարգում որպես տեսական հիմք ընդունվել է տարածական հասցեավորում մեթոդաբանությունը, որն իրականացվել է տարածական ցանցի կառույցի միջոցով [2,12]: Մեթոդի մաթեմատիկական էությունը կայանում է հետևյալում. միկրոսխեմայի ամբողջ մակերեսը վիրտուալ կերպով տրոհվում է միատեսակ չափերով երկրաչափական վանդակների երկչափ մատրիցի:

Տարածական բաժանման ժամանակ յուրաքանչյուր բջջի կենտրոնի (x,y) կոորդինատը դիսկրետացվում և վերագրվում է համապատասխան վանդակին՝ հետևյալ ինդեքսավորման բանաձևերով.

$$b_x = \left\lfloor \frac{x}{BinSize} \right\rfloor$$

$$b_y = \left\lfloor \frac{y}{BinSize} \right\rfloor \tag{2.7}$$

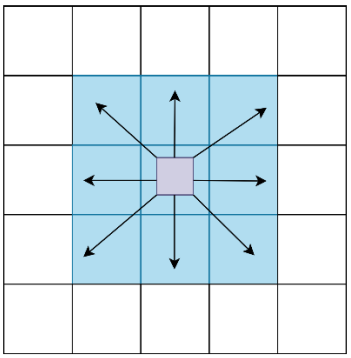
$$BinIndex = b_x + b_y \times numBinsX$$

Այս O(1) բարդություն ունեցող մաթեմատիկական ձևափոխության շնորհիվ, յուրաքանչյուր բջիջ պահպանվում է ոչ թե մեկ ընդհանուր գլոբալ ցանկում, այլ իր երկրաչափական դիրքին համապատասխանող լոկալ վանդակի ցանկում:

Տեսականորեն ամենակարևոր պարամետրը, որն ապահովում է ալգորիթմի մաթեմատիկական ճշգրտությունը, վանդակի չափի (BinSize) ճիշտ ընտրությունն է: Որպեսզի համակարգը բացառի կեղծ-բացասական արդյունքները (երբ երկու հատվող բլոկներ հայտնվում են իրարից հեռու վանդակներում և չեն ստուգվում), վանդակի չափը պետք է խստորեն մեծ կամ հավասար լինի դիզայնում առկա ամենամեծ բջջի առավելագույն գծային չափսից.

$$BinSize \geq \max(\forall\, Width, \forall\, Height) \tag{2.8}$$

Այս պայմանի բավարարման դեպքում մաթեմատիկորեն երաշխավորվում է, որ ցանկացած երկու վերածածկվող բջիջներ պարտադիր կգտնվեն կա՛մ նույն վանդակում, կա՛մ անմիջապես հարևան վանդակներում: Սա հնարավորություն է տալիս որոնման տիրույթը գլոբալ O(N) միջավայրից կրճատել մինչև լոկալ հարևանության տիրույթ, որտեղ բջիջների քանակը սահմանափակված է փոքր հաստատունով՝ ապահովելով ամորտիզացված O(1) որոնման բարդություն:



Նկ. 2.3.1. Տարածական ցանցի մոդելը:

2.3.3. Վերադրումների որոնման O(1) արագացումը և հարևան վանդակների (3x3) զտման մաթեմատիկական ապացույցը

Տարածական ցանցի կառուցումից հետո բջիջների վերածածկումների զանգվածային ստուգումը պահանջում է հատուկ ալգորիթմական մոտեցում, որպեսզի

մի կողմից երաշխավորվի բոլոր հնարավոր վերածածկումների հայտնաբերումը, մյուս կողմից՝ բացառվի կրկնակի հաշվարկը և պահպանվի արագագործությունը:

Եթե բջիջը տեղորոշված է (bx,by) ինդեքսով վանդակում, և ինչպես մաթեմատիկորեն սահմանվեց նախորդ ենթաբաժնում BinSize≥max(Width,Height), ապա երկրաչափորեն անհնար է, որ բջիջը հատվի իր սեփական վանդակից և անմիջական 8 հարևան վանդակներից (3x3 տիրույթ) դուրս գտնվող որևէ այլ բջջի հետ: Հետևաբար, գլոբալ $O(N^2)$ որոնումը կրճատվում է միայն լոկալ 3x3 հարևանության որոնման:

Այնուամենայնիվ, վերածածկումների ստուգման դասական ալգորիթմը խնդրահարույց է. եթե յուրաքանչյուր վանդակ ստուգի իր բոլոր 8 հարևաններին, ապա ցանկացած (A,B) հատվող զույգ կստուգվի երկու անգամ՝ նախ A բջջի տեսանկյունից դեպի B, ապա B բջջի տեսանկյունից դեպի A: Կրկնապատկված հաշվարկը վերացնելու նպատակով սույն համակարգում մշակվել և կիրառվել է անհամաչափ զտման մաթեմատիկական մոդելը:

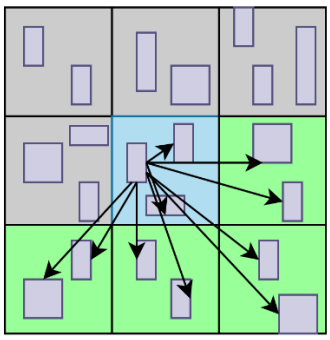
Անհամաչափ զտման մոդելը հիմնված է տարածության միակողմանի շրջանցման վրա: Ցանցի յուրաքանչյուր վանդակ ստուգում է վերածածկումները միայն հետևյալ 5 ուղղություններով (ներառյալ իրեն).

Նույն վանդակում ստուգվում են միայն այն (i,j) զույգերը, որտեղ i<j: Այս խիստ անհավասարությունը վերացնում է նույն վանդակի ներսում տեղի ունեցող կրկնակի հաշվարկը:

Ենթադրենք չիպի մակերեսին հավասարաչափ տեղաբաշխված են N բջիջներ, և ցանցն ունի B քանակությամբ վանդակներ: Յուրաքանչյուր վանդակում հայտնված բջիջների միջին քանակը՝ խտությունը, հավասար է λ = N/B: Քանի որ վանդակի չափը ուղիղ համեմատական է բջջի չափին, տրամաբանական տեղաբաշխումների դեպքում λ-ն շատ փոքր, բնականոն հաստատուն մեծություն է (λ≈1÷4):

Ասիմետրիկ որոնման դեպքում մեկ բջջի համար պահանջվող վերածածկումների ստուգման մաթեմատիկական սպասումը E[օպերացիաներ] ≈ 4 × λ: Քանի որ այս արժեքը կախված չէ համակարգի ընդհանուր N ծավալից, այն հանդիսանում է հաստատուն մեծություն՝ ապահովելով ամորտիզացված O(1) ժամանակային բարդություն մեկ բջջի համար: Ամբողջ չիպի մակերեսի վերածածկման

մակերեսի հաշվարկի գլոբալ բարդությունը $O(N^2)$ -ից իջնում է գծային O(N) ցուցանիշի:



Նկ. 2.3.2 Անհամաչափ 3x3 զտման մոդելը

2.3.4. Կապերի երկկողմանի քարտեզագրումը և լարերի երկարության մասնակի հաշվարկը O(K) բարդությամբ

Բջիջների վերածածկման մակերեսի արագացված որոնմանը զուգահեռ՝ Թրծման նմանակման հաշվողական երկրորդ մեծ ծանրաբեռնվածությունը լարերի կիսապարագծային ընդհանուր երկարության անընդհատ վերահաշվարկն է: Ինչպես հիմնավորվեց նախորդ գլուխներում, երբ ալգորիթմը պատահականորեն տեղաշարժում է c_i բջիջը, պարզունակ մոտեցումը պահանջում է ամբողջ դիզայնի բոլոր ցանցերի սահմանափակող ուղղանկյունների վերահաշվարկ, ինչը հանգեցնում է O(M×K) հսկայական բարդության:

Այս խոչընդոտը հաղթահարելու նպատակով սույն համակարգում մշակվել է մասնակի հաշվարկի ճարտարապետություն: Այն հիմնված է այն ֆիզիկական և մաթեմատիկական պարզ իրողության վրա, որ մեկ բջջի տեղաշարժը սկզբնական կոորդինատից նոր դիրք չի կարող երկրաչափորեն ազդել այն ցանցերի վրա, որոնց տվյալ բջիջը ֆիզիկապես միացված չէ: Հետևաբար, գլոբալ վերահաշվարկի փոխարեն անհրաժեշտ է և բավարար վերահաշվարկել միայն այն լոկալ ցանցերի ԼԵԿԳ-ը, որոնք անմիջականորեն փոխկապակցված են տեղաշարժվող c_i բջջի հետ:

Այս ալգորիթմական մոդելի ապահովման համար նախագծման սկզբնական փուլում (O(1) հարցումներ ապահովելու նպատակով) ստեղծվում է երկկողմանի քարտեզագրման կառույց: Համակարգը կառուցում է հակադարձ ինդեքսավորման աղյուսակ, որտեղ յուրաքանչյուր c_i բջջի համար պահպանվում է նրան միացված բոլոր ցանցերի ցանկը:

Մասնակի վերահաշվարկի ալգորիթմը գործում է հետևյալ մաթեմատիկական հաջորդականությամբ.

Ենթադրենք ունենք ընդհանուր լարի երկարություն՝ $TotalHPWL_{old}$: Երբ c_i բջիջը փոխում է դիրքը.

1. Բջջին միացած յուրաքանչյուր n ցանցի համար նախ հանվում է դրա հին արժեքը գլոբալ գումարից.

$$\text{TotalHPWL} -= HPWL_{old}(n) \tag{2.9}$$

2. Հաշվարկվում է այդ նույն n ցանցի նոր սահմանափակող ուղղանկյունը՝ հիմնվելով c_i բջջի նոր կոորդինատների վրա՝ ստանալով $HPWL_{new}(n)$
3. Նոր արժեքը գումարվում է գլոբալ հաշվարկին.

$$\text{TotalHPWL} += HPWL_{new}(n) \tag{2.10}$$

Այս մոդելի շնորհիվ, վերահաշվարկվող ցանցերի քանակը (նշանակենք որպես K_{bloks}) սահմանափակվում է դիզայնի ֆիզիկական կառուցվածքով: Ժամանակակից ստանդարտ բջիջների դիզայններում մեկ բջիջը միջինում միացված է ընդամենը 3-ից 5 ցանցի ($K_{bloks} \approx 3 \div 5$): Քանի որ K_{bloks}-ը մաթեմատիկական հաստատունի կարգի փոքր մեծություն է և ընդհանրապես կախված չէ միկրոսխեմայի ցանցերի ընդհանուր M քանակից, ԼԵԿԳ-ի վերահաշվարկի ժամանակային բարդությունը արմատապես իջնում է գլոբալ O(M×K)-ից մինչև լոկալ O(K) բարդության: Օրինակ, 10,000 ցանց ունեցող դիզայնում այս նորարարությունը ապահովում է մոտ 2000-ից 3000 անգամ արագացում յուրաքանչյուր իտերացիայի ժամանակ:

2.3.5. Քայլերի հետարկման ապահովումը և սխալների կուտակումից խուսափելու տեսությունը

Մասնակի հաշվարկման ճարտարապետության ներդրումը ծնում է նոր, թաքնված մաթեմատիկական վտանգ, որը վերաբերում է ալգորիթմի հավանականային բնույթին: Թրծման նմանակումը ենթադրում է, որ գեներացված նոր վիճակների զգալի մասը կարող է մերժվել (կախված Բոլցմանի հավանականությունից): Մերժման դեպքում ալգորիթմը պարտավոր է հետարկել

վերջին տեղաշարժը և վերականգնել համակարգի նախկին վիճակն ու ճշգրիտ ԼԵԿԳ-ի արժեքը:

Համակարգչային մաթեմատիկայում միլիոնավոր գումարման և հանման գործողությունների հաջորդականությունը անխուսափելիորեն առաջացնում է կլորացման և սխալանքների կուտակման երևույթ: Եթե հետարկման մեխանիզմը պարզապես փորձեր հանել «վատ» տեղաշարժի դելտան, հարյուր հազարավոր իտերացիաներից հետո պահպանված (գլոբալ) ԼԵԿԳ-ի արժեքը կշեղվեր դիզայնի իրական ֆիզիկական երկրաչափությունից, ինչը կհանգեցներ օպտիմալացման ալգորիթմի ամբողջական կուրացման:

Սույն համակարգում այս խնդիրը լուծվել է ինքնավերականգնվող հետարկման մեխանիզմի մշակմամբ: Երբ ալգորիթմը մերժում է քայլը, այն ֆիզիկապես վերադարձնում է c_i բջիջը իր նախկին կոորդինատին, որից հետո նորից կանչում է նույն ինկրեմենտալ O(K) ալգորիթմը: Այսինքն, համակարգը ոչ թե պահպանում և հանում է մաթեմատիկական տարբերությունը, այլ նորից ֆիզիկապես վերահաշվարկում է միայն այդ ազդեցության ենթարկված 3-ից 5 ցանցերի իրական պարփակող ուղղանկյունները և թարմացնում գլոբալ գումարը: Սա 100%-ով վերացնում է սահող ստորակետի սխալների կուտակումը և տեսականորեն երաշխավորում է, որ ամբողջ գործընթացի ընթացքում քեշավորված արժեքը բացարձակապես նույնական է գլոբալ O(M×K) հաշվարկի արդյունքին:

2.3.6. Եզրակացություն

Ամփոփելով հաշվողական բարդության նվազեցման մոդելները՝ կարող ենք պնդել, որ Թրծման նմանակման հիմնական թերությունը՝ արագագործության էքսպոնենցիալ կորուստը, հաջողությամբ հաղթահարվել է նորարարական ալգորիթմական ճարտարապետությունների միջոցով: Տարածական ցանցի և անհամաչափ 3x3 հարևանության զտման կիրառումը ֆիզիկական վերածածկումների $O(N^2)$ բարդությամբ ստուգումը վերածել է ամորտիզացված O(1) գործողության: Միաժամանակ, երկկողմանի քարտեզագրման և ինքնավերականգնվող հետարկման մեխանիզմի միջոցով նպատակային ֆունկցիայի (ԼԵԿԳ) գլոբալ վերահաշվարկի (M×K) պահանջը կրճատվել է մինչև լոկալ O(K) բարդություն:

2.4. Կանոնակարգման և տեխնոլոգիական համապատասխանելիության ապահովումը

2.4.1. Ներածություն

Գլոբալ տեղաբաշխման հավանականային ալգորիթմների գործունեության արդյունքում համակարգը հասնում է բարձրորակ նպատակային դասավորվածության, որտեղ լարերի ընդհանուր երկարությունը մինիմալացված է: Այնուամենայնիվ, այս փուլում ստացված տվյալների երկրաչափական ներկայացումը զուտ մաթեմատիկական է և անմիջականորեն պիտանի չէ ֆիզիկական (սիլիցիումային) արտադրության համար: Ինտեգրալ սխեմաների տեխնոլոգիական բազան պահանջում է, որպեսզի բջիջների կոորդինատները ենթարկվեն խիստ կանոնակարգման՝ բացառելով որևէ մակերեսային հատում կամ ցանցային շեղում: Սույն բաժնում քննարկվում են այն ալգորիթմական մոդելները (Ցանցային ամրացում, «ազահ» տեղաբաշխում և տեղային բարելավում), որոնց միջոցով տեսական և անթույլատրելի տեղաբաշխումը ենթարկվում է կանոնակարգման՝ վերածվելով տեխնոլոգիական խիստ չափանիշներին բավարարող վերջնական, հավաստագրված արդյունքի:

2.4.2. Կոորդինատների ցանցային սևեռման և կլորացման երկրաչափական անհրաժեշտությունը

Թրծման նմանակման հիմնական օպտիմալացման գործընթացում բջիջների դիրքերը հաշվարկվում են իրական թվերով, ինչը ապահովում է շարժման մաթեմատիկական սահունություն և օպտիմալ վիճակների ճշգրիտ հայտնաբերում: Սակայն նանոմետրային տեխնոլոգիաներում (օրինակ՝ 7 նմ, 5 նմ և ավելի նոր սերնդի տեխնոլոգիական հանգույցներում) ֆոտոլիթոգրաֆիական սարքավորումների հնարավորությունները դիսկրետ են: Տեխնոլոգիական կանոնակարգը սահմանում է խիստ արտադրական ցանց, որն ունի որոշակի հորիզոնական և ուղղահայաց քայլ:

Երկրաչափական տեսանկյունից անհնար է բջիջը տեղադրել ցանցի քայլին չհամապատասխանող՝ կոտորակային կոորդինատում (օրինակ՝ X=3.75 միավոր), քանի որ նման շեղումը կառաջացնի էլեկտրական կոնտակտների անհամատեղելիություն վերին մետաղական շերտերում իրականացվող հաջորդ՝ ծրագծման փուլի հետ: Այս պրոբլեմը նախագծման կանոնների խախտման

ամենատարածված պատճառներից է, ինչը հանգեցնում է միկրոսխեմայի ֆիզիկական խոտանման:

Այս տեխնոլոգիական անհամապատասխանությունը լուծելու նպատակով Կանոնակարգման ալգորիթմի առաջին և մաթեմատիկորեն պարտադիր քայլը կոորդինատների ցանցային սևեռումն է: Այս գործողությունը իրականացվում է իդեալական մոդելից դեպի արտադրական դիսկրետ մոդել անցնելու միջոցով: Համակարգը վերցնում է գլոբալ փուլի ավարտին ստացված յուրաքանչյուր բջջի իրական կոորդինատը և կատարում է ամբողջականացում դեպի մոտակա թույլատրելի ցանցային հանգույցը.

$$X_{snapped} = \lfloor X_{float} + 0.5 \rfloor \tag{2.11}$$

$$Y_{snapped} = \lfloor Y_{float} + 0.5 \rfloor \tag{2.12}$$

Այստեղ կիրառվող մաթեմատիկական ձևափոխությունը (+0.5 ավելացնելը և հատակագծելը) ապահովում է ճշգրիտ կլորացում մաթեմատիկական դասական օրենքներով (օրինակ՝ 3.4-ը դառնում է 3, իսկ 3.5-ը՝ 4): Այս ոչ գծային ձևափոխության արդյունքում համակարգի բոլոր բջիջների դիրքերը բերվում են խիստ դիսկրետ և ամբողջաթիվ վիճակի:

Թեև կոորդինատների այս հարկադիր աղավաղումը բերում է նախապես գտնված իդեալական ԼԵԿԳ-ի աննշան շեղման (որպես կանոն՝ տոկոսի մի քանի մասնիկի չափով), սակայն այն կրիտիկական նախապայման է միկրոսխեմայի հետագա ֆիզիկական արտադրելիությունը երաշխավորելու համար: Կլորացման պրոցեսից անմիջապես հետո բջիջների կոորդինատները համարվում են ցանցային առումով օրինական, և ալգորիթմն անցնում է կանոնակարգման երկրորդ՝ բացարձակ վերածածկումների վերացման ծանր հաշվողական փուլին:

2.4.3. «Ագահ» տեղաբաշխման ալգորիթմի տրամաբանությունը

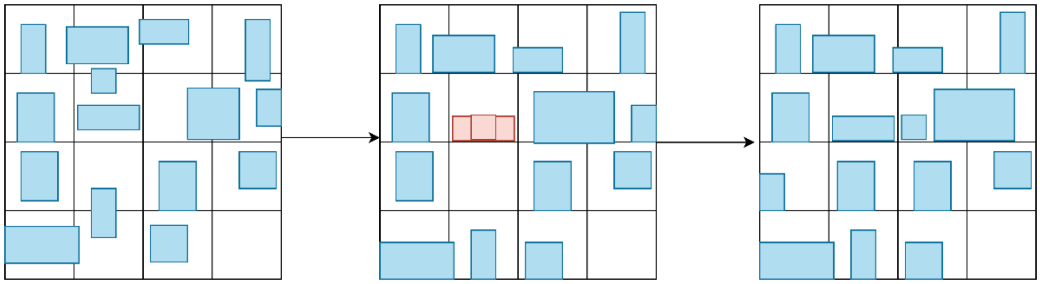
Սույն ավարտական աշխատանքում մշակված կանոնակարգման գործիքի գլխավոր մարտահրավերը 0.00% վերածածկման ճշգրիտ, երաշխավորված ապահովումն է: Այդ նպատակով համակարգում ներդրվել է «ագահ» տեղաբաշխում էվրիստիկ ալգորիթմը:

Ալգորիթմը գործում է հետևյալ խիստ դետերմինիստական հաջորդականությամբ.

Ցանցային սևեռման հետո բոլոր բջիջները ենթարկվում են գլոբալ տեսակավորման՝ ըստ իրենց հիմնական դիրքերի: Որպես առաջնային չափանիշ ընտրվում է Y կոորդինատը (տեսակավորում վերևից ներքև), իսկ հավասար Y-ների դեպքում որպես երկրորդային բանալի՝ X կոորդինատը (ձախից աջ):

Համակարգը (հերթով՝ ըստ տեսակավորման ցանկի) վերցնում է յուրաքանչյուր c_i բջիջ և ստուգում դրա ֆիզիկական հատումը նախկինում արդեն մշակված և տեղադրված բջիջների հետ: Եթե հայտնաբերվում է հատում, ալգորիթմը կիրառում է ագահ մոտեցում. c_i բջիջը անմիջապես տեղաշարժվում է դեպի աջ (դրական X ուղղությամբ) այնքան ժամանակ, մինչև որ վերածածկումը լիովին վերանա:

Քանի որ միկրոսխեմայի լայնությունը ֆիզիկապես սահմանափակ է, աջ տեղաշարժման արդյունքում բջիջը կարող է դուրս գալ չիպի սահմաններից ($c_i.X_{max} > ChipWidth$) : Այդ դեպքում ալգորիթմը կատարում է "տողադարձ".բջիջը վերադարձվում է X=0 կոորդինատին և տեղափոխվում է մեկ արտադրական շարք ներքև $c_i.Y = c_i.Y + RowHeight$ ՝ շարունակելով իր ագահ որոնումը արդեն նոր հորիզոնական շարքում:



Նկ. 2.4.1. «ագահ» տեղաբաշխման ալգորիթմի տողադարձով աշխատանքի սկզբունքը:

2.4.4. Խիտ դիզայնների տեղային բարելավման տեսությունը և մոդելների ընտրությունը

«Ագահ» տեղաբաշխման ալգորիթմը տալիս է զրոյական վերածածկման մաթեմատիկական բացարձակ երաշխիք, սակայն խիտ դիզայնների դեպքում այն կարող է առաջացնել շղթայական ռեակցիա:Երբ ալգորիթմը խիտ միջավայրում մի բջիջ տեղաշարժում է աջ, այն հրում է հաջորդին, հաջորդը՝ մյուսին, և այսպես շարունակ:

Թեև ֆիզիկական դասավորվածությունը դառնում է 100% օրինական, բջիջների զանգվածային տեղաշարժը հեռացնում է դրանք իրենց գլոբալ օպտիմալ (նվազագույն ԼԵԿԳ ապահովող) կետերից՝ որոշակիորեն դեգրադացնելով լարերի ընդհանուր երկարությունը:

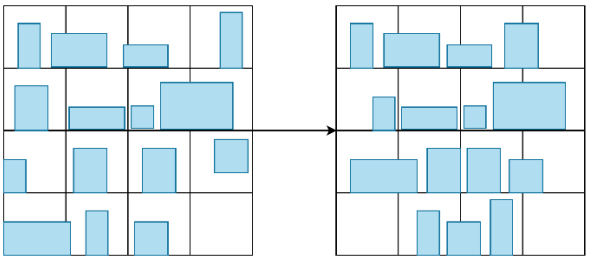
Այս որակական անկումը վերականգնելու, նպատակով, մշակվել է տեղային օպտիմալացման խելացի մոդելը:

Խելացի տեղային օպտիմալացման մոդելի մաթեմատիկական հիմքը Թրծման նմանակման հավասարումների կոշտ վերահսկումն է.

Ի տարբերություն գլոբալ որոնման, այս ռեժիմում ալգորիթմը մեկնարկում է ծայրահեղ ցածր ջերմաստիճանից: Բոլցմանի բաշխման ($P = e^{-(\frac{\Delta c}{t})}$) համաձայն՝ ցածր t-ն նշանակում է, որ վատացնող քայլեր գրեթե չեն ընդունվում:

Ադապտիվ տուգանքների գործակիցը հենց առաջին իսկ իտերացիայից սահմանվում է առավելագույն արժեքի: Սա նշանակում է, որ ցանկացած տեղաշարժ, որը կստեղծի թեկուզ չնչին վերածածկում, անմիջապես կմերժվի չափազանց բարձր նպատակային արժեք ունենալու պատճառով:

Այս ռեժիմի կիրառումը որևէ կերպ չի խախտում նախորդող կանոնակարգման փուլի արդյունքում ստացված կանոնակարգված վիճակը: Գլոբալ տեղաբաշխման փուլի համեմատ, որտեղ ալգորիթմն ունի ազատության մեծ աստիճան, այս ռեժիմում գործում են մի շարք սահմանափակումներ: Համակարգը կատարում է միայն այնպիսի փոքրիկ տեղային տեղաշարժեր կամ փոխարինումներ, որոնք բարելավում են ԼԵԿԳ-ը՝ երբեք չխախտելով դիզայնի զրոյական վերածածկման օրինականությունը :



Նկ.2.4.2 Բջիջների տեղային օպտիմալացման և կանոնակարգված վիճակի պահպանման գործընթացը

Համակարգը կատարում է միայն այնպիսի փոքրիկ, տեղային տեղաշարժեր կամ փոխարինումներ, որոնք բարելավում են ԼԵԿԳ-ը՝ երբեք չխախտելով դիզայնի զրոյական վերածածկման օրինականությունը:

2.4.5. Եզրակացություն

Կանոնակարգման փուլի մաթեմատիկական ապարատի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ գլոբալ օպտիմալացված տվյալների վերածումը արտադրական չափանիշներին բավարարող ֆիզիկական դասավորվածությունը պահանջում է խիստ դետերմինիստական ալգորիթմներ: Կոորդինատների ցանցային ամրացումը ապահովում է նախագծման կանոնների պահպանումը, իսկ «ագահ» տեղաբաշխումը երաշխավորում է վերածածկումների լիակատար բացառում նույնիսկ խիստ ծանրաբեռնված համակարգերում: Լրացուցիչ խելացի տեղային օպտիմալացման ռեժիմի ներդրումը ապահովում է անհրաժեշտ լոկալ միկրո-օպտիմալացում՝ հարթելով կանոնակարգման կոպիտ խոտորումները և պահպանելով լարերի օպտիմալ երկարությունը:

2.5. Եզրակացություն

Սույն գլխում հանգամանալից վերլուծվեցին ԳՄԻՍ-երի տեղաբաշխման համակարգի տեսական հիմունքները և այն նորարարական ալգորիթմական լուծումները, որոնք ապահովում են խնդրի հաշվողական արդյունավետությունը: Ցույց տրվեց, որ O(N!) բարդությամբ վիճակների տարածությունում օպտիմալացումը հնարավոր է իրականացնել Թրծման նմանակման ապարատով՝ Բոլցմանի հավանականային բաշխման և ադապտիվ տուգանքների միջոցով:

Աշխատանքի գլխավոր ալգորիթմական ձեռքբերումը ավանդական հաշվողական բարձր բարդության հաղթահարումն է: Հիմնավորվեց, որ տարածական ցանցի և ասիմետրիկ 3x3 զտման մեթոդաբանության կիրառմամբ վերածածկումների որոնումը վերածվում է ամորտիզացված O(1) բարդության գործողության: Միաժամանակ, կապերի երկկողմանի քարտեզագրումը և ինքնավերականգնվող քայլի չեղարկման մոդելը թույլ են տալիս իրականացնել միացումների երկարության վերահաշվարկ մասնակի O(K) բարդությամբ՝ ապահովելով հազարապատիկ արագացում:Վերջապես, կանխորոշված կանոնակարգման ալգորիթմները տալիս են ֆիզիկական արտադրելիության լիակատար երաշխիք

ԳԼՈՒԽ 3. ԳՐԱՖԻԿԱԿԱՆ ԻՆՏԵՐՖԵՅՍ

Սույն գլխում դիտարկվում է տեղաբաշխման համակարգի գործնական իրականացումը որպես ամբողջական ծրագրային պրոդուկտ: Շեշտադրվում են համակարգի մոդուլային ճարտարապետությունը, ինտերֆեյսային լուծումները և օգտագործողի հետ փոխազդեցության գործիքակազմը:

3.1. Ծրագրային ապահովման ընդհանուր ճարտարապետությունը և մոդուլները

3.1.1. Ալգորիթմի աշխատանքային հոսքը

Գործընթացը մեկնարկում է մուտքային տվյալների վերլուծությամբ, որտեղ վերլուծիչը կարդում է բլոկների և ցանցերի նկարագրությունները և գեներացնում է համապատասխան օբյեկտները հիշողության մեջ:

Մուտքագրումից հետո էստաֆետը փոխանցվում է օպտիմալացման միջուկին: Ալգորիթմի աշխատանքի ընթացքում շարունակաբար տեղի է ունենում նպատակային ֆունկցիայի հաշվարկ և նոր տեղափոխությունների գեներացում:

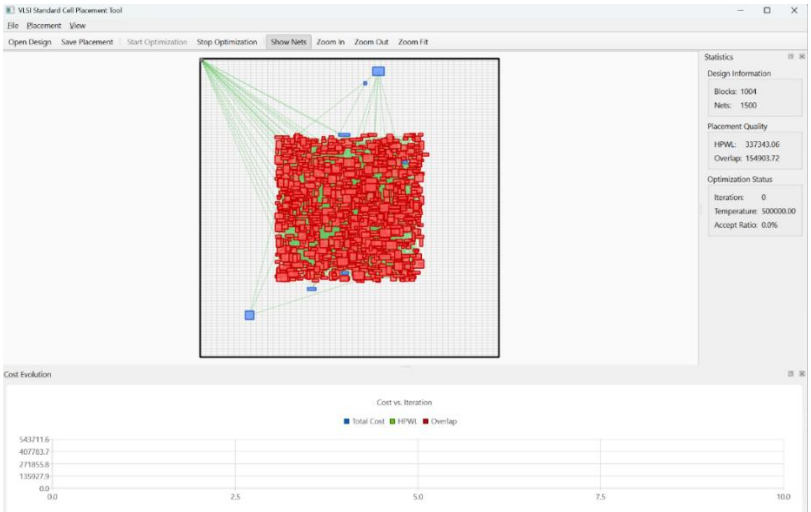
Որպեսզի միլիոնավոր իտերացիաներ պահանջող այս հաշվարկը չսառեցնի գրաֆիկական ինտերֆեյսը, համակարգում ներդրվել է աշխատանքային և ինտերֆեյսային հոսքերի խիստ տարանջատում [6,7]: Օպտիմալացման ծանր պրոցեսը ընթանում է ֆոնային ռեժիմում, մինչդեռ օգտագործողի հրամանները և էկրանի թարմացումները սպասարկվում են գլխավոր հոսքի կողմից: Այս երկու անկախ հոսքերը հաղորդակցվում են անվտանգ ազդանշանային համակարգի միջոցով՝ ժամանակ առ ժամանակ փոխանցելով ընթացիկ վիճակագրությունը (օրինակ՝ ջերմաստիճանը, ընթացիկ ԼԵԿԳ-ը) դեպի գրաֆիկական ինտերֆեյս՝ վիզուալիզացիայի համար:

3.2. Օգտագործողի գրաֆիկական միջավայրը և ղեկավարման վահանակը

3.2.1. Գլխավոր աշխատանքային պատուհանի կառուցվածքը և վիզուալիզացիան

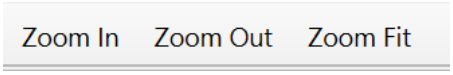
Ծրագրի գլխավոր պատուհանը բաժանված է տրամաբանական գոտիների, որոնցից կենտրոնական և ամենակարևոր տեղը զբաղեցնում է տեղաբաշխման գրաֆիկական ներկայացման դաշտը: Այս դաշտը պատասխանատու է միկրոսխեմայի ֆիզիկական կառուցվածքի երկչափ արտապատկերման համար: Ալգորիթմի

յուրաքանչյուր նշանակալի քայլից հետո ինտերֆեյսը թարմացնում է բջիջների կոորդինատները՝ ցուցադրելով բլոկները ,կապերը ,չիպի սահմանագիծը :



Նկ. 3.2.1. Միկրոսխեմայի տեղաբաշխման վիզուալիզացիան ծրագրի գլխավոր պատուհանում:

Գրաֆիկական ներկայացման դաշտը օժտված է ինտերակտիվությամբ. օգտագործողը կարող է մոտեցնել (Zoom In), հեռացնել (Zoom Out) կամ տեղավորել ամբողջ սխեման էկրանին (Zoom Fit)՝ կիրառելով ինչպես մկնիկը, այնպես էլ ստեղնաշարային արագ կոմբինացիաները :



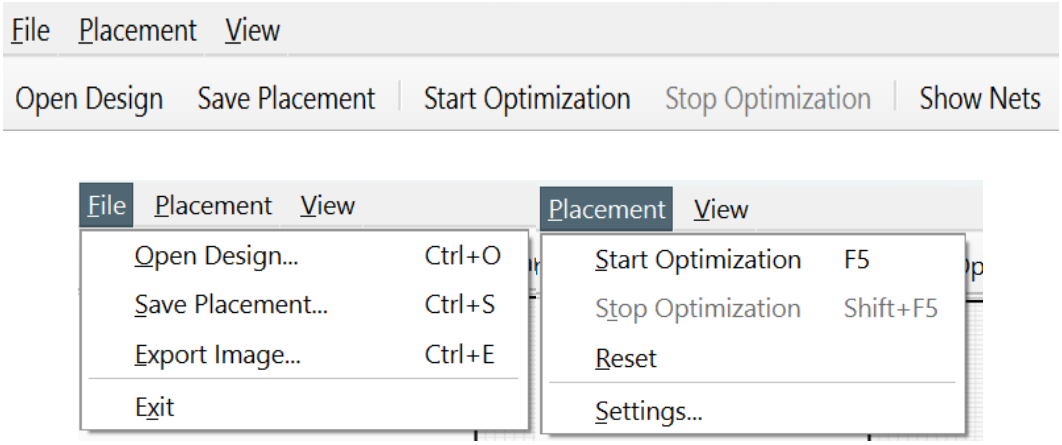
Նկ.3.2.2. Գրաֆիկական պատկերի խոշորացման, փոքրացման և էկրանին հարմարեցման կոճակները

3.2.2. Կարգավորումների կառավարման վահանակը և ինտերակտիվությունը

Գրաֆիկական միջավայրի վերին հատվածում տեղակայված է կառավարման գլխավոր վահանակը: Այն տրամադրում է ծրագրի կենսական ֆունկցիաների արագ հասանելիություն: Վահանակը ներառում է հետևյալ հիմնական գործիքակազմերը.

Ֆայլերի մուտքագրում և արտահանում (File Menu). "Open Design" հրամանով օգտագործողը ընտրում է մուտքային տեքստային ֆայլը, որը պարունակում է նախագծի տվյալները (բլոկների քանակ, ցանցեր, սկզբնական դիրքեր): Ծրագիրն ունի նաև արդյունքը պահպանելու ("Save Placement") և տեսողական արդյունքը որպես նկար ("Export Image") արտահանելու ֆունկցիաներ:

Օպտիմալացման կառավարում (Placement Menu). Ներառում է ալգորիթմի մեկնարկի "Start Optimization" և հարկադիր դադարեցման "Stop Optimization" կոճակները: "Reset" ֆունկցիան թույլ է տալիս զրոյացնել տեղաբաշխումը և վերադառնալ նախնական վիճակին՝ նոր պարամետրերով փորձարկումներ անելու համար:



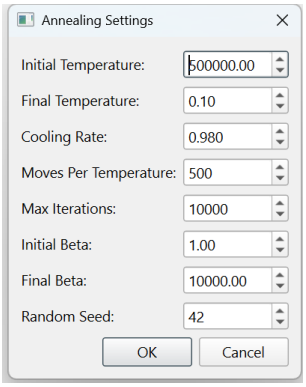
Նկ. 3.2.3. Օգտագործողի ինտերֆեյսի կառավարման և վիզուալիզացիայի վահանակները:

Ծրագրի ամենահզոր գործիքներից մեկը կարգավորումների վահանակն է (Settings Panel), որը հասանելի է Placement մենյուից: Քանի որ Թրծման նմանակումը պարամետրերից խիստ կախված ալգորիթմ է, վահանակը ինժեներին և հետազոտողին տալիս է օպտիմալացման պրոցեսի վրա լիարժեք վերահսկողության հնարավորություն:

Այս պատուհանում օգտագործողը կարող է ձեռքով սահմանել հետևյալ կրիտիկական պարամետրերը.

- Initial Temperature (Սկզբնական ջերմաստիճան). Որոշում է որոնման ագրեսիվությունը ալգորիթմի սկզբում (գլոբալ որոնում):
- Final Temperature (Վերջնական ջերմաստիճան). Ալգորիթմի կանգառի (Convergence) պայմանը:
- Cooling Rate (Սառեցման արագություն). Որոշում է $T_{k+1} = \alpha \times T_k$ բանաձևի α գործակիցը, որն ազդում է թե՛ աշխատանքի տևողության, թե՛ վերջնական որակի վրա:
- Max Iterations (Իտերացիաների քանակ). Հաշվողական բյուջեի անվտանգության սահմանափակում:

- Initial և Final Beta (β). Դինամիկ տուգանքների մոդելի (Overlap Penalty) պարամետրերը, որոնք որոշում են, թե որքան խիստ է ալգորիթմը վերաբերվելու ֆիզիկական հատումներին սկզբում և վերջում:



Նկ. 3.2.4. Թրծման նմանակում ալգորիթմի ֆիզիկական և մաթեմատիկական պարամետրերի ձեռքով կարգավորման վահանակը:

Փոփոխելով այս պարամետրերը՝ ինժեները կարող է նույն միկրոսխեմայի համար ընտրել տարբեր ռազմավարություններ. օրինակ՝ սահմանելով արագ սառեցում և բարձր β՝ կարելի է վայրկյանների ընթացքում ստանալ կոպիտ, արագ հատակագծում, իսկ դանդաղ սառեցումով ապահովել առավելագույն որակով արդյունաբերական դասի տեղաբաշխում:

3.3. Իրական ժամանակի անալիտիկան և արդյունքների գնահատումը

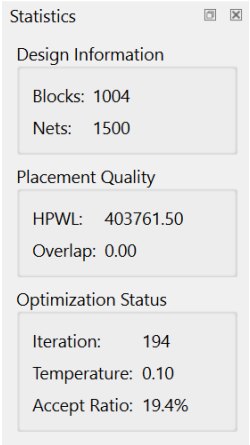
3.3.1. Դինամիկ վիճակագրությունը և էվոլյուցիայի գրաֆիկները

Բարդ և տևական ժամանակ պահանջող ստոխաստիկ ալգորիթմների գործարկման ընթացքում օգտագործողի համար կենսական նշանակություն ունի օպտիմալացման գործընթացի անընդհատ վերահսկողությունը: Քանի որ ալգորիթմը որոնում է կատարում ահռելի էներգետիկ ռելիեֆում, գրաֆիկական ինտերֆեյսը օժտված է իրական ժամանակում թարմացվող անալիտիկ գործիքակազմով:

Գլխավոր պատուհանի աջակողմյան հատվածում առանձնացված է վիճակագրության վահանակը (Statistics Panel), որը ծրագրի աշխատանքին զուգահեռ դինամիկ կերպով արտապատկերում է ալգորիթմի կարևորագույն ցուցանիշները.

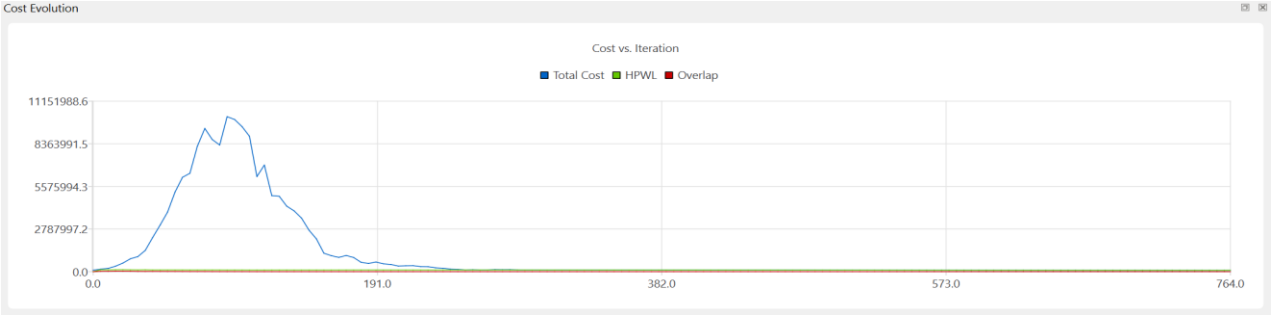
- Design Information (Նախագծի տվյալներ). Ցուցադրում է ներբեռնված միկրոսխեմայի բլոկների և ցանցերի քանակը:

- Placement Quality (Տեղաբաշխման որակ). Անմիջականորեն արտացոլում է նպատակային ֆունկցիայի բաղադրիչները՝ ընդհանուր ԼԵԿԳ-ն և ֆիզիկական վերածածկման մակերեսը: Այս ցուցանիշները վերահաշվարկվում են ամեն իտերացիայի վերջում ինկրեմենտալ հաշվիչով (O(K) բարդությամբ) և առանց ուշացման տրամադրվում ինտերֆեյսին:
- Optimization Status (Օպտիմալացման կարգավիճակ). Ներկայացնում է ալգորիթմի ընթացիկ քայլը (Iteration), ջերմաստիճանի աստիճանական անկումը (Temperature) և հաջողված/ընդունված քայլերի գործակիցը (Accept Ratio): Օրինակ, 100% գործակիցը վկայում է գլոբալ որոնման վաղ փուլի (բարձր T), իսկ ցածր տոկոսը՝ ալգորիթմի մոտալուտ ավարտի և սառցակալման մասին:

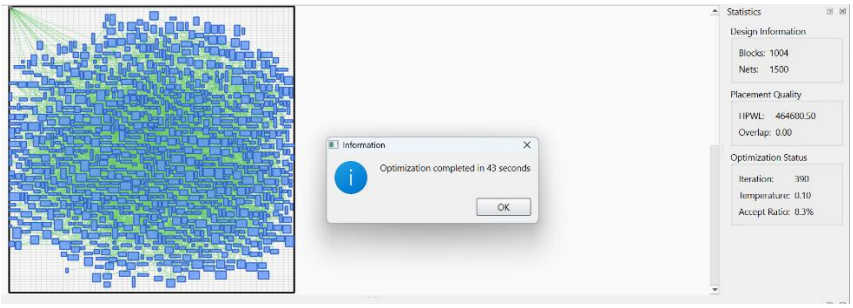


Նկ. 3.3.1. Իրական ժամանակում թարմացվող դինամիկ վիճակագրության վահանակը:

Վիճակագրական թվերին զուգահեռ, համակարգը տրամադրում է նաև օպտիմալացման գործընթացի վիզուալիզացիա Էվոլյուցիայի գրաֆիկի միջոցով: Գրաֆիկը թույլ է տալիս հետևել, թե ինչպես է ժամանակի ընթացքում փոխվում տեղաբաշխման ընդհանուր արժեքը, ինչպես նաև առանձնացված ԼԵԿԳ-ը և վերածածկման ցուցանիշները: Գրաֆիկից հստակորեն երևում է Թրծման նմանակման բնորոշ աշխատառճը. սկզբնական փուլում գրաֆիկը կատարում է մեծ տատանումներ՝ հաճախ բարձրանալով վեր (վատացնող քայլեր լոկալ մինիմումից խուսափելու համար), որից հետո, սառեցմանը զուգընթաց, այն էքսպոնենցիալ կերպով իջնում է դեպի օպտիմալ մինիմում:



Նկ. 3.3.2. Նպատակային ֆունկցիայի էվոլյուցիայի գրաֆիկը. ալգորիթմի դինամիկ կոնվերգենցիան դեպի գլոբալ մինիմում:



Նկ. 3.3.3. Օպտիմալացման ավարտի և ալգորիթմի ընդհանուր արագագործության արձանագրումը:

3.4. Եզրակացություն

Ամփոփելով սույն գլխում ներկայացված նյութը՝ կարող ենք արձանագրել, որ ավարտական աշխատանքի արդյունքում տեսական հզոր մաթեմատիկական մոդելները վերածվել են բարձրակարգ, լիարժեք գործող ծրագրային ապահովման: Համակարգը կառուցված է C++17 և Qt6 տեխնոլոգիաների կիրառմամբ, որն ապահովում է ինչպես ալգորիթմական անգերազանցելի արագագործություն, այնպես էլ օգտագործողի հարմարավետ և անխափան գրաֆիկական միջավայր:

Ալգորիթմային հոսքերի տարանջատման շնորհիվ ծրագիրը խուսափում է ինտերֆեյսի սառեցումներից՝ ապահովելով միլիոնավոր հաշվարկային իտերացիաների աննկատ ֆոնային կատարում: Ներդրված գրաֆիկական վահանակները, ինտերակտիվ գրաֆիկական ներկայացումը և իրական ժամանակում թարմացվող տեղաբաշխման պրոցեսը դարձնում են թափանցիկ և ամբողջությամբ կառավարելի ինժեների կողմից:

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ԻՆԺԵՆԵՐԱԿԱՆ ՏՆՏԵՍԱԳԻՏՈՒԹՅԱՆ/ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ
ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ԱՄԲԻՈՆ

ԱՎԱՐՏԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ
ՏՆՏԵՍԱԳԻՏԱԿԱՆ ՄԱՍ

Մասնագիտություն՝ Ծրագրային ճարտարագիտություն

Խումբ՝ SS219U

Ուսանող՝ Թադևոսյան Գագիկ

Խորհրդատու՝ Աբրահամյան Արուսյակ

ԵՐԵՎԱՆ 2026

Առաջադրանքի թեման «Ինտեգրալ սխեմաների ֆիզիկական նախագծման տեղաբաշխման համակարգի մշակման ինքնարժեքի և գնի հաշվարկ»

Մշակման ենթակա հարցերը Համալրող առարկաների ծախսի հաշվարկ էլեկտրաէներգիայի ծախսեր, աշխատողների հիմնական աշխատավարձ, աշխատողների լրացուցիչ աշխատավարձ, սարքավորումների շահագործման և պահպանման ծախսեր, տարածքի վարձակալության համար ծախսեր ընդհանուր տնտեսական ծախսեր:

Առաջարկվող գրականություն

1. Ճյուղի տնտեսագիտություն և կառավարում: Ուսումնական ձեռնարկ/ Ա.Ս.Թադևոսյան, Թ.Հ.Վարդանյան, Ռ.Ս.Հովսեփյան, Ա.Ա.Աբրահամյան, Ա.Ս.Աբելյան, Ա.Ռ.Ավետիսյան; ՀԱՊՀ.- Եր.: Ճարտարագետ 2020. 228 էջ:
2. Ձեռնարկությունների տնտեսագիտություն: Ուսումնական ձեռնարկ/ Ա.Ս. Թադևոսյան, Ա.Ա. Աբրահամյան, Մ.Կ.Ղազարյան; ՀԱՊՀ.- Եր.: Ճարտարագետ 2021.- 217 էջ:
3. Экономика предприятия (организации): Учебник / О. В. Баскакова, Л. Ф. Сейко. — М.: Издательско-торговая корпорация “Дашков и К°”, 2013. — 372 с.
4. Экономика предприятия : учебное пособие / М. Н. Кондратьева, Е. В. Баландина. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – 174 с.

Առաջադրանքը տրված է՝ _____

Խորհրդատու՝ Ա. Աբրահամյան

ԳԼՈՒԽ 4. ՏՆՏԵՍԱԳԻՏԱԿԱՆ ՄԱՍ

Ժամանակակից տնտեսական պայմաններում ցանկացած գործունեություն առնչվում է տնտեսական հարցերի հետ: Նոր տեխնիկայի, տեխնոլոգիական պրոցեսների, տեխնիկա-տնտեսական հիմնավորման համար, մասնավորապես մեր աշխատանքի պայմաններում կարևորագույն տնտեսական հիմնահարցերից է ինքնարժեքի որոշումը:

Արտադրանքի կամ ծառայությունների ինքնարժեքը՝ դա արտադրանքի (ծառայությունների) արտադրության և իրացման վրա կատարված բոլոր ծախսերի գումարն է դրամական արտահայտությամբ:

Ինքնարժեքի մեջ իրենց արտահայտությունն են գտնում սպառված շրջանառու ֆոնդերը, կենդանի աշխատանքի մի մասը, որը աշխատողներին վճարում է աշխատավարձի ձևով:

Ինքնարժեքի մեջ մտնող ծախսերը դասակարգվում են ըստ տնտեսական տարերի և ըստ կալկուլյացիոն հոդվածների:

Ներկայումս կիրառվում է ծախսերի ըստ կալկուլյացիոն հիմնական հոդվածների հետևյալ դասակարգումը՝

1. համալրող առարկաներ,
2. էլեկտրաէներգիայի ծախսեր,
3. աշխատողների հիմնական աշխատավարձ,
4. աշխատողների լրացուցիչ աշխատավարձ,
5. սարքավորումների շահագործման և պահպանման ծախսեր,
6. տարածքի վարձակալության համար ծախս,
7. ընդհանուր տնտեսական ծախսեր:

<u>Ինքնարժեք (1-7 կետերի գումարը):</u>

Փաթեթը, որի ինքնարժեքն ու գինը ենթակա է որոշման, իրենից ներկայացնում է՝ **Ինտեգրալ սխեմաների ֆիզիկական նախագծման տեղաբաշխման համակարգի մշակման ծրագրային փաթեթ**:

Հաշվարկի համար ելքային տվյալներ են հանդիսանում՝

- փաթեթի մեջ մտնող համալրող առարկաների քանակն ու անվանացանկը;

- ժամանակի ամփոփ նորմերը, աշխատանքի կարգն ու աշխատավարձի ձևերը,
- ժամավճարային և գործարքային պարգևատրման չափերը (22%),
- լրացուցիչ աշխատավարձի չափերը (13%),
- սարքավորումների պահպանման և շահագործման ծախսերի դրույքաչափերը,
- ընդհանուր տնտեսական ծախսերի դրույքաչափը (123%)։

4.1 Համալրող առարկաների ծախսի հաշվարկ

Գնված բաղադրիչների արժեքը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$C_{пк} = \sum M_{пkj} * P_{пkj}, \quad (4.1)$$

որտեղ՝ $M_{пkj}$ j-րդ տեսակի գնված բաղադրիչների քանակն է, հատ, $P_{пkj}$ j-րդ գնված բաղադրիչի գինը, դրամ: Հաշվարկի արդյունքները բերված են աղյուսակ 1-ում:

Աղյուսակ 4.1

Բաղադրիչի անվանումն ու տեսակը	Մեկ փաթեթին ընկնող քանակ. հատ	Միավորի գինը. դրամ	Մեկ փաթեթին ընկնող արժեք. դրամ
Գրասենյակային առարկաներ /USB կրիչներ, գրենական պիտույքներ,ներկանյութ և այլն/	5	50000	250000
Արագամաշ առարկաներ	20	6000	120000
Ընդամենը			370000

Ընդամենը՝ 370000 դրամ:

4.2 Էլեկտրաէներգիայի ծախսի հաշվարկ

Համակարգիչները և այլ սարքավորումները աշխատեցնելու համար էլեկտրաէներգիայի տարեկան ծախսը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$Է = W * U_{է} \quad (4.2)$$

որտեղ՝ W-ն էլեկտրաէներգիայի տարեկան ծախսն է, $U_{է}$-ն 1 կվ/ժ էլեկտրաէներգիայի արժեքն է (≈50 դրամ)։

Էլեկտրաէներգիայի ամսեկան ծախսը մոտավոր կկազմի W≈200կՎտ/ժ, Է=200*50=10000 դրամ/ամսական և 10000*12=120000 դրամ/տարեկան:

4.3 Աշխատողների հիմնական աշխատավարձի հաշվարկը

Աշխատողների հիմնական աշխատավարձի մեջ մտնում են՝

- գործարքային դրույքաչափերով աշխատավարձ,
- ժամավճարային աշխատավարձ,
- պարգևավճար:

Գործարքային աշխատավարձն ըստ տարիֆային համակարգի որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$Ա_{հիմ.} = Ժ_{դ.} * Ա_{արտ.}, \quad (4.3)$$

որտեղ՝ $Ժ_{դ.}$-ն ժամային դրույքաչափն է, $Ա_{արտ.}$-ն՝ ժամային նորմը: Հաշվարկման արդյունքները բերված են աղյուսակ 2-ում:

Աղյուսակ 4.2

Գործառույթի հաջորդական.	Վճարման ձև	Ժամանակային նորմ	Ժամային դրույք	Տարիֆային ֆոնդ
Նախապատ-բաստում	Գործարքա-պարգևա-վճարային	30	3500	105000
Մշակում	Գործարքա-պարգևա-վճարային	35	5000	175000
Կարգավորում	Գործարքա-պարգևա-վճարային	30	5000	150000
Տեստավորում	Գործարքա-պարգևա-վճարային	25	4500	112500
Ընդամենը				542500

Պարգևատրման չափը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$Պ = Ա_{հիմ} * Պ_{դ}/100\%, \quad (4.4)$$

որտեղ՝ $Պ_{դ}$ -պարգևատրման դրույքաչափ, %

Պ = 542500 * 22/ 100% = 119350 դրամ:

Ընդամենը հիմնական աշխատավարձը կկազմի՝ 661850 դրամ/ամսական կամ՝ 7942200 դրամ/տարեկան:

4.4 Աշխատողների լրացուցիչ աշխատավարձի հաշվարկը

Լրացուցիչ աշխատավարձի մեջ մտնում են՝ հերթական և լրացուցիչ գործողումների, արձակուրդների վճարները, պետական հանձնարարականների կատարման հետ կապված ծախսերը և այլն: Աշխատողների լրացուցիչ աշխատավարձը հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$Ա_{լր.} = ԸԱ_{հիմ.} * Ա_{լր.դ}/100, \quad (4.5)$$

որտեղ՝ $ԸԱ_{լր.դ}$ – Ընդհանուր հիմնական աշխատավարձն է, իսկ $Ա_{լր.դ}$-ն լրացուցիչ աշխատավարձի դրույքաչափն է,%:

$Ա_{լր.}$ = 661850 * 13 / 100% =86040.5 դրամ/ամսական կամ 1032486 դրամ/տարեկան:

4.5 Սարքավորումների պահպանման և շահագործման ծախսերի հաշվարկը

Սարքավորումների պահպանման և շահագործման ծախսերի թվին են պատկանում ամորտիզացիոն, ընթացիկ վերանորոգման, տրանզիտորային միջոցների, գործիքների և հարմարանքների վերանորոգման և այլ ծախսերը: Սարքավորումների պահպանման և շահագործման ծախսերի թվին են պատկանում ամորտիզացիոն, ընթացիկ վերանորոգման, տրանզիստորային միջոցների, գործիքների և հարմարանքների վերանորոգման և այլ ծախսերը:

4.5.1 Հիմնական միջոցների ամորտիզացիա

Հիմնական միջոցների տարեկան ամորտիզացիան ($Ա_s$) հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$Ա_s = Հ_ա/Ն, \quad (4.6)$$

որտեղ $Հ_ա$-ն հիմնական միջոցների սկզբնական արժեքն է, Ն-ն հիմնական միջոցների օգտակար գործունեության ժամկետն է:

Աղյուսակ 4.3

Հիմնական միջոցի անվանումն ու տեսակը	Հիմնական միջոցի սկզբնական արժեքը	Ամորտիզացիոն հատկացումներ	
		ՀՄ օգտակար գործողության ժամկետ, տարի	Ամորտիզացիոն ծախս
Սարքավորումներ, շենքեր, այլ հիմն. միջոցներ	47950000	5	9590000
Ընդամենը			9590000

Սարքավորումների պահպանման և շահագործման ծախսերի գումարը որոշվում է հետևյալ կերպ՝

$$Ծ_{պ.շ.} = Ա_{հիմ}*12 * Ծ_{պ.շ.դ.}/100, \quad (4.7)$$

որտեղ՝ $Ծ_{պ.շ.դ.}$ - սարքավորումների պահպանման և շահագործման ծախսերի դրույքաչափն է, $Ա_{հիմ.}$–աշխատողների տարեկան հիմնական աշխատավարձը:

$$Ծ_{պ.շ.} = 542500 * 12 * 1.5 / 100 = 97650 \text{ դրամ:}$$

Սարքավորումների ընթացիկ վերանորոգման ծախսը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$Ծ_{ը.վ.} = Ա_{հիմ} *12 * Ծ_{ը.վ.դ.}/100, \quad (4.8)$$

որտեղ՝ $Ծ_{ը.վ.դ.}$ - սարքավորումների ընթացիք վերանորոգման դրույքաչափն է:

$$Ծ_{ը.վ.} = 542500 * 12 * 4.7/ 100 = 305970 \text{ դրամ:}$$

Աղյուսակ 4.4

Ծախսի անվանումը	Դրույքաչափը	Տարեկան ծախսը
Սարքավորումների պահպանման և շահագործման ծախսեր	1.5	97650
Սարքավորումների ընթացիկ վերանորոգում	4,7	305970
Սարքավորումների ամորտիզացիա	-	9590000
Ընդամենը		9993620

4.6 Տարածքի վարձակալության ծախսի հաշվարկը

Գործունեության արդյունավետության հիմնական պայմաններից մեկը տարածքի ճիշտ ընտրությունն է: Վարձակալվող տարածքը կգտնվի Երևանի կենտրոնական մասում, ամենայն հավանականությամբ՝ հրապարակում գտնվող Piazza Grande շենքում: Այս տարածքում անհրաժեշտ տարածքի վարձակալության ամսեկան ծախսը կկազմի 450000*12=5400000 դրամ տարեկան:

4.7 Ընդհանուր տնտեսական ծախսերի հաշվարկը

Ընդհանուր տնտեսավարման ծախսերի մեջ մտում են ձեռնարկության ընդհանուր կառավարման-ադմինիստրատիվ՝ գործարանը կառավարող անձնակազմի աշխատավարձի, գործուղման, տպագրական, փոստային-հեռագրային ծախսերը և այլ ծախսեր: Այն որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$ԸՏԾ = Ա_{հիմ}* 12 \%ԸՏԾ / 100, \quad (4.9)$$

որտեղ՝ %ԸՏԾ - Ընդհանուր տնտեսավարման ծախսերի տոկոսն է %:

ԸՏԾ = 542500 * 12 * 123 / 100 = 8007300 դրամ:

4.8 Փաթեթի ընդհանուր ինքնարժքի կալկուլացիան

Ինքնարժեքի կալկուլացիան բերված է աղյուսակ 5-ում:

Աղյուսակ 4.5

N	Ծախսերի հոդվածի անվանումը	գումարը, դրամ
1.	Համալրող առարկաներ	370000
2.	Էլեկտրաէներգիա	120000
3.	Ընդհանուր հիմնական աշխատավարձ	542500
4.	Լրացուցիչ աշխատավարձ	1032486
5.	Սարքավորումների պահպանման և շահագործման ծախսեր	9993620
6.	Տարածքի վարձակալություն	5400000
7.	Ընդհանուր տնտեսական ծախսեր	8007300
	Ինքնարժեք	25465906

Ինտեգրալ սխեմաների ֆիզիկական նախագծման տեղաբաշխման համակարգի մշակման ծրագրային փաթեթի ինքնարժեքը կկազմի՝

Ի = 25465906 դրամ:

4.9 Շահույթի և միավորի գնի հաշվարկը

Փաթեթի գինն իր մեջ ընդգրկում է ընկերության շահույթն ու ինքնարժեքը: Շահույթի հաշվարկն իրականացվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$Շ = Ի * \%Շ/100, \quad (4.10)$$

որտեղ՝ Ի – փաթեթի ինքնարժեքն է, %Շ –շահույթի դրույքաչափը, %

Շ = 25465906 * 20 / 100 = 5093181.2 դրամ:

Գնի հաշվարկը իրականացվում է հետևյալ կերպ՝

$$Գ = Ի + Շ, \quad (4.11)$$

Գ = 25465906 + 5093181.2 = 30559087.2 դրամ:

Փաթեթի բացթողնման գինը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$Գ_{բաց.} = Գ + ԱԱՀ, \quad (4.12)$$

որտեղ՝ $Գ_{բաց.}$– փաթեթի բացթողնման գինն է, ԱԱՀ-ն ավելացված արժեքի հարկը (20%):

$Գ_{բաց.}$ = 30559087.2 + 30559087.2 * 20 / 100 = 36670904.64 դրամ:

Այսպիսով, կատարված հաշվարկների արդյունքում ստացանք, որ **Ինտեգրալ սխեմաների ֆիզիկական նախագծման տեղաբաշխման համակարգի մշակման** ինքնարժեքը կկազմի 25465906 դրամ, իսկ գինը՝ 36670904.64 դրամ:

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ
(ՀԻՄՆԱԴՐԱՄ)

«Լեռնամետալուրգիայի և քիմիական տեխնոլոգիաների» ինստիտուտ

«Քիմիական տեխնոլոգիաներ,
բնապահպանություն և կենսագործունեության
անվտանգություն» ամբիոն

ԱՎԱՐՏԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ

«ԲՆԱՊԱՀՊԱՆՈՒԹՅՈՒՆ» ԲԱԺՆԻՑ

Ինստիտուտ ԼՄ և ՔՏ

Խումբ ՏՏ219Ս

Ուսանող Թադևոսյան Գագիկ Եղիայի

Խորհրդատու Թադևոսյան Արտաշես Վահանի

ԵՐԵՎԱՆ 2026

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔԻ ԹԵՄԱ

Ծրագրավորումը շրջակա միջավայրի մոնիթորինգի համակարգում

ԱՌԱՋԱԴՐՎՈՂ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. ՀՀ օրենքը «Շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության գնահատման և փորձաքննության մասին», Երևան, 2014թ.:
2. Կ. Վ. Գրիգորյան, «Էկոլոգիա և բնապահպանություն», ուսումնական ձեռնարկ, Երևան, ԵՊՀ հրատ., 2016թ.:
3. A. Zanella et al., "Internet of Things for Smart Cities and Environmental Monitoring", IEEE Internet of Things Journal, 2014.
4. ISO 14001:2015. "Environmental management systems — Requirements with guidance for use".
5. Fraden, J., "Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications", 4th Edition, Springer, 2010.
6. ГОСТ Р 56059-2014. «Производственный экологический мониторинг. Общие положения».
7. M. Ali, "Machine Learning in Environmental Science and Ecological Monitoring", Springer, 2020.
8. «Բնապահպանության հիմնահարցեր և կայուն զարգացում». մեթոդական ձեռնարկ, ՀԱՊՀ, Երևան, 2019թ.:

Առաջադրանքը տրված է՝ “03.02” 2026

Խորհրդատու՝ Ա. Թաղևոսյան

Ամբիոնի վարիչի պ/կ՝ Բ. Մովսիսյան

ԳԼՈՒԽ 5. ԲՆԱՊԱՀՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍ

Ներածություն

Ավարտական աշխատանքի տվյալ բաժնի նպատակն է վերլուծել ծրագրային ապահովման և ալգորիթմական լուծումների դերը շրջակա միջավայրի մոնիթորինգի համակարգերում, ինչպես նաև հիմնավորել ծրագրային օպտիմիզացիայի միջոցով բնապահպանական ռիսկերի (մասնավորապես՝ էլեկտրոնային թափոնների գոյացման) նվազեցման ճարտարագիտական հաշվարկները։ Ժամանակակից էկոլոգիական մոնիթորինգն իրականացվում է փոխկապակցված խելացի սարքերի և տվիչների ընդարձակ ցանցերի միջոցով, որոնց հիմքում ընկած են գերմեծ ինտեգրալ սխեմաներն (ԳՄԻՍ) ու միկրոկառավարիչները։ Այս ապարատային միջոցների աշխատանքը ղեկավարող ծրագրային կոդը ոչ միայն ապահովում է էկոլոգիական տվյալների (օդի աղտոտվածություն, ռադիացիոն ֆոն) ճշգրիտ հավաքագրումը, այլև ուղղակիորեն ազդում է մոնիթորինգային համակարգի էներգասպառման և բնապահպանական հետքի վրա։

5.1.Բնապահպանական մոնիթորինգի համակարգերի վերլուծությունը

Համաձայն էկոլոգիական նորմատիվների և «Շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության գնահատման և փորձաքննության մասին» ՀՀ օրենքի [1]՝ շրջակա միջավայրի մոնիթորինգը բնական և տեխնածին միջավայրերի վիճակի, աղտոտվածության մակարդակի և էկոհամակարգերում ընթացող պրոցեսների համալիր դիտարկման, վերլուծության և կանխատեսման բազմամակարդակ տեղեկատվական համակարգ է։ Մոնիթորինգը բացարձակ անհրաժեշտություն է, քանի որ այն թույլ է տալիս իրական ժամանակում արձանագրել վտանգավոր նյութերի (արդյունաբերական արտանետումների, ծանր մետաղների, ռադիացիոն ֆոնի) թույլատրելի սահմանաքանակների գերազանցումը, վաղօրոք բացահայտել բնական պաշարների դեգրադացիան և ապահովել որոշում կայացնող մարմիններին հավաստի տվյալներով՝ բնապահպանական անվտանգությունն ապահովելու և վթարները կանխելու նպատակով։

Համաձայն «Շրջակա միջավայրի վրա ազդեցության գնահատման» ՀՀ օրենքի [1] և ГОСТ Р 56059-2014 ստանդարտի [2]՝ արտադրական և բնական միջավայրի էկոլոգիական մոնիթորինգը պետք է կրի անընդհատ և համակարգված բնույթ։

Ավանդական լաբորատոր մեթոդներին փոխարինելու են եկել ավտոմատացված սենսորային հանգույցները , որոնք չափում են ածխածնի երկօքսիդի (CO2), ազոտի օքսիդների (NOx) և մանրամասնիկների (PM2.5) կոնցենտրացիաները մթնոլորտում [4]։

Այս համակարգերում ծրագրավորումն իրականացնում է երկու հիմնական գործառույթ՝ տվյալների առաջնային մշակում միկրոկառավարիչների մակարդակում և կանխատեսող վերլուծություն սերվերային մակարդակում ։ Սակայն, բացի մոնիթորինգային տվյալներ ապահովելուց, առաջանում է ինքնին համակարգի շահագործման բնապահպանական ռիսկը։

Մոնիթորինգի համար կիրառվող հազարավոր հեռահար սենսորներ սնուցվում են քիմիական մարտկոցներով (լիթիում-իոնային, կադմիումային)։ Եթե սենսորը ղեկավարող ծրագրային ալգորիթմը գրված է ոչ օպտիմալ (օրինակ՝ տվյալների անընդմեջ հարցում կամ մշտապես ակտիվ ռադիոմոդուլ), համակարգը դրսևորում է բարձր էներգասպառում։ Դա հանգեցնում է մարտկոցների արագ սպառման և դրանց զանգվածային խոտանման։ Քանի որ մարտկոցները պարունակում են ծանր մետաղներ և խիստ տոքսիկ նյութեր, էներգիապես անարդյունավետ ծրագրավորումն ուղղակիորեն հանգեցնում է շրջակա միջավայրի երկրորդային աղտոտման։ Հետևաբար, համաձայն ISO 14001 միջազգային ստանդարտի (բնապահպանական կառավարման համակարգեր) [3], պահանջվում է կիրառել «Կանաչ ծրագրավորման» սկզբունքներ՝ ալգորիթմական մակարդակում նվազեցնելով սարքավորումների էներգասպառումն ու էլեկտրոնային թափոնների քանակը։

Տվյալների հավաքագրումը մոնիթորինգի միայն առաջին փուլն է, որին հաջորդում է տեղեկատվության վերլուծությունը։ Բնապահպանական կայաններից վայրկյան առ վայրկյան ստացվող տվյալների ահռելի ծավալը հնարավոր չէ մշակել առանց բարձր մակարդակի ծրագրային լուծումների և մեծ տվյալների ճարտարապետության։ Այստեղ խիստ կարևորվում է արհեստական բանականության և մեքենայական ուսուցման ալգորիթմների կիրառումը [5]։ Ծրագրավորողները ստեղծում են մաթեմատիկական մոդելներ, որոնք ունակ են վերլուծելու անցյալի տվյալները, ճանաչելու շրջակա միջավայրի դեգրադացիայի օրինաչափությունները և տալու ճշգրիտ կանխատեսումներ։

Մեքենայական ուսուցման միջոցով մշակված ծրագրերը կարող են, օրինակ, օդերևութաբանական տվյալների և արտանետումների քանակի համադրմամբ կանխատեսել քաղաքային ծխամշուշի առաջացման վտանգը օրեր առաջ: Նմանապես, աշխարհագրական տեղեկատվական համակարգերի ծրագրավորումը հնարավորություն է տալիս ստեղծել աղտոտվածության տարածման թվային և վիզուալ քարտեզներ: Այս ծրագրային գործիքները անփոխարինելի են դարձել էկոլոգիական ճգնաժամերի և անտառային հրդեհների վաղ նախազգուշացման համակարգերում, որտեղ հաշված րոպեների ընթացքում ալգորիթմի կայացրած որոշումը կարող է փրկել հսկայական էկոհամակարգեր:

5.2. Էներգաարդյունավետ ալգորիթմի հաշվարկը

Շրջակա միջավայրի քիմիական աղտոտվածության կանխարգելման (տոքսիկ մարտկոցների արտանետումների կրճատման) նպատակով ստորև իրականացված է օդի որակի մոնիթորինգի համակարգի ծրագրային ալգորիթմի օպտիմիզացիայի ճարտարագիտական հաշվարկ:

Դիտարկվում է արդյունաբերական և քաղաքային միջավայրում տեղադրված օդի աղտոտվածության մոնիթորինգի ավտոմատացված ցանց, որը բաղկացած է 10,000 անլար սենսորային հանգույցներից: Յուրաքանչյուր հանգույց սնուցվում է 2000 մԱ/ժ (mAh) տարողությամբ լիթիումային մարտկոցով [4]:

Բազային (ոչ օպտիմիզացված) ծրագրային ապահովման դեպքում միկրոկառավարիչները և սենսորը աշխատում են անընդհատ հարցման ռեժիմով: Այս ռեժիմում հանգույցի հոսանքի միջին սպառումը կազմում է 20 մԱ:

Հաշվարկվում է բազային ծրագրային ապահովմամբ մարտկոցի կյանքի տևողությունը.

$$T(\text{բազային}) = 2000\ \text{մԱ/ժ} / 20\ \text{մԱ} = 100\ \text{ժամ (մոտ 4 օր)}: \quad (5.1)$$

Սա նշանակում է, որ յուրաքանչյուր սենսոր պահանջում է տարեկան մոտ 90 մարտկոցի փոխարինում: 10,000 սենսորից բաղկացած ցանցի դեպքում տարեկան գոյանում է 900,000 հատ վտանգավոր քիմիական թափոն, ինչը խիստ հակասում է ГОСТ Р 56059-2014-ի բնապահպանական սկզբունքներին [2]:

Որպես ճարտարագիտական լուծում՝ առաջարկվում է ծրագրային կոդում ներդնել էներգախնայող աշխատանքային ցիկլի և ընդհատումներով ղեկավարվող ալգորիթմ։ Նոր ծրագրային տրամաբանության համաձայն՝ միկրոկոնտրոլերը գտնվում է խորը քնի ռեժիմում և արթնանում է միայն 10 րոպեն մեկ անգամ՝ 1 վայրկյան տևողությամբ չափում կատարելու և տվյալն ուղարկելու համար, որից հետո նորից անցնում է քնի ռեժիմի։
Ակտիվ ռեժիմի հոսանքը կազմում է 20 մԱ (տևողությունը՝ 1 վայրկյան)։
Քնի ռեժիմի հոսանքը կազմում է 0.01 մԱ (տևողությունը՝ 599 վայրկյան)։
Հաշվարկվում է նոր ալգորիթմով աշխատող համակարգի միջին հոսանքի սպառումը.

$$I(\text{միջին}) = (20\ \text{մԱ} \times 1\ \text{վրկ} + 0.01\ \text{մԱ} \times 599\ \text{վրկ}) / 600\ \text{վրկ} \approx 0.043\ \text{մԱ}։ \qquad (5.2)$$

Նոր ծրագրային լուծման դեպքում մարտկոցի կյանքի տևողությունը կկազմի.

$$T(\text{օպտիմիզացված}) = 2000\ \text{մԱ/ժ} / 0.043\ \text{մԱ} \approx 46{,}511\ \text{ժամ (մոտ 5.3 տարի)}։ \qquad (5.3)$$

Ներկայացված հաշվարկը փաստում է, որ գրագետ ծրագրային կառավարումը երկարացնում է սարքավորման ավտոնոմ աշխատանքը ավելի քան 460 անգամ։ Մեկ սենսորի սպասարկման համար այժմ պահանջվում է մեկ մարտկոց՝ հինգ տարվա կտրվածքով։ Ամբողջ ցանցի սպասարկման համար տարեկան կպահանջվի ընդամենը մոտավոր 1,880 մարտկոց՝ նախկին 900,000-ի փոխարեն։

5.3.Եզրակացություն

Ավարտական աշխատանքի բնապահպանական բաժնում իրականացված վերլուծությունն ու ինժեներական հաշվարկները ապացուցեցին, որ ծրագրավորումը ոչ միայն շրջակա միջավայրի մոնիթորինգային տվյալների վերլուծման միջոց է, այլև էկոլոգիական անվտանգության ապահովման անմիջական գործիք։ Հիմնվելով ISO 14001 ստանդարտի պահանջների վրա՝ հիմնավորվեց, որ միկրոէլեկտրոնային համակարգերում ընդհատումներով ղեկավարվող էներգախնայող ծրագրային ալգորիթմի ներդրումը թույլ է տալիս նվազեցնել էներգասպառումը ավելի քան 99%-ով։ Ծրագրային այս լուծումը կանխում է տարեկան հարյուր հազարավոր տոքսիկ մարտկոցների (ծանր մետաղների) արտանետումը բնական միջավայր՝ ապահովելով ինչպես էկոլոգիական, այնպես էլ տնտեսական բարձր շահավետություն և կայուն զարգացում։

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

(ՀԻՄՆԱԴՐԱՄ)

«Լեռնամետալուրգիայի և քիմիական տեխնոլոգիաների» ինստիտուտ

«Քիմիական տեխնոլոգիաներ, բնապահպանություն
և կենսագործունեության անվտանգություն» ամբիոն

ԱՎԱՐՏԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔ «ԿԵՆՍԱԳՈՐԾՈՒՆԵՈՒԹՅԱՆ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅՈՒՆ» ԲԱԺՆԻՑ

Ինստիտուտ ԼՄ և ՔՏ

Խումբ ՏՏ219Ս

Ուսանող Թադևոսյան Գագիկ Եղիայի

Խորհրդատու Ակարմազյան Հայկ Սահակի

ԵՐԵՎԱՆ 2026

ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔԻ ԹԵՄԱ

Կրկնվող լարվածության հետևանքով առաջացող վնասվածքներ . ռիսկեր, կանխարգելում և կառավարում

ԱՌԱՋԱԴՐՎՈՂ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Bridger, R. S., "Introduction to Ergonomics", 3rd Edition, CRC Press, 2008.
2. ГОСТ 12.0.003-2015. «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»:
3. ГОСТ Р 50923-96. «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде».
4. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
5. ISO 9241-5:1998. "Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 5: Workstation layout and postural requirements".
6. Kroemer, K.H.E., Grandjean, E., "Fitting the Task to the Human: A Textbook of Occupational Ergonomics", 5th Edition, CRC Press, 1997.

Առաջադրանքը տրված է “_____” _____

Խորհրդատու _____

ԳԼՈՒԽ 6. ԿԵՆՍԱԳՈՐԾՈՒՆԵՈՒԹՅԱՆ ԱՆՎՏԱՆԳՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍ

Ներածություն

Ավարտական աշխատանքի տվյալ բաժնի նպատակն է վերլուծել էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման մասնագետի և ինտեգրալ սխեմաների (ԻՍ) ֆիզիկական նախագծողի աշխատանքային միջավայրում առաջացող վտանգավոր և վնասակար արտադրական գործոնները, դրանց աղբյուրները և հաշվարկել հիմնավորված ճարտարագիտատեխնիկական և կազմակերպչական լուծումներ:

Էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման միջավայրերում (ֆիզիկական տոպոլոգիայի մշակում, սկրիպտավորում, վերիֆիկացիա) իրականացվող տեխնոլոգիական գործընթացում բացակայում են ավանդական արտադրական վտանգները, սակայն աշխատանքն ուղեկցվում է շարժողական ապարատի բացառիկ բարձր գերբեռնվածությամբ: Անբավարար էրգոնոմիկական պայմանները հանգեցնում են կրկնվող լարվածության հետևանքով առաջացող վնասվածքների (ԿԼՀՎ), որոնք ուղղակիորեն իջեցնում են էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման ինժեների արտադրողականությունը և մեծացնում նախագծվող չիպի տոպոլոգիական սխալների հավանականությունը: Նախագծվող արտադրական միջավայրում անվտանգության պետական ստանդարտների ապահովումը թույլ կտա զգալիորեն կանխել այս խնդիրները՝ բարձրացնելով նախագծային աշխատանքի շահավետությունն ու հուսալիությունը:

6.1. Արտադրական վնասակար գործոնների և ռիսկերի վերլուծություն

Համաձայն ինժեներական էրգոնոմիկայի հիմնարար դրույթների [1] և ГОСТ 12.0.003-2015 պետական ստանդարտի [2] դասակարգման, էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման ինժեների աշխատավայրում գերակշռող վնասակար ֆիզիկական գործոնը աշխատանքային գործընթացի ծանրությունն ու լարվածությունն է, որն իր մեջ ներառում է ստատիկ և դինամիկ մկանային գերբեռնվածությունը, ինչպես նաև աշխատանքային անբնական (ոչ ֆիզիոլոգիական) դիրքը:

Վերլուծելով էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման գործիքակազմով աշխատող մասնագետի տեխնոլոգիական պրոցեսը՝ առանձնացվում են ԿԼՀՎ-ների առաջացման հետևյալ հիմնական աղբյուրներն ու պատճառները.

Ա. Դինամիկ մկանային լարվածություն (միկրոշարժումներ գրաֆիկական միջավայրում)

Ֆիզիկական նախագծումը պահանջում է նանոմետրային ճշտություն: Բարդ պոլիգոնների տեղաբաշխումը և կոմպոնենտների միացումը էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման գրաֆիկական միջավայրում հիմնված են համակարգչային մկնիկի ինտենսիվ և գերճշգրիտ կիրառման վրա: Այս պրոցեսում նախաբազկի և դաստակի անընդմեջ դևիացիաները խախտում են ջլերի բիոմեխանիկական հավասարակշռությունը: Բացի այդ, ավտոմատացման սկրիպտներ գրելիս ձևավորվում է ստեղնաշարային գերբեռնվածություն: Անընդմեջ միկրոշարժումների հետևանքով ջլերի սինովիալ թաղանթներում առաջանում է շփում, ինչը հանգեցնում է դաստակ-թունելային համախտանիշի և տենդինիտի [6]:

Բ. Ստատիկ գերբեռնվածություն և աշխատանքային դիրք (բազմամոնիտորային համակարգեր)

ԻՍ տոպոլոգիական նախագծումը խիստ պահանջկոտ է էկրանային տարածքի նկատմամբ: Ինժեները ստիպված է օգտագործել բազմամոնիտորային համակարգեր՝ էլեկտրական սխեման, ֆիզիկական տոպոլոգիան և տերմինալային պատուհանները միաժամանակ վերահսկելու նպատակով:Համաձայն միջազգային ISO 9241-5 և ГОСТ Р 50923-96 ստանդարտների [3, 5]՝ օպերատորի տեղեկատվության ընկալման օպտիմալ անկյունը (պարանոցի ռոտացիան) պետք է գտնվի +30°/-30° ուղիղ տեսադաշտի սահմաններում: Գործնականում մոնիտորների լայն տեղաբաշխումը ստիպում է էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման նախագծողին խախտել այս նորմը՝ պարանոցը պարբերաբար թեքելով մինչև 45-50°: Ըստ ինժեներական էրգոնոմիկայի հիմնադրույթների [6], մկանի ստատիկ լարվածությունը առավելագույն ուժի 15-20%-ով գերազանցելու դեպքում մկանային հյուսվածքներում արյան շրջանառությունը արգելափակվում է: Դա հանգեցնում է թթվածնաքաղցի և պարանոցային հատվածի օստեոխոնդրոզի:

Գ. Տեսողական-նյարդային գերլարվածություն Ֆիզիկական վերիֆիկացիայի փուլում բարձր խտության նանոմետրային սխեմաներում սխալների մարկերները փնտրելիս և տարբեր մետաղական շերտերի վիզուալիզացիան վերլուծելիս առաջանում է աչքի ակոմոդացիոն մկանի և տեսողական նյարդի գերլարում [4]: Բիոմեխանիկական

տեսանկյունից, այս տեսողական լարվածությունը ստիպում է նախագծողին ենթագիտակցաբար գլուխը մոտեցնել էկրանին (առաջ մղված գլխի դիրք)։ Հաշվարկված է, որ գլխի յուրաքանչյուր 2.5 սմ առաջ թեքվելը մեծացնում է պարանոցի ողերի վրա ստատիկ ճնշումը մոտ 4.5 կգ-ով [5]։

Արտադրական այս վնասակար գործոնների համակցված ազդեցությունը հանգեցնում է ոչ միայն աշխատակցի առողջության վատթարացման, այլև մեծացնում է մասնագիտական վրիպումների հավանականությունը։ Էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման ոլորտում նման վրիպումները կարող են արժենալ չիպի թողարկման ձախողում, ինչն ուղղակիորեն խարխլում է նախագծվող տեխնիկական համակարգի հուսալիությունը [5]։ Նշված ռիսկերի չեզոքացումը պահանջում է հատուկ ճարտարագիտական հաշվարկներ և լուծումներ, որոնք կիրականացվեն հաջորդ ենթաբաժնում։

6.2. Ճարտարագիտատեխնիկական և կազմակերպչական միջոցառումների հաշվարկ և հիմնավորում

Ելնելով ֆիզիկական նախագծման տեխնոլոգիական գործընթացում առկա վնասակար արտադրական գործոնների վերլուծությունից՝ կրկնվող լարվածության հետևանքով առաջացող վնասվածքների կանխարգելման և նախագծային աշխատանքի արդյունավետության բարձրացման նպատակով ստորև իրականացված են կազմակերպչական և ճարտարագիտական միջոցառումների համապատասխան հաշվարկներ ու հիմնավորումներ։ Հաշվարկների համար հիմք են ընդունվել գործող պետական և միջազգային նորմատիվային փաստաթղթերը։

Ա. Աշխատանքի ծանրության գնահատում և հանգստի ռեժիմի հաշվարկ.

Էլեկտրոնային նախագծման ավտոմատացման մասնագետի աշխատանքային գործընթացը ենթադրում է էլեկտրոնային հաշվիչ մեքենաների հետ ինտենսիվ և անընդհատ երկխոսություն։ Համաձայն СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 սանիտարական կանոնների և նորմերի [4]՝ նմանատիպ գործունեությունը դասակարգվում է որպես «Վ» խմբի աշխատանք (ստեղծագործական աշխատանք երկխոսության ռեժիմում)։

Բարդ ինտեգրալ սխեմաների ուղեգծման և մակրոբլոկների տեղաբաշխման ժամանակ նախագծողի դաստակի դինամիկ լարվածությունը (մկնիկի կտտոցներ և բարձր

ճշգրտության կոորդինատային տեղաշարժեր) մեկ հերթափոխի ընթացքում գերազանցում է 40,000 գործողությունը: Համաձայն վերոնշյալ նորմատիվային փաստաթղթի հավելվածի՝ նման ծանրաբեռնվածությունը աշխատանքային գործընթացը դասակարգում է որպես III (ամենաբարձր) կատեգորիայի ծանրության պրոցես:

Որպես կազմակերպչական միջոցառում՝ պահանջվում է հաշվարկել կանոնակարգված ընդմիջումների ժամանակացույցը: 8-ժամյա աշխատանքային հերթափոխի (480 րոպե) պայմաններում III կատեգորիայի աշխատանքի դեպքում ընդմիջումների գումարային նվազագույն տևողությունը պետք է կազմի 70 րոպե:
Հաշվարկվում է զուտ ակտիվ աշխատանքի տևողությունը.

$$T(\text{ակտիվ}) = 480 \text{ րոպե} - 70 \text{ րոպե} = 410 \text{ րոպե:} \qquad (6.1)$$

Այսպիսով, ստատիկ գերբեռնվածությունը և տեսողական հոգնածությունը նվազեցնելու նպատակով հիմնավորվում է յուրաքանչյուր 1 ժամ աշխատանքից հետո 10 րոպե տևողությամբ պարտադիր ակտիվ ընդմիջման (միկրոշրջանառությունը վերականգնող վարժություններով) սահմանման անհրաժեշտությունը:

Բ. Ճարտարագիտատեխնիկական միջոցառումների հաշվարկ և արդյունավետության գնահատում

Դաստակ-թունելային համախտանիշի ռիսկի չեզոքացման համար առաջարկվում է աշխատատեղում ներդնել ապարատային նոր լուծումներ՝ ավանդական մանիպուլյատորները (մկնիկները) փոխարինելով էրգոնոմիկ ուղղահայաց մանիպուլյատորներով և հատուկ ծրագրավորվող մակրո-ստեղնաշարերով :
Նախագծային արտադրողականության վրա այս միջոցառման ազդեցությունը հիմնավորվում է հետևյալ հաշվարկով: Դիցուք, տոպոլոգիայի ակտիվ նախագծման 1 ժամվա ընթացքում ինժեները կատարում է միջինը 3000 դաստակային միկրոշարժում: Մեկ հերթափոխի զուտ ակտիվ ժամանակահատվածում (410 րոպե) գործողությունների ընդհանուր քանակը կազմում է.

$$N(\text{ընդհանուր}) = 410 * (3000 / 60) = 20{,}500 \text{ միկրոշարժում:} \qquad (6.2)$$

Բազմակի կտտոցներ պահանջող ալգորիթմիկ հրամանների (օրինակ՝ շերտերի փոփոխություն, DRC ստուգման մեկնարկ, բաղադրիչների հավասարեցում) տեղափոխումը ծրագրավորված մակրո-ստեղների վրա թույլ է տալիս կրճատել մկնիկի շարժումների քանակը միջինը 40%-ով։

N(կրճատված) = 20,500 * 0.60 = 12,300 միկրոշարժում մեկ հերթափոխում։ (6.3)

Հաշվարկը ցույց է տալիս, որ տվյալ ճարտարագիտական միջամտությունը մեկ հերթափոխում նվազեցնում է ջլերի դինամիկ բեռնվածությունը 8,200 գործողությամբ։ Արդյունքում վերացվում է վնասվածքի առաջացման ֆիզիկական նախադրյալը, իսկ ավտոմատացված հրամանների հաշվին ուղեգծման պրոցեսի արագությունն աճում է մինչև 15%-ով։

Գ. Տեսողական և դիրքային էրգոնոմիկայի կազմակերպում.

Սկզբունքային սխեմայի և տոպոլոգիայի միաժամանակյա վերլուծության համար կիրառվող բազմամոնիտորային համակարգերը պետք է բավարարեն ГОСТ Р 50923-96 ստանդարտի պահանջներին [3]։ Համաձայն ստանդարտի՝ տեսողական տեղեկատվության ընկալման աշխատանքային անկյունը հորիզոնական հարթությունում չպետք է գերազանցի ±30°-ը։

Լայն էկրանների զուգահեռ տեղադրման դեպքում պարանոցի ռոտացիան անխուսափելիորեն գերազանցում է այս սահմանը։ Որպես ինժեներական լուծում պահանջվում է մոնիտորների անկյունային տեղաբաշխում V-աձև կամ կորացված ամրակների միջոցով։ Եթե ինժեներից մինչև էկրանի կենտրոն օպտիմալ հեռավորությունը 600 մմ է (համաձայն ISO 9241-5 ստանդարտի [5]), ապա եզրային մոնիտորները պետք է թեքվեն օգտատիրոջ առանցքի նկատմամբ այնպիսի անկյունով, որ դրանց արտաքին եզրերը գտնվեն ±30° տեսադաշտի սեկտորում։ Սա ապահովում է աչքի ոսպնյակի ակոմոդացիայի հաստատուն հեռավորություն և վերացնում է պարանոցի ողերի ծանրաբեռնվածությունը։

Դ. Արտադրական վերահսկման համակարգ

Համաձայն աշխատանքի պաշտպանության ժամանակակից կառավարման համակարգերի տրամաբանության [1], կազմակերպությունում պարտադիր է ներդնել

ներքին վերահսկման համակարգ։ Այն ենթադրում է աշխատատեղերի պարբերական ատեստավորում՝ լուսավորվածության և միկրոկլիմայի չափագրումներով, ինչպես նաև անձնակազմի նպատակային բժշկական զննությունների իրականացում՝ մասնագիտական հիվանդությունների վաղ ախտորոշման համար։

6.3.Եզրակացություն

Ավարտական աշխատանքի տվյալ բաժնի շրջանակներում կատարված վերլուծությունն ու հաշվարկները ցույց տվեցին, որ ինտեգրալ սխեմաների ֆիզիկական նախագծման պրոցեսում աշխատանքի ծանրությունն ու ստատիկ-դինամիկ լարվածությունը հանդիսանում են վնասակար արտադրական գործոններ։ Հիմնվելով պետական սանիտարական նորմերի և ГОСТ/ISO ստանդարտների վրա՝ ապացուցվեց, որ աշխատանքի և հանգստի գիտականորեն հիմնավորված ռեժիմի ներդրումը, համակցված ապարատային էրգոնոմիկ լուծումների (մակրո-ստեղնաշարեր, մոնիտորների անկյունային տեղաբաշխում) հետ, թույլ է տալիս նվազեցնել շարժողական ապարատի գերբեռնվածությունը միջինը 40%-ով։ Այս միջոցառումների կիրառումը ոչ միայն երաշխավորում է կրկնվող լարվածության վնասվածքների կանխարգելումը, այլև էականորեն նվազեցնում է տեխնածին ռիսկի մակարդակը՝ բարձրացնելով աշխատանքային գործընթացի անվրեպությունը, տեխնոլոգիական արդյունավետությունը և նախագծվող համակարգերի հուսալիությունը։

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ

Այս աշխատանքում մշակվել է ծրագրային գործիք ինտեգրալ սխեմաների ֆիզիկական նախագծման տեղաբաշխման համար, որը կիրառել է Թրծման նմանակում մետաէվրիստիկ ալգորիթմը: Համակարգը նախագծված է ապահովելու տեղաբաշխման գործընթացի հաշվողական արագությունն ու մաթեմատիկական ճշտությունը՝ բացառելով բջիջների վերածածկումները, ինչը կարևոր նախապայման է միկրոէլեկտրոնիկայի արտադրության և հաջորդող ծրագծման փուլերի համար:

Իրականացված աշխատանքը և փորձարկումները ցույց տվեցին, որ նորարարական ալգորիթմական լուծումների (մասնավորապես՝ տարածական ցանցի և ինկրեմենտալ հաշվարկների) կիրառումը զգալիորեն բարելավեց տեղաբաշխման գործընթացը՝ արդյունավետորեն համատեղելով համակարգի բարձր արագագործությունն ու օպտիմալացման որակը: Արդյունքում ստացված տոպոլոգիաները ցուցաբերեցին բավարար ճշգրտություն և ապահովեցին զրոյական վերածածկում նույնիսկ խիստ խիտ դիզայններում: Ստացված արդյունքը հանդիսանում է նախագծման կանոններին լիովին բավարարող և հաջորդող ծրագծման փուլին անխափան փոխանցվող ֆիզիկական տոպոլոգիա:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Հարությունյան Ա. Գ., Գերմեծ ինտեգրալ սխեմաների ֆիզիկական նախագծման ալգորիթմներ. – 2020. – 215 էջ:
2. Kahng A. B., Lienig J., Markov I. L., Hu J., VLSI Physical Design: From Graph Partitioning to Timing Closure. – Springer, 2011. – 656 p.
3. Sherwani N. A., Algorithms for VLSI Physical Design Automation. – Kluwer Academic Publishers, 1999. – 568 p.
4. Stroustrup B., The C++ Programming Language (4th ed.). – Addison-Wesley, 2013. – 1376 p.
5. Meyers S., Effective Modern C++. – O'Reilly Media, 2014. – 334 p.
6. Williams A., C++ Concurrency in Action (2nd ed.). – Manning Publications, 2019. – 560 p.
7. Grimm R., Concurrency with Modern C++ (2nd ed.). – Leanpub, 2023. – 500 p.
8. Dey N., Cross-Platform Development with Qt 6 and Modern C++. – Packt Publishing, 2021. – 582 p.
9. Gregoire M., Professional C++ (5th ed.). – John Wiley & Sons, 2021. – 1312 p.
10. Galowicz K., C++ Software Design: Design Principles and Patterns for High-Quality Software. – O'Reilly Media, 2022. – 408 p.
11. Elfadel I. M., Boning D. S., Li X., Machine Learning in VLSI Computer-Aided Design. – Springer, 2020. – 710 p.
12. Lin Y.-C., Dhar S., Li W., Ren H., Khailany B., Pan D. Z., DREAMPlace: Deep Learning Toolkit-Enabled GPU Acceleration for Modern VLSI Placement. – IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, 2021. – 15 p.