

**ՀՀ ԳԱԱ ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱՅԻ ԵՎ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՄԱՆ ՊՐՈՔԼԵՄՆԵՐԻ
ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ**

Սաֆարյան Ներսես Աշոտի

**ԳԵՆԵՏԻԿ ԾՐԱԳՐԱՎՈՐՄԱՆ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՍԲ ԹՎԱՅԻՆ ՊԱՏԿԵՐՆԵՐՈՒՄ
ՕՐՑԵԿՏՆԵՐԻ ՀԱՅՏՆԱԲԵՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄ**

Ե.13.04 – «Հաշվողական մեքենաների, համալիրների, համակարգերի և ցանցերի մաթեմատիկական և ծրագրային ապահովում» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Դ

Երևան – 2016

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ИНФОРМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ НАН РА

Сафарян Нерсес Ашотович

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности

05.13.04 «Математическое и программное обеспечение математических машин,
комплексов, систем и сетей»

Ереван - 2016

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում

Գիտական ղեկավար՝ Ֆիզ.մաթ.գիտ.դոկտոր Հ.Գ.Սարուխանյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ Ֆիզ.մաթ.գիտ.դոկտոր Հ.Բ.Մարանջյան
տեխ.գիտ.թեկնածու Մ.Ղ.Գյուրջյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ Երևանի կապի միջոցների
գիտահետազոտական ինստիտուտ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2016թ. նոյեմբերի 18-ին, ժ. 17:00-ին ՀՀ ԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման պրոբլեմների ինստիտուտում գործող 037 «Ինֆորմատիկա» մասնագիտական խորհրդի նիստում հետևյալ հասցեով՝ Երևան, 0014, Պ. Սևակի 1:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ ԻԱՊԻ գրադարանում: Սեղմագիրը առաքված է 2016թ. Հոկտեմբերի 18-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական
քարտուղար, ֆ.մ.գ.դ.



Հ. Գ. Սարուխանյան

Тема диссертации утверждена в Национальном политехническом университете Армении

Научный руководитель: доктор физ.мат.наук А. Г. Саруханян

Официальные оппоненты: доктор физ.мат.наук Г.Б.Маранджян
кандидат тех.наук М.К.Гюрджян

Ведущая организация: Ереванский научно-исследовательский
институт средств связи

Защита состоится 18-ого ноября 2016г. в 17:00 на заседании специализированного совета 037 «Информатика» Института проблем информатики и автоматизации НАН РА по адресу: 0014, г. Ереван, ул. П. Севака 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИПИА НАН РА.

Автореферат разослан 18-ого октября 2016г.

Ученый секретарь специализированного совета,
доктор физ.-мат.наук



А. Г. Саруханян

Թեմայի արդիականությունը

Թվային պատկերներում օբյեկտների ճանաչումը լայն կիրառություն ունի բազմաթիվ բնագավառներում (թիրախների ճանաչման, տեսաշարերի մշակման և այլն): Այն լայնորեն կիրառվում է նաև ռազմական նպատակներով: Կիրառման օրինակներ են՝ դաշտում գտնվող օբյեկտի տարբերակումը շրջակայքից, ծովում գտնվող նավի ճանաչումը, ավիավթարից տուժած ինքնաթիռի բեկորների հայտնաբերումն ու ճանաչումը և այլն: Պատկերներում օբյեկտների ճանաչման թվարկված կիրառություններում նպատակահարմար է օգտագործել արհեստական ռադիոտեղորոշման բացվածքի (ԱՌԲ) (Synthetic Aperture Radar (SAR))¹ նկարահանված պատկերներ, քանի որ նման պատկերները կախված չեն լուսավորվածությունից և եղանակային պայմաններից: Ռադիոլուկացիոն պատկերներ ստանալու համար, ԱՌԲ-ն ռադիոալիքները իմպուլսներով ցրում է ալիքները և յուրաքանչյուր իմպուլսի անդրադարձը ձայնագրում: Ռադիոլուկացիոն պատկերները *մոխրագույն* (grey scale) պատկերներ են: Յուրաքանչյուր փիքսելի ինտենսիվությունը համապատասխանեցվում է տվյալ տարածքից անդրադարձած ռադիոալիքների համամասնությանը (proportion)²: Թվային պատկերներում օբյեկտների ճանաչման խնդրի լուծման համար մշակվել են բազմաթիվ մեթոդներ: Այդ մեթոդների թվին է պատկանում նաև գենետիկ ծրագրավորմամբ (ԳԾ) օբյեկտների հայտնաբերման և ճանաչման մեթոդը: Նշենք, որ գենետիկ ծրագրավորումը իրենից ներկայացնում է էվոլյուցիոն հաշվարկային մեթոդների համախումբ, որը լայն կիրառություն ունի նաև ինժեներական, ազդանշանների և պատկերների մշակման և այլ բնագավառներում:

Ատենախոսության նպատակն է գենետիկ ծրագրավորման կիրառմամբ ռադիոլուկացիոն պատկերներում օբյեկտների հայտնաբերման և ճանաչման արդյունավետ մեթոդների ու ալգորիթմների մշակումը և դրանց հիման վրա ծրագրային համակարգերի ստեղծումը: Այդ նպատակով լուծվել են հետևյալ խնդիրները՝ մշակվել է գենետիկ ծրագրավորման օգտագործմամբ պատկերների ֆիլտրման մեթոդներ և կատարվել են նրանց ծրագրային իրականացումները, ինչպես նաև օբյեկտների հայտնաբերման և ճանաչման ալգորիթմների մշակումը և իրականացումը:

¹ L. J. Cutrona: "Synthetic Aperture Radar": Chapter 23 (25 pp) of the McGraw Hill "Radar Handbook", 1970.

² Конникова В.К., Лехт Е.Е., Силантьев Н.А. Практическая радиоастрономия. — М.: Издательство МГУ, 2011. — 304 с.

Հետազոտության մեթոդները: Ուսումնասիրությունները հիմնվել են օբյեկտների հայտնաբերման և ճանաչման խնդրին առնչվող թվային պատկերների մշակման մեթոդների վրա (գենետիկ ալգորիթմ, գենետիկ ծրագրավորում, նեյրոնային ցանցեր, տարատեսակ գոիչներ, դասակարգողներ, սեզմենտացիայի մեթոդներ և այլն):

Գիտական նորությունը

- Մշակված է գենետիկ ծրագրավորման կիրառմամբ, ռադիոլոկացիոն պատկերներում օբյեկտների հայտնաբերման և ճանաչման մեթոդ, որն անկախ է ռադիոլոկացիոն սարքի պարամետրերից:
- Մշակված է օբյեկտների ճանաչման մեթոդ, որի դեպքում ճանաչվող օբյեկտների դասերի քանակի աճը չի բերում այդ դասերին պատկանող օբյեկտների ճանաչման արդյունավետության նվազմանը:
- Մշակված է ռադիոլոկացիոն պատկերներում օբյեկտների հայտնաբերման և ճանաչման նոր և արդյունավետ ծրագրային համակարգ:

Արդյունքների կիրառական նշանակությունը և ներդրումները

Մշակված ծրագրային համակարգը կարելի է օգտագործել տարբեր ոլորտներում՝ թվային պատկերներում օբյեկտների ճանաչման խնդրի լուծման նպատակով: Համակարգը կարող է կիրառվել նաև գենետիկ ծրագրավորման և օբյեկտների ճանաչման բնագավառներում տարաբնույթ փորձեր իրականացնելու համար: Ծրագրային համակարգը կարելի է օգտագործել այնպիսի կիրառական ասպարեզներում, ինչպիսին տարածքների հետազոտման և ռազմական ոլորտներն են: Այս ոլորտներում դիտարկվող տեղանքից ստացված պատկերների հետազոտման անհրաժեշտություն կա, ընդ որում տեղանքի պատկերները հիմնականում ռադիոլոկացիոն պատկերներ են: Մշակված ծրագրային համակարգը հնարավորություն է ընձեռում ճանաչել ռադիոլոկացիոն պատկերները:

Օբյեկտների հայտնաբերման և ճանաչման ծրագրային համակարգը ներդրվել է ՀՀ ԳԱԱ ԻԱՊԻ Տեղեկատվական և հեռահաղորդակցական տեխնոլոգիաների նորարարության գործարարական կենտրոնում:

Պաշտպանության ներկայացվող դրույթները

- Ռադիոլոկացիոն սարքի բնութագրերից անկախ, գենետիկ ծրագրավորման կիրառմամբ, պատկերներում օբյեկտների հայտնաբերման և ճանաչման մեթոդը:
- Թվային պատկերներում օբյեկտների ճանաչման ալգորիթմը, որի դեպքում ճանաչվող օբյեկտների դասերի քանակի աճը չի բերում այդ դասերին պատկանող օբյեկտների ճանաչման արդյունավետության նվազմանը:
- Ռադիոլոկացիոն պատկերներում օբյեկտների հայտնաբերման և ճանաչման ծրագրային համակարգը:

Աշխատանքի արդյունքների հավաստիությունը հիմնավորվում է մշակված ծրագրային համակարգի կիրառմամբ ստացված մի շարք փորձնական արդյունքներով:

Աշխատանքի արդյունքների ապրոքացիան. Աշխատանքի հիմնական արդյունքները գեկուցվել են՝ ՀԱՊՀ տարեկան գիտաժողովներում (2008-2009թթ.), ՀԱՊՀ-ի հիմնադրման 75-ամյակին նվիրված ուսանողական հոբելյանական գիտաժողովում, 8-րդ տեղեկատվական տեխնոլոգիական միջազգային համաժողովում, CSIT-11, Երևան:

Հրատարակումներ

Աշխատանքի հիմնական արդյունքները ներկայացված են 7 գիտական հոդվածներում, որոնց ցանկը բերված է սեղմագրի վերջում:

Աշխատանքի կառուցվածքը և ծավալը

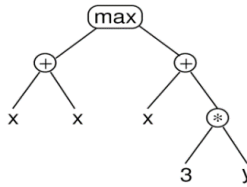
Աշխատանքը բաղկացած է ներածությունից, 4 գլխից, եզրահանգումից, օգտագործված գրականության ցանկից: Աշխատանքի ծավալը կազմում է 138 էջ:

Աշխատանքի բովանդակությունը

Աշխատանքի առաջաբանում հիմնավորված է թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված են նպատակներն ու խնդիրները, ինչպես նաև պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները: Նշված են ստացված արդյունքների գիտական նորույթները:

Առաջին գլուխը նվիրված է գենետիկ ծրագրավորման մեթոդի քննարկմանը: 1.1 պարագրաֆում բերված են գենետիկ ծրագրավորման որոշ հայտնի կիրառություններ: Պարագրաֆ 1.2-ում համառոտ նկարագրված են գենետիկ ալգորիթմը և գենետիկ ծրագրավորումը: Դիտարկված են նրանց ընդհանրություններն ու տարբերությունները և կատարված է նրանց համեմատական վերլուծություն: Սույն պարագրաֆում դիտարկված են նաև փնտրման մի քանի մեթոդներ (ուղղորդված գրաֆի գագաթների շրջանցումը, բիմ փնտրումը, լայնակի և խորությամբ փնտրումները, էվրիստիկ փնտրումը), ինչպես նաև նկարագրված է էվրիստիկ փնտրման կիրառությունը գենետիկ ծրագրավորման մեջ: Էվրիստիկ փնտրման դեպքում հնարավոր է դառնում հասնել նախապես անհայտ նպատակի, քանի որ կարող ենք ասել *հասել ենք նպատակին*, եթե էվրիստիկ փնտրման ֆունկցիան հասնի ցանկալի արդյունքի: Գենետիկ ծրագրավորման մեջ ֆիտնեսը հանդիսանում է էվրիստիկ ֆունկցիա: Պարագրաֆ 1.3-ում ավելի հանգամանակից դիտարկվում է գենետիկ ծրագրավորումը: Այն հիմնված է կենսաբանական էվոլյուցիայի գաղափարի վրա: Գենետիկ ծրագրավորման մեջ նախապես սահմանված առաջադրանքն իրականացնող քումփյուլթերային ծրագրերը

կոչվում են *անհատներ*³, անհատների բազմությունը՝ *պոպուլյացիա*³, իսկ գենետիկ ծրագրավորման տվյալ փուլի անհատների բազմությունը՝ *սերունդ*³: Գենետիկ ծրագրավորման մեջ անհատները (քոմպիլոթերային ծրագրերը) հաճախ ներկայացվում են ծառերի տեսքով: Օրինակ՝ $\max(x + x, x + 3 * y)$ ծրագիրը ծառի տեսքով ներկայացված է Նկար. 1-ում:



Նկար. 1. $\max(x+x, x+3*y)$ ծրագրի ծառի տեսքով ներկայացումը:

Այս ծրագրում փոփոխականները և հաստատունները (x , y և 3) հանդիսանում են ծառի տերմիններ: Գենետիկ ծրագրավորման մեջ դրանք կոչվում են *տերմինալներ*: Մաթեմատիկական գործողությունները ներքին հանգույցներն են, որոնք կոչվում են ֆունկցիաներ (օպերատորներ): *Տերմինալներն* ու *օպերատորները* միասին կոչվում են գենետիկ ծրագրավորման *պրիմիտիվներ*: Գենետիկ ծրագրավորումը աշխատանքը սկսում է սկզբնական սերնդի գեներացումով: 1.3 պարագրաֆում բերված են գենետիկ ծրագրավորման սկզբնական սերունդ գեներացնող 3 մեթոդներ՝ ամբողջական, աճման և խառը:

- *Ամբողջական* ալգորիթմի դեպքում անհատ (ծառ) գեներացնելու համար սկսած ծառի արմատից յուրաքանչյուր պատահական հանգույց ընտրվում է **ֆունկցիաների** բազմությունից մինչ նախապես սահմանված ծառի խորությանը հասնելը: Ծառի խորության հանգույցները ընտրվում են տերմինալների բազմությունից:
- *Աճման* ալգորիթմի դեպքում անհատ (ծառ) գեներացնելու համար սկսած ծառի արմատից յուրաքանչյուր պատահական հանգույց ընտրվում է **ֆունկցիաների կամ տերմինալների** բազմությունից մինչ նախապես սահմանված ծառի խորությանը հասնելը: Ծառի խորության հասնելու դեպքում հանգույցները ընտրվում են միայն տերմինալների բազմությունից:
- *Խառը* ալգորիթմի դեպքում սկզբնական սերնդի անհատների կեսը ստացվում են ամբողջական, իսկ մյուս կեսը՝ աճման մեթոդներով:

Գենետիկ ծրագրավորումը անհատների *գարգացման* ընթացքում կիրառում է 3 գործողություններ՝ *ընտրում*, *խաչասերում* և *մուտացիա*:

3 Daniel Howard and Simon C. Roberts and Richard Brankin. Evolution of Ship Detectors for Satellite SAR Imagery. Genetic Programming, Proceedings of EuroGP'99, volume 1598, pages 135-148, Goteborg, Sweden, 1999.

- Ընտրում գործողությունը կիրառվում է սերնդից անհատ ընտրելու նպատակով: 1.3 պարագրաֆում նկարագրված են ընտրման մի քանի եղանակներ՝ *մրցակցային ընտրում, ֆիտնեսային չափաբաժնային ընտրում, վիճակագրական համընդհանուր ընտրում:*
- Խաչասերում գործողությունը կիրառվում է ընտրված երկու անհատների վրա, երկու նոր անհատ (ժառանգ) ստանալու նպատակով: 1.3 պարագրաֆում նկարագրված են խաչասերում գործողության մի քանի եղանակներ՝ *ենթաձառային խաչասերում, միակետ խաչասերում, միանման խաչասերում:*
- Մուտացիա գործողությունը կիրառվում է ընտրված անհատի վրա՝ փոփոխելով այն: 1.3 պարագրաֆում նկարագրված են մուտացիա գործողության մի քանի եղանակներ՝ *ենթաձառային մուտացիա, կետային մուտացիա* և այլն:

Գենետիկ ծրագրավորման անհատները գնահատելու համար կիրառվում են ֆիտնես ֆունկցիաներ: Քանի որ գենետիկ ծրագրավորման անհատները ծրագրերն են, ապա նրանց ֆիտնեսը հաշվելու համար պետք է անհատները աշխատացվեն: 1.3 պարագրաֆում բերված են նաև գենետիկ ծրագրավորման աշխատանքը կառավարելու համար օգտագործվող պարամետրերը, որոնք են՝ սերնդի չափը, սերունդների քանակը, սկզբնական սերնդի անհատների խորությունը, խաչասերման գործակիցը, մուտացիայի գործակիցը և ֆիտնեսի շեմային արժեքը:

Երկրորդ գլուխը նվիրված է թվային պատկերներում գենետիկ ծրագրավորման կիրառմամբ օբյեկտների հայտնաբերման և ճանաչման մեթոդների վերլուծությանը: 2.1 պարագրաֆում դիտարկվում է ինֆրակարմիր պատկերներում թրթուրավոր և անվավոր տրանսպորտային միջոցները աղմուկից կամ այլ օբյեկտներից տարբերակելու մեթոդը: Տրանսպորտային միջոցների տարբերակումը դիտարկվել է որպես *թիրախ* և *ոչ թիրախ* դասակարգում: Այս խնդրում գենետիկ ծրագրավորումը կիրառվել է պատկերները մշակելու և նրանցից առանձնահատկություններ առանձնացնելու համար: Այնուհետև այդ առանձնահատկությունները օգտագործվել են *թիրախ* և *ոչ թիրախ* դասակարգումն իրականացնելու համար: Պարագրաֆում բերված են նաև այս մեթոդով իրականացված ծրագրային համակարգով կատարված փորձերի արդյունքների համեմատություններ երկու այլ մեթոդներով (նեյրոնային ցանց և բինար որոշման ծառ դասակարգող) իրականացված ծրագրային համակարգերի փորձնական արդյունքների հետ: Վերոհիշյալ մեթոդներով փորձերն իրականացնելու համար օգտագործվել է պատկերների նույն բազան: 2.2 պարագրաֆում քննարկվում են գենետիկ ծրագրավորման կիրառությունը նախապես սահմանված քանակի դասերին պատկանող օբյեկտների հայտնաբերման մեթոդները: Այս խնդրի լուծման համար գենետիկ ծրագրավորման միջոցով գեներացվել և կիրառվել են քոմփյուտերային ծրագրեր՝ ԳՕ-ի անհատներ: Յուրաքանչյուր գեներացված ծրագիր վերադարձնում է 1-ից փոքր թիվ, որը ցույց է տալիս թե հետաքրքրության սովյալ օբյեկտը որ դասին է պատկանում: Այդ նպատակին կարելի է հասնել նախապես որոշելով n հատ T լայնության միջակայքեր, և, եթե ծրագրի վերադարձրած արժեքը պատկանում է i -րդ միջակայքին, ապա այն համարվում է i -րդ

դասին պատկանող փիքսել (կետ): 2.3 պարագրաֆում դիտարկվում է կոնվոլուցիոն գենետիկ ծրագրավորմամբ բաղադրյալ առանձնահատկությունների ստացումը և օբյեկտների ճանաչումը: Բաղադրյալ առանձնահատկություններ ստանալու համար, կոնվոլուցիոն գենետիկ ծրագրավորումը գեներացնում է օպերատորների (գենետիկ ծրագրավորման անհատների) զանգված, որոնք պատկերից տարանջատում են բաղադրյալ առանձնահատկություններ: Վերջիններս տրվում են դասակարգողին օբյեկտների ճանաչումն իրականացնելու համար:

Երրորդ գլուխը նվիրված է գենետիկ ծրագրավորմամբ թվային պատկերներում օբյեկտների հայտնաբերման և ճանաչման խնդրին: Նկարագրված են մեր խնդրում կիրառված գենետիկ ծրագրավորման երկու ալգորիթմներ՝ *կայուն վիճակի* (steady-state) և *սերնդային* (generational)⁴ ալգորիթմները: Նկարագրված են նշված ալգորիթմների կողմից մեր խնդրում կիրառվող գենետիկ ծրագրավորման պրիմիտիվները, գործողությունները, ֆիտնես ֆունկցիան: Ինչպես նաև նկարագրված է այս երկու ալգորիթմների վրա հիմնված ծրագրային համակարգի մշակման փուլերը: 3.1 պարագրաֆում բերված է թվային պատկերներում օբյեկտների հայտնաբերման և ճանաչման ընդհանրական նկարագրությունը: Հայտնաբերման փուլի հիմնական խնդիրն է գտնել և առանձնացնել պատկերի այն հատվածը, որն ընդգրկում է հետաքրքրության օբյեկտը: Առանձնացված տարածքը կոչվում է հետաքրքրությունների տիրույթ (ZS – Region of Interest): Ճանաչման փուլում հետազոտվում է ZS-ը և պարզվում օբյեկտի տեսակը: 3.2 պարագրաֆում տրվում է թվային պատկերում օբյեկտների հայտնաբերման և ճանաչման խնդրում գենետիկ ծրագրավորման կիրառության հիմնավորումը: Այս խնդիրը լուծելու համար անհրաժեշտ է պատկերից առանձնացնել տարրական առանձնահատկություններ և դրանց բազմությունից ընտրել որևէ ենթաբազմություն, որն արդյունավետ կլինի այդ օբյեկտի ճանաչման համար: Քանի որ տարրական առանձնահատկությունները բազմազան են ու նրանցով կազմված կոմբինացիաները գրեթե անսահմանափակ, ապա այդ բազմությունից ցանկալի ենթաբազմություն ընտրելը շատ ժամանակատար է: Այդ նպատակով էլ օգտագործում ենք ԳԾ մեթոդը: Այն հնարավորություն է տալիս դիտարկելով ոչ բոլոր հնարավոր կոմբինացիաները գտնել որևէ ենթաբազմություն, որը կբավարարի նախապես սահմանված պայմաններին: Օբյեկտների հայտնաբերման և ճանաչման խնդրում ԳԾ-ը կիրառելիս նրա անհատներն են հանդիսանում բաղադրյալ օպերատորները, որոնք կազմված են տարրական օպերատորներից և պատկերներից (գենետիկ ծրագրավորման տերմինալները): 3.3 պարագրաֆում նկարագրված են մեր խնդրում կիրառված 16 տարրական պատկերները՝ սկզբնական, միջին, շեղված, մաքսիմում, մինիմում և մեղիան պատկերներ (տես՝ Աղյուսակ 1) և 17 տարրական օպերատորները (տես՝ Աղյուսակ 2):

⁴ Yingqiang Lin and Bir Bhanu. Learning Features for Object Recognition, Center for Research in Intelligent Systems University of California, Riverside, CA, 92521, USA.

Որպես օրինակ դիտարկենք միջին պատկերի ստացումը: Սկզբնական պատկերի մատրիցի վրայով անցկացվում է 3×3 չափանի պատուհան, հաշվվում է պատկերի այն մասի փիքսելների միջին թվաբանական արժեքը, որը ծածկված է այդ պատուհանով և արդյունքը տեղադրում է նոր գեներացվող պատկերի այն դիրքում, որտեղ գտնվում էր սկզբնական պատկերի պատուհանով ծածկված տարածքի մեջտեղի կետը (տես՝ Նկար 5):

Աղյուսակ 1. Աշխատանքում օգտագործված 16 տարրական պատկերները:

No.	Պատկեր	Մեկնաբանություն	No.	Պատկեր	Մեկնաբանություն
0	PFIM0	Սկզբնական պատկեր	8	PFIM8	5×5 մաքսիմում պատկեր
1	PFIM1	3×3 միջին պատկեր	9	PFIM9	7×7 մաքսիմում պատկեր
2	PFIM2	5×5 միջին պատկեր	10	PFIM10	3×3 մինիմում պատկեր
3	PFIM3	7×7 միջին պատկեր	12	PFIM11	5×5 մինիմում պատկեր
4	PFIM4	3×3 շեղված պատկեր	13	PFIM12	7×7 մինիմում պատկեր
5	PFIM5	5×5 շեղված պատկեր	14	PFIM13	3×3 մեդիան պատկեր
6	PFIM6	7×7 շեղված պատկեր	15	PFIM14	5×5 մեդիան պատկեր
7	PFIM7	3×3 մաքսիմում պատկեր	16	PFIM15	7×7 մեդիան պատկեր

Տարրական օպերատորները ֆունկցիաներ են, որոնք որպես արգումենտ ստանում են մեկ կամ երկու պատկերներ, իրականացնում են որոշակի գործողություններ այդ պատկերների վրա և արդյունքը պահում են էլքային պատկերում (տես՝ Աղյուսակ 2), որտեղ A և B-ն որոշակի չափ ունեցող մուտքային պատկերներ են: C-ն ամբողջ թիվ է, որը ընդունում է $[-20 \dots 20]$ արժեքներ:



Նկար 5. 3×3 պատուհանով միջին պատկերի ստացման սխեման:

Աղյուսակ 2. 17 տարրական օպերատորները:

Հ.հ.	Օպերատոր	Նկարագրությունը
1	$ADD(A, B)$	A և B տարրական պատկերների գումարը
2	$SUB(A, B)$	A և B պատկերների տարբերությունը
3	$MUL(A, B)$	A և B պատկերների արտադրյալը
4	$DIV(A, B)$	A և B պատկերների հարաբերությունը (եթե B-ն ունի 0 արժեքով փիքսել, այն փոխարինվում է A-ի մաքսիմալ

5	$MAX2(A, B)$	Նոր պատկերի փիքսելին վերագրվում է A և B-ի համապատասխան փիքսելների մեծագույն արժեքը
6	$MIN2(A, B)$	Նոր պատկերի փիքսելին վերագրվում է A և B-ի համապատասխան փիքսելների նվազագույն արժեքը
7	$ADDCA$	Յուրաքանչյուր փիքսելին գումարվում է c թիվը
8	$SUBCA$	Յուրաքանչյուր փիքսելից հանվում է c թիվը
9	$MULCA$	Յուրաքանչյուր փիքսելը բազմապատկվում է c թվով
10	$DIVCA$	Յուրաքանչյուր փիքսելը բաժանվում է c թվի վրա
11	$SQRTA$	$v \geq 0$ արժեքով ցանկացած փիքսել փոխարինվում է \sqrt{v} -ով, հակառակ դեպքում՝ $-\sqrt{-v}$ -ով
12	$LOG(A)$	Եթե փիքսելի արժեքը 0 է, այն թողնվում է անփոփոխ; եթե $v > 0$ փիքսելը փոխարինվում է $\ln(v)$ -ով, հակառակ դեպքում՝ $-\ln(-v)$
13	$MAX(A)$	Պիքսելի արժեքը փոխարինվում է 3×3 , 5×5 կամ 7×7 հարևանների մաքսիմալ փիքսելի արժեքով
14	$MIN(A)$	Պիքսելի արժեքը փոխարինվում է 3×3 , 5×5 կամ 7×7 հարևանների մինիմալ փիքսելի արժեքով
15	$MEDIA$	Փիքսելի արժեքը փոխարինվում է 3×3 , 5×5 կամ 7×7 հարևանների մեդիան փիքսելի արժեքով
16	$MEANA$	Փիքսելի արժեքը փոխարինվում է 3×3 , 5×5 կամ 7×7 հարևանների միջին փիքսելի արժեքով
17	$STDV(A)$	Փիքսելի արժեքը փոխարինվում է 3×3 , 5×5 կամ 7×7 հարևանների միջին քառակուսային արժեքով

3.4 պարագրաֆում նկարագրված են աշխատանքում օգտագործված ֆիտնես ֆունկցիան և գենետիկ ծրագրավորման պարամետրերը: Անհատները գնահատելու նպատակով կիրառվող ֆիտնես ֆունկցիան բերված է արտահայտություն (1)-ում,

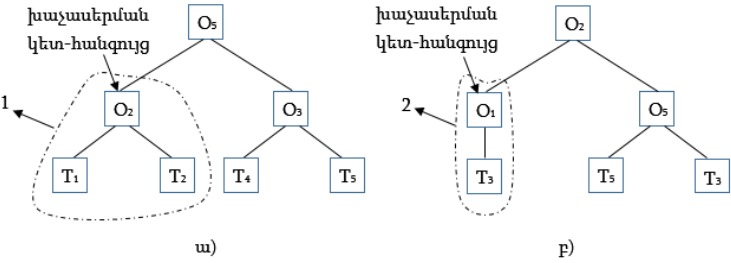
$$fitness(G, G') = \frac{n(G \cap G')}{n(G \cup G')}, \quad (1)$$

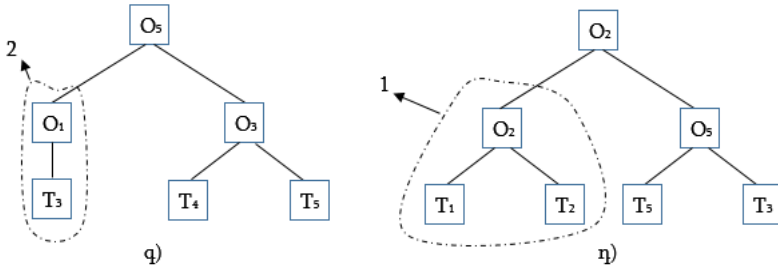
որտեղ $n(X)$ -ը X պատկերի փիքսելների քանակն է, G -ն սկզբնական պատկերի վրա բաղադրյալ օպերատորի կիրառման արդյունքն է, G' -ը օբյեկտի սպասվող Ground Truth⁵

⁵ Bir Bhanu, Yingqiang Lin, and Krzysztof Krawiec, Automatic Design AND Synthesis OF Automatic Target Recognition (ATR) Systems Using Learning Paradigms, University of California Bourns College of Engineering Center for Research in Intelligent Systems, Final Report for 23 October 1999 – 22 October 2003.

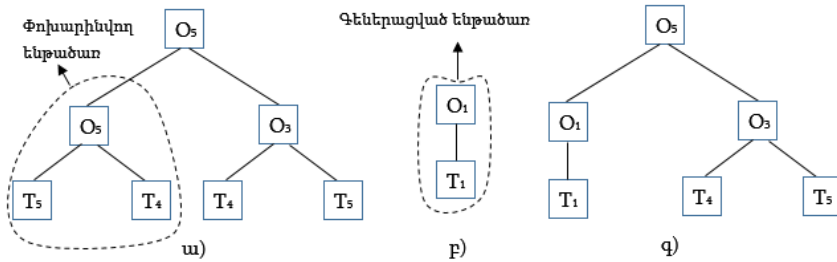
պատկերն է, որն ուսուցման փուլում ստացվում է “ձեռքով”, $n(G \cap G)$ -ը երկու պատկերների համադրման արդյունքում համընկնող փիքսելների քանակն է, $n(G \cup G)$ -ը՝ պատկերների ընդհանուր փիքսելների քանակն է: Աշխատանքում կիրառվել են գենետիկ ծրագրավորման հետևյալ պարամետրերը՝ *սերնդում անհատների քանակը, սերունդների քանակը, անհատի մաքսիմալ խորությունը, խաչասերման գործակիցը, մուտացիայի գործակիցը* և *ֆիտնեսի շեմային արժեքը*: 3.5 պարագրաֆում նկարագրված են օգտագործված գենետիկ ծրագրավորման գործողությունները: **Ընտրումը** կիրառում ենք սերնդից անհատ ընտրելու համար: Աշխատանքում իրականացված է մրցակցային ընտրման ալգորիթմը, որի դեպքում որքան մեծ է անհատի ֆիտնեսը այնքան հավանական է, որ այն կընտրվի: **Խաչասերում** գործողությունը կիրառվում է ընտրված երկու անհատների վրա, որոնք ընտրվում են մրցակցային ընտրման արդյունքում: Ընտրված երկու բաղադրյալ օպերատորները կոչվում են ծնողներ: Ծնող օպերատորներից յուրաքանչյուրում պատահականորեն ընտրվում են ներքին հանգույցներ (խաչասերման կետեր) և ծնողների միջև տեղերով փոխվում են այն ենթաձառերը, որոնք սկսվում են ընտրված հանգույցներից (տես՝ Նկ.6ա,բ): Արդյունքում ստացվում են երկու նոր բաղադրյալ օպերատորներ, որոնք կոչվում են ժառանգներ (տես՝ Նկ.6գ,դ): **Մուտացիա** գործողությունը կիրառվում է անհատի վրա՝ ձևափոխելով այն: Աշխատանքում իրականացված են 3 տիպի մուտացիաներ:

- 1) Առաջին տիպի մուտացիայի դեպքում ընտրված անհատում պատահականորեն ընտրվում է ենթաձառ և այդ ենթաձառը փոխարինվում է մեկ ուրիշ պատահականորեն գեներացված ենթաձառով (տես՝ Նկ. 7):
- 2) Երկրորդ տիպի մուտացիայի դեպքում անհատում պատահականորեն ընտրվում է մեկ հանգույց և այն փոխարինվում է մեկ այլ համարժեք հանգույցով (տարրական պատկերով կամ տարրական օպերատորով):
- 3) Երրորդ տիպի մուտացիայի դեպքում անհատում պատահականորեն ընտրվում են ենթաձառեր և տեղերով փոխվում են: Նշենք, որ նրանցից ոչ մեկը չի կարող լինել մյուսի ենթաձառը:





Սկար 6. Խաչասերում գործողությունը: **ա) և բ)** խաչասերման համար ընտրված անհատներ են, **գ) և զ)** խաչասերումից ստացված ժառանգներն են:



Սկար 7. ա) Անհատ; բ) Պատահականորեն գեներացրած ենթածառ; գ) Մուտացիայից հետո:

3.6 պարագրաֆում նկարագրված են գենետիկ ծրագրավորման *կայուն վիճակի* (steady-state) և *սերնդային* (generational) ալգորիթմները: Ավելի մանրամասը դիտարկենք *սերնդային ալգորիթմը*: Գենետիկ ծրագրավորման **Սերնդային** ալգորիթմի աշխատանքը սկսվում է սկզբնական սերնդի գեներացմամբ: Այնուհետ, կախված ֆիտնեսային արժեքներից խաչասերում իրականացնելու նպատակով ընտրվում են երկու ծնող բաղադրյալ օպերատոր և նրանց վրա կիրառվում է խաչասերում գործողությունը: Գործողությունը շարունակվում է մինչ խաչասերման գործակցի բավարարումը: Այնուհետ, ընթացիկ սերնդից ընտրվում են այնքան բաղադրյալ օպերատորներ, որ ընտրվածների և խաչասերումից ստացված ժառանգների ընդհանուր քանակը չգերազանցի սերնդի անհատների քանակին: Հոտո իրականացվում է մուտացիա գործողությունը մինչ մուտացիայի գործակցի բավարարումը: Հաջորդ քայլում գնահատվում են ստացված սերնդի անհատները: Սերնդային ալգորիթմի համառոտ նկարագրությունը բերված է ստորև.

1. Սկզբնական սերունդ գեներացնող խառը ալգորիթմով գեներացնել M անդամ ունեցող բաղադրյալ օպերատորների P բազմությունը և գնահատել նրա յուրաքանչյուր անհատը:

2. for $gen = 1$ to N // N -ը սերունդների քանակն է;

3. պահել P-ում լավագույն բաղադրյալ օպերատորը;
4. P-ի անհատների վրա իրականացնել խաչասերում մինչ խաչասերման գործակցի բավարարումը և ստացված ժառանգները պահել առանձին վեկտորում;
5. Կիրառել մուտացիա P-ի և խաչասերումից ստացված բոլոր ժառանգների վրա, մինչ մուտացիայի գործակցի բավարարումը;
6. P-ից կատարել անհատների ընտրում, ընդ որում ընտրված անհատների քանակը պետք է լինի M-ից այնքան պակաս, որքան ժառանգ ստացվել էր խաչասերումից;
7. Խաչասերումից ստացված ժառանգները համախմբել P-ից ընտրված բաղադրյալ օպերատորների հետ, որպեսզի ստանանք M անդամ ունեցող հաջորդ P' սերունդը;
8. Գնահատել P' սերնդի բաղադրյալ օպերատորները;
9. P'-ի վատագույն բաղադրյալ օպերատորը փոխարինել P-ի լավագույն բաղադրյալ օպերատորով և նախորդ սերնդին վերագրել հաջորդ սերունդը՝ $P = P'$.
10. Եթե P-ի լավագույն բաղադրյալ օպերատորի ֆիտնեսային արժեքը մեծ է շեմային արժեքից, ապա կատարել անցում 11 քայլին;

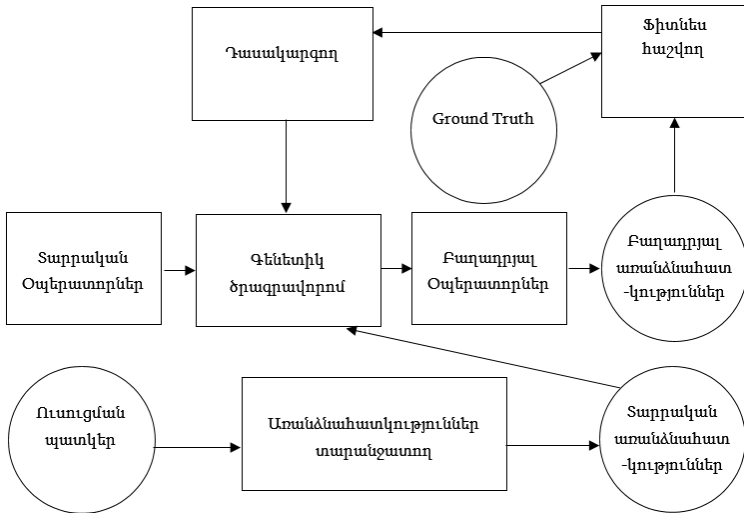
11. *Stop. Endfor*

3.7 պարագրաֆում նկարագրված է մշակված ծրագրային համակարգը, որը բաղկացած է երկու հիմնական՝ ուսուցման և ճանաչման բաղադրիչներից (տես՝ Նկար 8 և 9-ը):

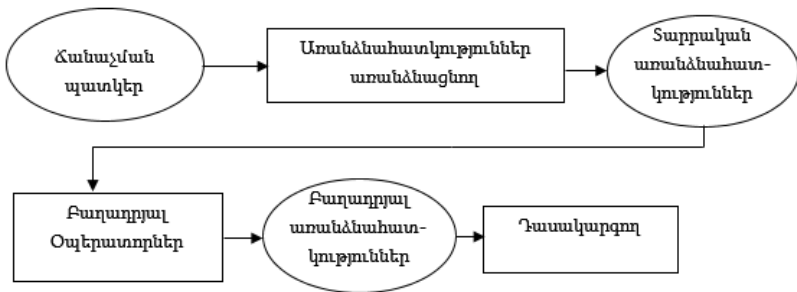
Ուսուցման մոդուլի բլոկ-սխեմայում ուսուցման պատկեր բլոկը բնութագրում է մուտքային պատկերները: Համակարգը պետք է ուսուցանվի այդ պատկերներում գտնվող օբյեկտների տիպերի ճանաչման համար: *Առանձնահատկություններ տարանջատող* բլոկում հանդես են գալիս տասնվեց տարրական առանձնահատկություններով պատկերները, որոնք բերված են Ադյուսակ 1-ում: *Տարրական օպերատորների* բլոկում՝ 17 տարրական օպերատորներն են, որոնք բերված են Ադյուսակ 2-ում: *Գենետիկ ծրագրավորման* բլոկում հանդես են գալիս գենետիկ ծրագրավորման վերը նշված երկու ալգորիթմները՝ կայուն վիճակի և սերնդային: *Բաղադրյալ օպերատոր* բլոկը բնութագրում է գենետիկ ծրագրավորման աշխատանքի արդյունքում գեներացված բաղադրյալ օպերատորները: *Ֆիտնես հաշվարկող* բլոկը, համընկման ֆունկցիան է, որն օգտագործելով Ground Truth պատկերը և բաղադրյալ առանձնահատկությունները գնահատում է բաղադրյալ օպերատորները: *Դասակարգման բլոկում* որոշվում է, թե բավարար է արդյոք գենետիկ ծրագրավորման աշխատանքի արդյունքում գեներացված բաղադրյալ օպերատորը, ուսուցման պատկերում գտնվող օբյեկտը ճանաչելու համար:

Ճանաչման մոդուլի բլոկ-սխեմայում ճանաչման *պատկեր* բլոկը բնութագրում է համակարգին տրվող ճանաչման պատկերները: *Դասակարգման բլոկում*

իրականացվում է ճանաչում: Ծրագրային համակարգը ռադիոլոկացիոն պատկերներում գտնվող օբյեկտները ճանաչում է ըստ դասերի: Այսինքն՝ նախապես օբյեկտները դասակարգվում են, այնուհետև, տվյալ օբյեկտը ճանաչելու համար, համակարգը պետք է պարզի տվյալ օբյեկտի պատկանելիությունը այս կամ այն դասին: Համակարգում դասը բնութագրվում է երկու բաղադրիչներով՝ բաղադրյալ օպերատորով և պատկերների բազմությունով (թեմփլեյթ պատկերներ): Բաղադրյալ օպերատորը գեներացվում է դասի մեկ ներկայացուցիչ միջոցով: Օրինակ, *տանկը դաշտում* դասի համար բաղադրյալ օպերատոր գեներացնելու նպատակով կարող ենք օգտագործել Նկար 10-ում բերված պատկերը:



Նկար 8. Համակարգի ուսուցման մոդուլի բլոկ-սխեման:



Նկար 9. Համակարգի ճանաչման մոդուլի բլոկ-սխեման:

Նկար 10-ում բերված պատկերից ծրագիրը ստանում է տարրական պատկերները (տես՝ Աղյուսակ 1), այնուհետև աշխատացնելով գենետիկ ծրագրավորման ալգորիթմը, ստանում ենք նախապես սահմանված ֆիտների շեմային արժեքին բավարարող անհատ (բաղադրյալ օպերատոր): Բարձրից նկարահանված պատկերներում օբյեկտների տեսքը կախված է այն անկման անկյունից, որից կատարվել է նկարահանումը, և պատկերում օբյեկտի թեքության անկյունից:



Նկար 10. 15° անկման անկյան տակ նկարահանված տանկի ռադիոլոկացիոն պատկեր:

Օրինակ, տանկը դաշտում կարող է նկարահանող համակարգի նկատմամբ գտնվել [0, 1, ..., 359] աստիճան անկյան տակ: Դասը ամբողջությամբ ճանաչելու համար [0...359°] միջակայքից յուրաքանչյուր 5 աստիճան անկյան համար բազայում պահում ենք մեկ պատկեր: Բազայում պահվող պատկերները բինար պատկերներ են: Այդ պատկերները ստացվում են տվյալ դասի համար ուսուցման փուլում, նախօրոք գտնված բաղադրյալ օպերատորը կիրառելով 2°, 7°, ..., 257° թեքվածություն ունեցող պատկերների վրա: Այնուհետև բաղադրյալ օպերատորից ստացված պատկերները սեգմենտացվում են (սեգմենտացիայից ստացվում են բինար պատկերներ, որոնցում ընդգրկված օբյեկտների փիքսելները ստանում են սպիտակ գույն, իսկ ֆոնը՝ սև կամ հակառակը): Օրինակ, Նկար 10-ի տանկը ճանաչելու համար բազայում պահվում է Նկար 11-ը:



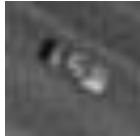
Նկար 11. Նկար 10-ի տանկը ճանաչելու համար համակարգի բազայում պահվող պատկեր:

Չորրորդ գլխում քննարկվում են ծրագրային համակարգով իրականացված փորձերից մի քանիսը, ինչպես նաև նկարագրվում է ծրագրային համակարգի օգտագործողի ուղեցույցը: 4.1 պարագրաֆում նկարագրված են ծրագրային համակարգի միջոցով իրականացված փորձերը և բերված են փորձերի արդյունքները: Ստորև դիտարկված է պարագրաֆում բերված փորձերից երկուսը:

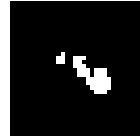
Առաջին փորձը բաղկացած է երկու մասից: Առաջին մասում MSTAR⁶ պատկերների տվյալների բազայից վերցրած արհեստական արբանյակից ստացված պատկերներից առանձնացվել է մեքենա պարունակող հատվածը (տես՝ Նկար 12ա) և տվյալ տիպի մեքենաների համար գեներացվել է բաղադրյալ օպերատոր, որի միջոցով համակարգը կարողանում է ճանաչել տվյալ տիպի մեքենաները (տես (2) արտահայտությունը):

⁶ <https://www.sdms.afri.af.mil/index.php?collection=mstar&page=targets>

ADD(PFIM0,FMAX2(FDIV(ADD(FLOG(FDIVC(PFIM0)), FADDC(FDIV(FMUL (PFIM5, PFIM5), ADD(PFIM13, PFIM0))))), ADD(FSUBC(FADDC(PFIM10)), (2) PFIM0)), FLOG(FDIV(PFIM10, FSUBC(FSUBC(FSUBC(PFIM0))))))):



ա)



բ)

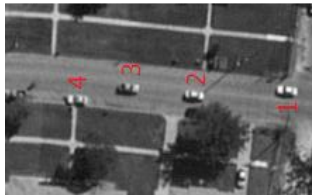
Նկար 12. ա) ավտոմեքենայի պատկերը, բ) օպերատորից ստացված և սեգմենտացված պատկերը:

Նկար 12ա պատկերի վրա (2) բաղադրյալ օպերատորը կիրառելուց և սեգմենտացիայից հետո ստացվում է Նկար 12բ պատկերը: Նկար 13-ի պատկերը համակարգում հիշվում է որպես տվյալ տիպի և տվյալ դիրքի մեքենայի դաս բնութագրող թեմփլեյթ պատկեր: (2) բաղադրյալ օպերատորը կիրառվել է Նկար 14-ում բերված համար 1 ավտոմեքենայի պատկերի վրա, ինչի արդյունքում ստացվել է տվյալ դասի մեքենայի տվյալ դիրքի դաս բնութագրող թեմփլեյթ պատկերը (տես՝ Նկար 15):



Նկար 13. Նկար 12ա ավտոմեքենայի դասի թեմփլեյթ պատկերը համակարգում:

Օգտագործելով (2) բաղադրյալ օպերատորը և դաս բնութագրող Նկար 15 պատկերը, ծրագրային համակարգը Նկար 14-ի 1, 2 և 4 ավտոմեքենաները ճանաչում է համապատասխանաբար 0.95, 0.7 և 0.69 ֆիտնեսային արժեքներով, 3-րդ համարի ավտոմեքենան շփոթել է այլ օբյեկտի՝ տանկի հետ, 0.79 ֆիտնես արժեքով:



Նկար 14. MSTAR պատկերների տվյալների բազայից պատկերի ընտրված հատված:



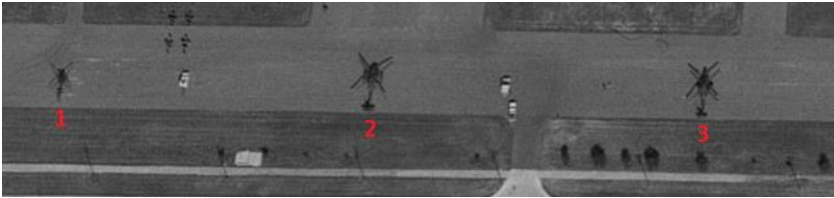
Նկար 15. Նկար 14-ում գտնվող 1, 2 և 4 մեքենաների դասը բնութագրող պատկեր:

Մտաչին փորձի երկրորդ մասում Նկար 16-ում պատկերված MSTAR պատկերների տվյալների բազայից վերցրած արհեստական արբանյակից ստացված պատկերում

գտնվող ուղղաթիռների համար գեներացվել է բաղադրյալ օպերատոր և տվյալ դասը բնութագրող թեմփիլեյթ պատկեր: Վերջինս համակարգին հնարավորություն են տվել ճանաչելու այս և նմանատիպ ուղղաթիռները: Օգտագործելով Նկար 16-ում պատկերված համար 2 ուղղաթիռը գեներացվել է 0.94 ֆիտնես արժեքով հետևյալ բաղադրյալ օպերատորը

$$\text{ADD}(\text{PFIM14}, \text{ADD}(\text{FADDC}(\text{FMAX2}(\text{FSQRT}(\text{PFIM12}), \text{FMIN}(\text{FMIN} (\text{FDIV} (\text{PFIM12}, \text{PFIM12})))))), \text{FSUB}(\text{PFIM7}, \text{FMEAN}(\text{FMAX2}(\text{PFIM2}, \text{PFIM14})))))) \quad (3)$$

Նկար 17ա-ում բերված է Նկար 16-ի 2-րդ համարի ուղղաթիռի վրա բաղադրյալ օպերատորը կիրառելուց և սեգմենտացիայից հետո ստացված պատկերը:



Նկար 16. MSTAR պատկերների տվյալների բազայից պատկերի ուղղաթիռներ պարունակող հատված:

Ծրագրային համակարգում որպես տվյալ տիպի ուղղաթիռների դասը բնութագրող թեմփիլեյթ պահվել Նկար 17բ-ում բերված պատկերը: Օգտագործելով (3) բաղադրյալ օպերատորը և դասը բնութագրող Նկար 17բ թեմփիլեյթը, ծրագրային համակարգը Նկար 16-ում պատկերված 1, 2 և 3 ուղղաթիռները ճանաչում է համապատասխանաբար 0.73, 0.94 և 0.73 ֆիտնեսային արժեքներով:



ա)

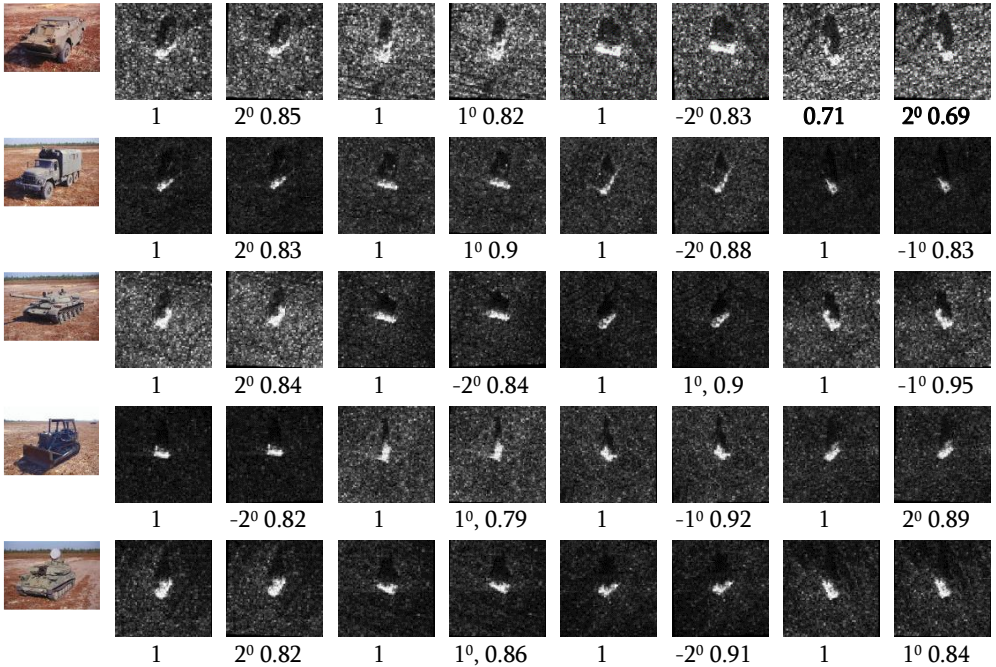


բ)

Նկար 17. ա) օպերատորի հետո ստացված և սեգմենտացված պատկերը, բ) Նկար 16-ի համար 2 ուղղաթիռի դաս բնութագրող պատկեր:

Երկրորդ փորձը իրականացվել է արհեստական արբանյակից ստացված հինգ տարբեր տիպի օբյեկտ ընդգրկող (տես՝ Նկար 18) չորս տարբեր անկյան տակ նկարահանված ռադիոլոկացիոն պատկերների վրա: Ծրագրային համակարգը ուսուցանվել է այդ հինգ տիպի օբյեկտները բնութագրող բաղադրյալ օպերատորներով ու դասը բնութագրող թեմփիլեյթ պատկերներով: Փորձ է արվել ճանաչել նշված պատկերները և նրանցից ստացված -2° - $+2^\circ$ պտտված պատկերները (տես՝ Նկար 18): Նկար 18-ում ցույց է տրված այդ պատկերների պտտման անկյունները և ճանաչման ֆիտնեսային արժեքները:

Նկատենք, որ համակարգը առաջին օբյեկտի 4-րդ դիրքի պատկերը շփոթել է այլ օբյեկտի հետ: Փորձի հաջորդ փուլում համակարգի տվյալների բազայում ավելացվել են նախորդ փորձի ընթացքում ստացված ավտոմեքենայի և ուղղաթիռի ճանաչման համար ստացված բաղադրյալ օպերատորները և այդ դասերը բնութագրող թեմփիլեյթ պատկերները, որպեսզի համակարգը կարողանա ճանաչել յոթ տիպի օբյեկտներ տարբեր դիրքերով:



Նկար 18. Հինգ տիպի օբյեկտների օպտիկական և ինֆրակարմիր պատկերները, նրանց պտտման անկյունները և ճանաչման ֆիտնես արժեքները:

Փորձի արդյունքում ստացվել է, որ համակարգը տվյալ օբյեկտները ճանաչում է նույն ֆիտնեսային արժեքներով, որոնք ստացվել էին նաև առանձին-առանձին ճանաչման փորձերի ժամանակ: Այս արդյունքը ապացուցում է այն, որ համակարգի աշխատանքը կախված չէ օբյեկտների դասերի (դասերում օբյեկտների դիրքերի) քանակից: 4.2 պարագրաֆում նկարագրվում է ծրագրային համակարգի օգտագործողի ուղեցույցը: Նշված են մշակման և աշխատանքի համար անհրաժեշտ ծրագրային միջավայրերը: Նկարագրված են ծրագրի հիմնական բաժինները և նրանց ֆունկցիոնալությունը:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ

- Մշակվել է ռադիոլոկացիոն պատկերներում օբյեկտների հայտնաբերման և ճանաչման մեթոդ, որն անկախ է պատկերների ստացման սարքի բնութագրերից [1-4]:
- Մշակվել է օբյեկտների դասերի նկարագրման մեթոդ, որը թույլ է տալիս ճանաչվող դասերի քանակի ավելացում՝ առանց ճանաչման արդյունավետության նվազման [5-7]:
- Մշակվել է ռադիոլոկացիոն պատկերներում օբյեկտների ճանաչումն ապահովող նոր և արդյունավետ ծրագրային համակարգ [1-7]:

ՀՐԱՏԱՐԱԿՎԱԾ ԱՇԽԱՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

- [1] Ն. Ա. Սաֆարյան, Թվային պատկերում օբյեկտների իդենտիֆիկացիան գենետիկ ծրագրավորմամբ, Լրաբեր-76 հատոր 1 համ. 1, Գիտական և մեթոդական հոդվածների ժողովածու, էջ 415-420, 2009:
- [2] Nerses Safaryan, Detection and classifications of objects by applying genetic programming, Mathematical problems of computer science, 32, pp. 101-106, Yerevan 2009.
- [3] Ն. Ա. Սաֆարյան, Ճանապարհ և լճեր իդենտիֆիկացնող բաղադրյալ օպերատորներ, Լրաբեր հատոր 2 համ. 1, Գիտական և մեթոդական հոդվածների ժողովածու, էջ 256-260, 2010:
- [4] Н.А. Сафарян, Генерация операторов идентификации объектов в цифровом изображении, XXXVI Гагаринские чтения, Международная молодежная научная конференция, Том 4, с. 131-133, Москва 2010.
- [5] Н.А. Сафарян, О синтезе составных операторов распознавания объектов в цифровых изображениях, Материалы VI международного симпозиума, Фундаментальные и прикладные проблемы науки, с. 137-145, Москва 2011.
- [6] Nerses Safaryan, Hakob Sarukhanyan, Learning Features By Means OF Genetic Programming for Object Recognition, Computer Science and Information Technologies, pp. 382-385, Yerevan 2011.
- [7] Nerses Safaryan, Hakob Sarukhanyan, Recognition of Objects by Using Genetic Programming, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 4, No. 12, pp. 132-136, USA 2013.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Распознавание объектов в цифровых изображениях широко используется во многих областях (распознавание цели, обработка видеорядов и т.д.). Оно также широко используется в оборонных целях, как например: дифференциация объекта, находящего в поле от окружения, распознавание судна в море, выявление и опознание фрагментов самолёта после авиакатастрофы, и так далее. В перечисленных применениях распознавания объектов целесообразно использовать радиолокационное синтезирование апертуры (РСА) изображения (Synthetic Aperture Radar (SAR)). Для получения радиолокационных изображений, РСА распространяет радиоволны импульсами, записывает волны и отражение каждого импульса. Радиолокационные изображения это серые (grey scale) изображения. Интенсивность каждого пикселя приводится в соответствие соотношению радиоволн, отраженных от данной территории (пропорция). Для разрешения проблемы распознавания объектов в цифровых изображениях были разработаны многочисленные методы. К числу этих методов относится также метод обнаружения и распознавания объектов генетическим программированием (ГП). Отметим, что генетическое программирование представляет собой объединение методов эволюционных расчетов, которое широко используется также в инженерии, обработке сигналов и изображений и в других областях.

Целью диссертации являются разработка алгоритмов и эффективных методов обнаружения и распознавания объектов в радиолокационных изображениях с использованием генетического программирования и создание программного обеспечения на основе этих методов и алгоритмов. В частности, были разработаны методы фильтрации изображений с использованием генетического программирования и выполнены их программные реализации, а также разработаны и реализованы осуществленные алгоритмы для обнаружения и распознавания объектов.

Научная новизна

- Разработан метод обнаружения и распознавания объектов в РСА изображениях, не зависящий от параметров радиолокационного оборудования, с использованием генетического программирования.
- Разработан алгоритм распознавания объектов, при использовании которого увеличение числа классов распознаваемых объектов не влияет на эффективность распознавания объектов, принадлежащих этим классам.
- Разработана новая и эффективная система программного обеспечения обнаружения и распознавания объектов в РСА изображениях.

Области применения результатов

Разработанная система программного обеспечения можно использовать в различных областях, с целью решения задач распознавания объектов в цифровых изображениях.

Система также может быть использована для проведения различных экспериментов в области генетического программирования, распознавания объектов и исследование местности.

Положения, выносимые на защиту

- Метод, не зависящий от параметров радиолокационного оборудования, обнаруживающий и распознающий объекты в РСА изображениях, с использованием генетического программирования.
- Метод распознавания объектов в цифровых изображениях, при использовании которого увеличение числа классов распознаваемых объектов не влияет на эффективность распознавания объектов, принадлежащих к этим классам.
- Система программного обеспечения для обнаружения и распознавания объектов в РСА изображениях.

Основные результаты диссертации

- Разработан метод обнаружения и распознавания объектов в РСА изображениях, независимо от параметров устройства [1-4].
- Разработан метод описания классов объектов, что позволяет увеличить количество распознаваемых классов, без снижения эффективности распознавания [5-7].
- Разработана новая эффективная система программного обеспечения для обнаружения и распознавания объектов в РСА изображениях [1-7].

DEVELOPMENT OF SYSTEMS FOR OBJECT DETECTION WITHIN DIGITAL IMAGES WITH THE USE OF GENETIC PROGRAMMING

The recognition of objects in the digital images is widely used in many fields (Targets' recognition, video sequence processing, etc.). It is also widely used for military purposes. The examples of applications are: the differentiation of the object from surroundings in the field, the recognition of a ship at sea, Identification and recognition of the crashed plane's fragments, etc. In the listed applications of the recognition of objects in images it is expedient to utilize by Synthetic Aperture Radar (SAR) images, as such images do not depend neither on the light nor on the weather. To receive radar images SAR spreads radio waves with impulses, records the waves and reflection of each impulse. Radar images are grey (grey scale) images. Each pixel intensity is adjusted to the proportion of the reflected radio waves from the certain are (proportion). Numerous methods have been developed in order to solve the problem of object recognition in digital images. Among these methods is also included the method of object detection and recognition using genetic programming (GP). Note that genetic programming is a set of evolutionary calculation methods, which is also widely used in engineering, signal and image processing and other areas.

The aim of this thesis is the development of effective methods and algorithms for objects' detection and recognition in the radar images using genetic programming and basing on them to create a software system. For this purpose the following problems have been resolved: using genetic programming image filtering methods have been developed and their software realizations, as well as the development and implementation of algorithms for detection and recognition of objects have been carried out.

Scientific novelty

- Developed a method, which uses genetic programming for object detection and recognition in SAR images not using radar parameters.
- Developed an object recognition method, in which case the growth of the recognized objects' classes does not result an efficiency decrease in recognition of the objects belonging to these classes.
- Developed a new effective software system for object detection and recognition in SAR mages.

Applicability of the results

Developed software system can be used in various fields, in order to solve the problem of recognizing objects in digital images. The system can also be used to carry out various experiments in the field of genetic programming and object recognition. The developed software system can be used in area examination and military sectors. In these spheres there can be a

necessity to examine the image received for examination from the observed area, moreover the area images are mainly radar images. The software system enables to recognize the SAR images.

The following statements are presented for defense:

- The method of object detection and recognition in images, using genetic programming, independent of SAR device parameters.
- The object recognition method in digital images in which case the growth of the recognized objects' classes does not result an efficiency decrease in recognition of the objects belonging to these classes.
- The programming system of object detection and recognition in SAR images.

The main results of the thesis are:

- Developed a method enabling object detection and recognition in SAR images, regardless parameters of imaging device [1-4].
- Developed a method for describing the classes of objects, allowing increasing the quantity of recognized classes, without decreasing the recognition efficiency [5-7].
- Developed a new efficient software system for object detection and recognition in SAR images [1-7].

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'D. M. P.', located in the lower right quadrant of the page.

Ծավալը՝ 24 էջ: Տպաքանակը՝ 60:
ՀՀ ԳԱԱ ԻԱՊԻ կոմպյուտերային պոլիգրաֆիայի լաբորատորիա:
Երևան, Պ. Սևակի 1