

ՀՀ ԳԱԱ ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱՅԻ ԵՎ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՄԱՆ ՊՐՈՔԼԵՄՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Քոչարյան Դավիթ Աշոտի

ՄԱՏՆԱՀԵՏՔԵՐԻ ՃԱՆԱՉՄԱՆ ՄԵԹՈՂՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄ  
ԵՎ ԾՐԱԳՐԱՅԻՆ ԻՐԱԿԱՆԱՑՈՒՄ

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

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

Երևան – 2013

---

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ИНФОРМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ НАН РА

Кочарян Давид Ашотович

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ  
И ИХ ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

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

Ереван - 2013

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման պրոբլեմների ինստիտուտում

Գիտական ղեկավար՝ Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝	Ֆիզ.մաթ.գիտ.դոկտոր տեխ.գիտ.դոկտոր տեխ.գիտ.թեկնածու	Հ. Գ. Սարուխանյան Գ. Հ. Խաչատրյան Գ. Ա. Պետրոսյան
---	--	---

Առաջատար կազմակերպություն՝	Հայաստանի պետական ճարտարագիտական համալսարան
----------------------------	--

Պաշտպանությունը կայանալու է 2013թ. հունիսի 14-ին, ժ 15:00-ին ՀՀ ԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման պրոբլեմների ինստիտուտում գործող 037 «Ինֆորմատիկա և հաշվողական համակարգեր» մասնագիտական խորհրդի նիստում հետևյալ հասցեով՝ Երևան, 0014, Պ. Սևակի 1:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ ԻԱՊԻ գրադարանում:

Սեղմագիրը առաքված է 2013թ. մայիսի 14-ին:

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



Հ. Գ. Սարուխանյան

---

Тема диссертации утверждена в Институте проблем информатики и автоматизации НАН РА

Научный руководитель:	доктор физ.мат.наук	А. Г. Саруханян
Официальные оппоненты:	доктор тех.наук кандидат тех.наук.	Г. Г. Хачатрян Г. А. Петросян

Ведущая организация:	Государственный инженерный университет Армении
----------------------	---

Защита состоится 14 июня 2013г. в 15:00 на заседании специализированного совета 037 «Информатика и вычислительные системы» 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 14-го мая 2013г.

Ученый секретарь специализированного  
совета, д.ф.м.н.



А. Г. Саруханян

## ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

### ԹԵՄԱՅԻ ԱՐԴԻԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Անձի նույնականացումը կարևոր խնդիր է ցանկացած ոլորտում, լինի դա հասարակական թե մասնավոր: Տեղեկատվական տեխնոլոգիաների զարգացման հետ անձի նույնականացման խնդիրն էլ ավելի կարևոր նշանակություն է ստանում: Հավաստագրերի և ծածկագրերի հիման վրա անձի նույնականացման ավանդական մեթոդները այլևս չեն բավարարում անձի նույնականացման խնդրի ամբողջական լուծմանը, քանի որ ծածկագրերը և հավաստագրերը հնարավոր է հեշտությամբ կեղծել, փոխանցել, փոխանակել, ինչպես նաև կորցնել: Կենսաչափական համակարգերը, ի տարբերություն ավանդական նույնականացման մեթոդների, նույնականացնում են անձը՝ հիմնվելով նրա վարքագծային և ֆիզիոլոգիական կենսաչափական տվյալների վրա: Այդ տվյալները հնարավոր չէ հեշտությամբ կեղծել, փոխանցել կամ կորցնել և, հետևաբար, կենսաչափական համակարգերը հնարավորություն են տալիս առավել ճշգրիտ կերպով նույնականացնել անձին, ապահովել ավելի բարձր անվտանգություն, բարձր արդյունավետություն, ինչպես նաև բարելավել օգտվողների հարմարավետությունը: Կենսաչափական համակարգերում հաճախ օգտագործվող ֆիզիոլոգիական բնութագրիչները ներառում են դեմքը, մատնահետքը, ափի դրոշմվածքը, աչքի ծիածանաթաղանթը: Յուրաքանչյուր կենսաչափական բնութագրիչի օգտագործում ունի իր դրական և բացասական կողմերը, և տվյալ կենսաչափական համակարգում օգտագործվող բնութագրիչի ընտրությունը կախված է համակարգի պահանջներից:

Մատնահետքի ճանաչումը հանդիսանում է անձի նույնականացման ամենատարածված եղանակը, քանի որ մատնահետքը գործնականում անփոփոխ, անհատական, վստահելի և ճշգրիտ է: Մատնահետքերի սկաներների փոքր չափսը և մատչելի գինը գերակշիռ են դարձնում մատնահետքերի կիրառությունը կենսաչափական համակարգերում:

Մատնահետքերի նույնականացման խնդիրը հիմնականում դիտարկվում է որպես կերպարների ճանաչման խնդիր, որի լուծումը կարող է որոշակի բարդություններ առաջացնել, քանի որ մատնահետքը կարող է լինել ցածր որակի, պարունակել մակերևութային աղտոտվածություն և աղմուկ: Վերոհիշյալ պատճառներով մատնահետքերի ճանաչման խնդիրը մինչ այսօր ամբողջական լուծված չէ, քանի որ մեծ քանակի մատնահետքերի նույնականացման դեպքում մուտքային մատնահետքի ցածր որակի և դիրքի շեղումների պատճառով աճում է համակարգի թույլ տված սխալի աստիճանը, ինչպես նաև ճանաչման համար պահանջվող ժամանակը:

Հաշվի առնելով վերոհիշյալ նկատառումները, անհրաժեշտություն է առաջանում մշակել մատնահետքերի ճանաչման համակարգ, որն օգտագործելով պատկերների մշակման հայտնի մեթոդները, կկատարի մուտքային մատնահետքի պատկերի մշակում, հաշվի կառնի

նրա դիրքի շեղումները, ցածր որակը, տեղափոխությունները և ճանաչումը կիրականացնի ավելի արդյունավետ և արագ:

**Ատենախոսության նպատակն է** մշակել մատնահետքերի ճանաչման արդյունավետ և արագագործ ալգորիթմեր, որոնք հաշվի կառնեն մուտքային մատնահետքերի ցածր որակը, դիրքի և չափերի շեղումները, և այդ ալգորիթմերի հիման վրա ստեղծել մատնահետքերի ճանաչման ծրագրային համակարգ:

**Հետազոտման մեթոդները.** Ատենախոսության մեջ օգտագործվում են պատկերների մշակման և կերպարների ճանաչման մեթոդներն ու ալգորիթմերը: Հետազոտվում են մատնահետքերի հատկանիշների դուրսբերման հայտնի մեթոդները և նրանց օգտագործմամբ ստացված փորձնական արդյունքները:

### **Գիտական նորությունը**

- Մշակվել է Zhang-Suen-ի<sup>1</sup> մատնահետքերի բարակեցման հայտնի ալգորիթմի արդյունավետ և արագագործ մի նոր տարբերակ:
- Մշակվել է մատնահետքերի մանրամասնությունների կետերի (minutiae points) համապատասխանեցման նոր և արդյունավետ ալգորիթմ, որում ի նկատի են առնվում մատնահետքերի դիրքերի շեղումները և նրանց ոչ ամբողջական լինելը:
- Վերը նշված ալգորիթմերի օգտագործմամբ մշակվել է մատնահետքերի ճանաչման մի ամբողջական ընթացակարգ և ստեղծվել է մատնահետքերի ճանաչման նոր և արդյունավետ ծրագրային համակարգ:

### **Արդյունքների կիրառական նշանակությունը**

Մշակված մատնահետքերի ծրագրային համակարգը կարելի է օգտագործել տարբեր ոլորտներում անձի նույնականացման խնդրի լուծման համար: Համակարգը կարելի է ներդնել կամայական ծրագրային համակարգում օգտվողներին նույնականացնելու համար: Ծրագրային համակարգը կարող է օգտագործվել նաև տարաբնույթ փորձագիտական նպատակներով: Մշակված ծրագրային համակարգը, որը հաշվի է առնում մատնահետքի որակը, դիրքի շեղումները և ոչ ամբողջական լինելը, կարելի է օգտագործել այնպիսի կիրառական ասպարեզներում, ինչպիսին են քրեական և հետախուզական ոլորտները, որտեղ մուտքային մատնահետքը հայթհայթվում է դեպքի վայրից մեծ դժվարությամբ և հիմնականում լինում է ոչ ամբողջական և աղմուկներով լի, ինչի պատճառով աճում է տվյալ անձի նույնականացման խնդրի լուծման բարդությունը և սխալի հավանականությունը:

---

<sup>1</sup>T. Zhang and C. Suen, "A fast parallel algorithm for thinning digital patterns," Communications of the ACM, vol. 27, pp. 236–239, Mar 1984

## **Պաշտպանությանը ներկայացվող դրույթները**

- Մատնահետքերի բարակեցման ալգորիթմը, որը հաշվի է առնում ակոսների կառուցվածքը և նպաստում է մանրամասնությունների կետերի դիրքերի ու տեսակների ճշգրիտ դուսբերմանը:
- Մատնահետքերի մանրամասնությունների կետերի համապատասխանեցման ալգորիթմը, որն ի նկատի է ունենում մատնահետքերի դիրքերի շեղումները և նրանց ոչ ամբողջական լինելը:
- Մատնահետքերի ճանաչման նոր և արդյունավետ ծրագրային համակարգը, որը ներառում է վերը նշված ալգորիթմերի օգտագործմամբ մշակված մատնահետքերի ճանաչման ամբողջական ընթացակարգը:

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

## **Աշխատանքի արդյունքների ներդրում**

Աշխատանքում մշակված մատնահետքերի ճանաչման ծրագրային համակարգը անձնակազմերի նույնականացման նպատակով ներդրվել է Հայաստանի Microsoft ինովացիոն կենտրոնում և “Դեվելոփվեյ” ՓԲԸ-ում:

**Աշխատանքի ապրոքացիան.** Ատենախոսության հիմնական արդյունքները գեկուցվել են.

- ՀՀ ԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման պրոբլեմների ինստիտուտի ընդհանուր սեմինարում և թվային ազդանշանների և պատկերների մշակման լաբորատորիայի մասնագիտական սեմինարներում:
- 8-րդ տեղեկատվական տեխնոլոգիաների միջազգային համաժողովին, CSIT-11, Երևան:
- Մուլտիմեդիա տեխնոլոգիաների միջազգային համաժողովին, ICMT2011, Հանգզյու, Չինաստան:

## **Հրատարակումներ**

Աշխատանքի հիմնական արդյունքները ներկայացված են 6 գիտական հոդվածներում, որոնց ցանկը բերված է սեղմագրի վերջում:

## **Ատենախոսության կառուցվածքը**

Ատենախոսությունը բաղկացած է առաջաբանից, երեք գլուխներից, 54 անուն պարունակող գրականության ցանկից, 20 աղյուսակից և 65 նկարից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը կազմում է 111 էջ:

## ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

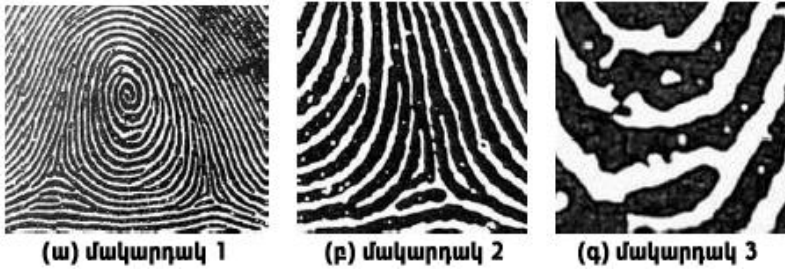
Աշխատանքի **առաջաքանում** հիմնավորված է թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված են նպատակներն ու խնդիրները, ինչպես նաև պաշտպանությանը ներկայացվող հիմնական դրույթները: Նշված են ստացված արդյունքների գիտական նորայթը և նրանց գործնական արժեքը:

**Առաջին գլուխը** նվիրված է կենսաչափական համակարգերի քննարկմանը: **1.1** պարագրաֆում քննարկվում են հայտնի կենսաչափական համակարգերը, դրանց կիրառությունը և նկարագրությունները: Կատարվում են կենսաչափական բնութագրիչների և տեխնոլոգիաների համեմատություններ: Պարագրաֆում քննարկվում է մատնահետքերի դերը կենսաչափական համակարգերում, ինչպես նաև դիտարկվում են մատնահետքերի ճանաչման հիման վրա ստեղծված կենսաչափական համակարգերի առավելությունները: **1.2** պարագրաֆում ուսումնասիրվում է մատնահետքերի կառուցվածքը և դասակարգումները: Նկարագրվում են մատնահետքերի լոկալ և գլոբալ հատկանիշները, որոնցից են հատուկ մանրամասնությունների կետերը, ինչպես նաև մատնահետքերի շրջագիծ, կամար և պտույտ տեսակները: Մանրամասնությունների կետերը հանդիսանում են մատնահետքի ակոսների տեղային հատկանիշներ և բաժանվում են հետևյալ խմբերի. *ակոսի ավարտ, ակոսի ճյուղավորում, կղզի, հատում, ծակոտի*: Մանրամասնությունների կետերի տեսակները ցուցադրված են Նկար 1-ում:



**Նկար 1:** Մանրամասնությունների կետերի տեսակները

Նշենք, որ յուրաքանչյուր մանրամասնությունների կետ բնութագրվում է իր ուղղվածությամբ, տեսակով և դիրքով: Պարագրաֆում դիտարկվում են մատնահետքերի հատկանիշների երեք մակարդակները (տես Նկ. 2):



**Նկար 2:** Մատնահետքի հատկանիշների երեք մակարդակները

▪ **Առաջին մակարդակ – ձևանմուշ**

Այս մակարդակը վերաբերում է մատնահետքի ակոսների կազմած ձևանմուշներին: Այս հատկանիշները չի կարելի օգտագործել մատնահետքի ճշգրիտ ճանաչման համար, քանի որ ակոսների կազմած ձևանմուշները կարող են համընկնել տարբեր մատնահետքերի համար: Նրանց օգնությամբ կարելի է խմբավորել և դասակարգել մատնահետքերը, դրանով իսկ սահմանափակելով փնտրվող բազմությունը ըստ տվյալ մատնահետքի ձևանմուշի:

▪ **Երկրորդ մակարդակ – մանրամասնությունների կետեր**

Այս մակարդակը վերաբերում է մատնահետքի ակոսների առանձնահատկություններին, որոնց անվանում են մանրամասնությունների կետեր (minutiae points):

▪ **Երրորդ մակարդակ – ծակոտիներ և ակոսներ**

Այս մակարդակը վերաբերում է ակոսների և ընդհանուր մատնահետքի մանրակրկիտ մանրամասներին և դետալներին, որոնցից են ծակոտիները, սպիերը, ակոսների ձևերը, և այլն: Երրորդ մակարդակի հատկանիշները ճանաչելու համար անհրաժեշտ է ունենալ առավել բարձրորակ մատնահետքի պատկեր (~1000dpi):

**1.3** պարագրաֆում դիտարկվում են մատնահետքերի հատկանիշների դուրսբերման հայտնի մեթոդները, նկարագրվում են մատնահետքերի համեմատման հայտնի ալգորիթմները: Մատնահետքերի համեմատման և ճանաչման ալգորիթմները բաժանվում են երեք հիմնական խմբերի՝

- **Կորելացիայի հիման վրա.** մատնահետքերի երկու պատկերները վերադրվում են և հաշվարկվում է համապատասխան պիքսելների կորելացիան տարբեր ուղղությունների համար:

- **Մանրամասնությունների կետերի հիման վրա.** երկու մատնահետքերի համար դուրս են բերվում մանրամասնությունների կետերը և պահվում որպես կետերի բազմություն: Այնուհետև որոշվում է մանրամասնությունների կետերի առավելագույն քանակի համընկնումները:
- **Ակունների ձևանմուշների հիման վրա համեմատում.** հաշվի են առնվում մատնահետքերի տարբեր հատկանիշները, ինչպիսիք են պատկերի տեղային ուղղվածությունը, հաճախությունը, ակոսի ձևը, և այլն:

Մանրամասնությունների կետերի հիման վրա համեմատման ալգորիթմերը արագագործ են և կարող են աշխատել ցածր որակի մատնահետքերի հետ, ի տարբերություն կորելացիայի վրա հիմնված մեթոդների, որոնք պահանջում են առավել երկար ժամանակ, քանի որ կատարում են պիքսելների կորելացիան տարբեր ուղղությունների համար, ինչպես նաև ակոսների ձևանմուշների վրա հիմնված մեթոդների, որոնք պահանջում են բարձր որակի մատնահետքի պատկեր (~1000 dpi), քանի որ հիմնված են երրորդ մակարդակի հատկանիշների վրա:

**Երկրորդ գլխում** դիտարկվում է մանրամասնությունների կետերի վրա հիմնված մատնահետքերի ճանաչման գործընթացը, որի ընթացքում դուրս են բերվում մանրամասնությունների կետերը և համեմատվում են տվյալների պահոցում առկա մատնահետքերի նմանատիպ կետերի հետ: Քննարկվում են մանրամասնությունների կետերի վրա հիմնված մատնահետքերի ճանաչման գործընթացի հիմնական փուլերը. *Պատկերի բարելավում; Բինարացում; Պատկերի բարակեցում; Մանրամասնությունների կետերի դուրսբերում և գտում; Մատնահետքերի մանրամասնությունների կետերի համապատասխանեցում; Համապատասխանեցման արդյունքի հիման վրա կայացվում է որոշումը:* Նկարագրվում են նաև մատնահետքերի բարակեցման և մանրամասնությունների կետերի համապատասխանեցման մշակված նոր ալգորիթմերը:

**2.1** պարագրաֆում դիտարկվում են մատնահետքերի բարելավման գործընթացի փուլերը: Պատկերի բարելավման առաջին փուլը նորմալացումն է: Պատկերի նորմալացման ընթացքում յուրաքանչյուր պիքսելին վերագրվում է նոր արժեք, ըստ որոշակի պարամետրերի: Նորմալացման արդյունքում պատկերի ինտենսիվության արժեքները բերվում են ցանկալի արժեքների դաշտ: Տվյալ  $[x, y]$  պիքսելի համար նորմալացված  $I'[x, y]$  արժեքը սահմանվում է հետևյալ բանաձևով.

$$I'[x, y] = \begin{cases} m_0 + \sqrt{(I[x, y] - m)^2 \cdot \frac{v_0}{v}}, & \text{եթե } I[x, y] > m \\ m_0 - \sqrt{(I[x, y] - m)^2 \cdot \frac{v_0}{v}}, & \text{մնացած դեպքերում} \end{cases} \quad (1.1)$$



որտեղ  $I[x, y]$  –ը տվյալ պիքսելի մոխրագույն արժեքն է,  $m$  և  $v$  տվյալ պատկերի միջին և դիսպերսիայի արժեքներն են, իսկ  $m_0$ -ն և  $v_0$ -ն՝ նորմալացումից հետո միջին և դիսպերսիայի արժեքներն են:

Պատկերի բարելավման հաջորդ փուլը ֆիլտրումն է, որտեղ պատկերի վրա կիրառվում են որոշակի ֆիլտրեր, որոնց օգնությամբ վերականգնվում են ակոսների և զոգերի կառուցվածքները, ինչպես նաև հեռացվում են աղմուկները: Դիտարկվում է սիմետրիկ երկչափ Գաբորի ֆիլտրը, որը տարածական տիրույթում սահմանվում է հետևյալ կերպ՝

$$G(x, y; \theta, f) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[ \frac{x_{\theta}^2}{\delta_x^2} + \frac{y_{\theta}^2}{\delta_y^2} \right] \right\} \cos(2\pi f x_{\theta}),$$

$$x_{\theta} = x \cos \theta + y \sin \theta, \quad y_{\theta} = -x \sin \theta + y \cos \theta,$$

որտեղ  $\theta$ -ն ֆիլտրի կողմնորոշումն է,  $f$ -ը կոսինուսային ալիքի հաճախությունն է,  $\delta_x$  և  $\delta_y$  համապատասխանաբար  $x$  և  $y$  առանցքերի համար հաստատուն արժեքներ են: Գաբորի ֆիլտրի կիրառումը պահանջում է չորս պարամետր՝  $(\theta, f, \delta_x, \delta_y)$ , որտեղ  $\theta$  ցույց է տալիս ակոսների ուղղությունը, իսկ  $f$ -ը՝ ակոսների հաճախությունը: Քննարկվում են որոշ հայտնի փորձնական արդյունքներ, և  $\delta_x$ ,  $\delta_y$  արժեքների ընտրման տարբերակներ: Բարելավման հաջորդ քայլը պատկերի բինարացումն է, որի ընթացքում ընտրվում է մի գլոբալ շեմ ( $t$ ), այնուհետև յուրաքանչյուր պիքսել, որի արժեքը փոքր է  $t$ -ից, վերագրվում է 0, իսկ մնացածին՝ 1: **2.2** պարագրաֆում դիտարկվում են պատկերի բարակեցման հայտնի ալգորիթմերը, քննարկվում են նրանց աշխատանքի փուլերը, ինչպես նաև կատարվում է նրանց արդյունավետության համեմատական վերլուծություն, և բացահայտվում են նրանց դրական և բացասական կողմերը:

**2.3** պարագրաֆում առաջարկվել է Zhang-Suen<sup>2</sup> ալգորիթմի մի մոդիֆիկացիա, որը պահպանում է ակոսների կառուցվածքը և բարելավում է ալգորիթմի աշխատանքը: Բերվում է առաջարկվող ալգորիթմի աշխատանքի նկարագրությունը: Բարակեցման արդյունքում ստացված  $S_m$  պատկերի ակոսների  $m_t$  լայնությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով<sup>3</sup>.  $m_t = 1 - \text{Area}[\bigcup_{1 \leq k \leq 4} S_m Q_k] / \text{Area}[S_m]$ , որտեղ  $\text{Area}[*]$  գործողությունը հաշվարկում է 1 արժեքով պիքսելների քանակը,  $Q_k$ -ն հանդիսանում է Նկար 3-ում պատկերված համապատասխան ձևանմուշը: Եթե  $m_t = 1$ , ապա  $S_m$ -ը հանդիսանում է կատարյալ:

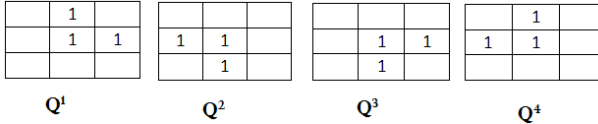
<sup>2</sup>T. Zhang and C. Suen, "A fast parallel algorithm for thinning digital patterns," Communications of the ACM, vol. 27, pp. 236–239, Mar 1984.

<sup>3</sup>B. Jang and T. Chin, "One-pass parallel thinning: Analysis, properties, and quantitative evaluation," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 1129–1140, 1992.

Տվյալների նվազեցման արդյունավետությունը և արագագործությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$m_d = \min[1, (Area[S] - Area[S_m]) / (n * Area[S])], 0 \leq m_d \leq 1$$

որտեղ  $n$ -ը բարակեցման համար անհրաժեշտ գործողությունների քանակն է,  $S$ -ը պատկերի բնօրինակն է:



**Նկար 3:** Ոչ ունիտար պատկերում պարունակվող ձևանմուշները

Որքան մեծ է  $m_d$ -ի արժեքը, այնքան արդյունավետ է բարակեցումը: 2.2 պարագրաֆում նկարագրված հայտնի բարակեցման ալգորիթմները և առաջարկվող նոր ալգորիթմը կիրառվել են հինգ տարբեր բինարացված մատնահետքերի բարակեցման համար և հաշվարկվել են համապատասխան  $m_t$  և  $m_d$  արժեքները (տես Աղյուսակ 1):

**Աղյուսակ 1:** Առաջարկվող ալգորիթմի համեմատությունը հայտնի ալգորիթմների հետ

Ալգորիթմ	Արդյունքներ	
	միջին $m_t$	միջին $m_d$
Abdulla et.al	0.986	0.116
Guo-Hall	0.997	0.062
Hall	0.993	0.083
Zhang-Suen	<b>0.759</b>	<b>0.129</b>
Առաջարկվող ալգորիթմ	<b>0.929</b>	<b>0.130</b>

Zhan-Suen-ի ալգորիթմի ընտրությունը հիմնավորված է այն փաստով, որ ի համեմատ մնացած դիտարկվող ալգորիթմների, այն ցուցադրում է առավելագույն  $m_d$  արժեք: Առաջարկվող մոդիֆիկացված ալգորիթմը ցուցադրում է միջինում  $m_t = 0.929$  և  $m_d = 0.130$ , ի տարբերություն օրիգինալ ալգորիթմի միջինում  $m_t = 0.759$  և  $m_d = 0.129$  արժեքների: **2.4** պարագրաֆում ուսումնասիրվում է մանրամասնությունների կետերի դուրսբերման և գտման մեթոդները: Մանրամասնությունների կետերի նույնականացման ակոսների հատումների թիվը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$cn(P) = \frac{1}{2} \sum_{i=1, \dots, 8} |val(P_{i \bmod 8}) - val(P_{i-1})|,$$

որտեղ  $val(P) \in \{0, 1\}$  հանդիսանում է  $P$  պիքսելի արժեքը:  $P$  պիքսելը, որի համար  $val(P) = 1$ , հանդիսանում է. (1) ակոսի կանոնավոր կետ, եթե  $cn(P) = 2$ ; (2) ակոսի վերջնակետ, եթե

$cn(P) = 1$ ; (3) ակոսների ճյուղավորման կետ, եթե  $cn(P) = 3$ , (4) այլ տեսակի կետ, եթե  $cn(P) > 3$ .

Պարագրաֆում քննարկվում են մանրամասնությունների կետերի գտման մեթոդները, որոնց ընթացքում հետաքվում են կեղծ կետերը, որոնք ի հայտ են գալիս մատնահետքի պատկերի ցածր որակի կամ բարակեցման փուլում ակոսների կառուցվածքի խախտման արդյունքում:

**2.5-**ում ուսումնասիրվում են մանրամասնությունների կետերի համապատասխանեցման մեթոդները: Այս փուլի արդյունքում որոշվում է երկու մատնահետքի նմանության աստիճանը և, որպես արդյունք, վերադարձվում է թվային արժեք, որը որոշում է նմանության աստիճանը:

Մանրամասնությունների կետերի համեմատումը կարելի է դիտարկել որպես կետերի բազմությունների համեմատման խնդիր: Նախնական համադրման հայտնի մեթոդները բաժանվում են երկու խմբի.

- **Բացարձակ համադրում՝** յուրաքանչյուր մատնահետք բերվում է նախօրոք որոշված դիրքի:
- **Հարաբերական համադրում՝** յուրաքանչյուր համեմատման դեպքում մուտքային մատնահետքը համադրվում է տվյալ քայլին համապատասխան մատնահետքի հետ:

**2.6** պարագրաֆում առաջարկվում է մատնահետքերի համապատասխանեցման նոր ալգորիթմ, որը, նախ կատարում է լոկալ հատկանիշների համապատասխանեցում, այնուհետև հաշվարկում երկու մատնահետքերի համադրման անհրաժեշտ պարամետրերը և կատարում է մանրամասնությունների կետերի գլոբալ համապատասխանեցումը: Այս մոտեցումը հնարավորություն է տալիս նույնականացնել ամբողջական և փոքրաքանակ մանրամասնությունների կետերով մատնահետքերը: Մուտքային մատնահետքի մանրամասնությունների կետերի բազմությունը նշանակենք  $I$ -ով, համեմատվող ձևանմուշինը՝  $T$ -ով,

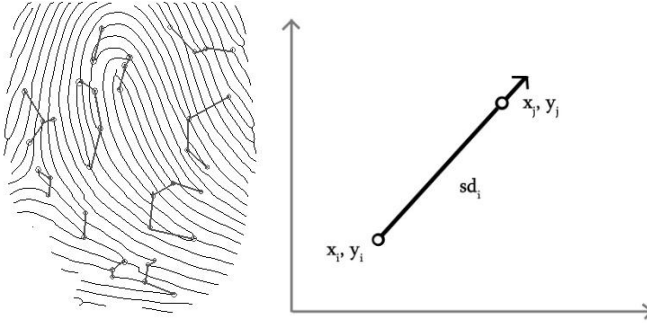
$$T = \{(x_i, y_i, \theta_i) \mid i = 1 \dots M\}, \quad I = \{(x'_j, y'_j, \theta'_j) \mid j = 1 \dots N\},$$

Միացվում են իրար ամենամոտ հարևան մանրամասնությունների կետերը և գրանցվում է նրանց միացման  $S$  գիծը.

$$S_i = \{x_i, y_i, x_j, y_j, sd_i, t_i, t_j, \theta_i, r_i, c_i\}, \tag{1.2}$$

որտեղ  $c_i$ -ն  $x_i$  և  $y_i$  կոորդինատներով կետին միացված գծերի քանակն է, այդ կետին ամենամոտ կետի կոորդինատներն են  $x_j$  և  $y_j$ ,  $sd_i = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$  կետերը միացնող գծի երկարությունն է,  $t_i$  և  $t_j$ -ը կետերի տեսակներն են,  $\theta_i = \tan^{-1}(y_j - y_i)/(x_j - x_i)$  տվյալ գծի ուղղությունն է՝  $\theta \in [0, 2\pi]$ ,  $r_i$ -ն երկու միացված

կետերի միջև ակոսների քանակն է: Ամենամոտ հարևան կետերի միացման արդյունքում ստացված պատկերի օրինակ է բերված նկար 4-ում:



**Նկար 4:** Յուրաքանչյուր մանրամասնությունների կետ միացված է իր ամենամոտ հարևան կետի հետ

Երկու  $S_i$  և  $S'_i$  զծերի հավասարության պայմանները հետևյալն են.

$$t_i = t'_i, t_j = t'_j, \text{ և } r_i = r'_i: \quad (1.3)$$

$$\text{abs}(sd_i - sd'_i) \leq D_S: \quad (1.4)$$

որտեղ  $D_S$ -ը նախօրոք սահմանված հաստատուն է:

Առաջարկվող ալգորիթմը երկու համեմատվող մատնահետքերում գտնում է  $S$  զծերը, որոնք բավարարում են (1.3), (1.4) պայմաններին: Կատարում է մատնահետքերի համադրում ըստ այդ զծերի և համապատասխանեցնում է մանրամասնությունների կետերը:

Երկու մատնահետքերի համադրումից ստացված երկու  $S$  զծերը համարում ենք *հավասար*, եթե համադրումից հետո տեղի ունի (1.4) պայմանը: Համապատասխանեցված մանրամասնությունների կետերը տրոհում են 4 խմբերի.

1. Կետերը պատկանում են այնպիսի մի հատվածի, որը պարունակում է առնվազն 3 հատ  $S$  տիպի զծ, որոնցից յուրաքանչյուրը համադրումից հետո հավասար է մյուս մատնահետքի համապատասխան  $S$  տիպի զծին: Այս խմբին պատկանող կետերի քանակը նշանակենք՝  $N_1$ :
2. Կետերը պատկանում են այնպիսի մի հատվածի, որը պարունակում է 2 հատ  $S$  տիպի զծ, որոնցից յուրաքանչյուրը համադրումից հետո հավասար է մյուս մատնահետքի համապատասխան  $S$  զծին: Այս խմբին պատկանող կետերի քանակը նշանակենք՝  $N_2$ :
3. Կետերը հանդիսանում են երկու հավասար զծերի գագաթներ: Այս խմբին պատկանող կետերի քանակը նշանակենք՝  $N_3$ :
4. Կետերը համընկել են, սակայն համապատասխան զծերը իրար հավասար չեն: Այս խմբին պատկանող կետերի քանակը նշանակենք՝  $N_4$ :

Նշենք, որ մենք պահանջում ենք, որ յուրաքանչյուր կետ պատկանի վերը նշված խմբերից միայն մեկին:

Ստորև ներկայացված են  $T$  և  $I$  մանրամասնությունների կետերի բազմությունների համապատասխանեցման համար առաջարկվող ալգորիթմի քայլերի հակիրճ նկարագրությունը.

1. **Մուտքագրվում են** մատնահետքերի  $T$  և  $I$  մանրամասնությունների կետերի բազմությունները:
2.  $T$  և  $I$  բազմությունների բոլոր կետերի համար կառուցվում են  $S_i \in T$  և  $S'_j \in I$  գծերը.  $i=1 \dots M, j=1 \dots N$ :
3. **Ընտրվում են** այն  $m_i \in T$  և  $m'_j \in I$  կետերը, որոնց՝
  - 3.1. համապատասխան  $S_i$  և  $S'_j$  գծերի համար տեղի ունի  $c_i = c'_j \geq 3$
  - 3.2. միացված բոլոր  $S$  գծերը *հավասար են* (ըստ (1.3) և (1.4) բանաձևերի):
4. **Եթե** ընտրվել են  $m_i$  և  $m'_j$  կետերը, ապա կատարվում է **անցում** քայլ 8-ին:
5. **Հակառակ դեպքում, ընտրել այն**  $m_i \in T$  և  $m'_j \in I$  կետերը, որոնց՝
  - 5.1. համապատասխան  $S_i$  և  $S'_j$  գծերի համար տեղի ունի  $c_i = c'_j = 2$
  - 5.2. միացված բոլոր  $S$  գծերը *հավասար են* (ըստ (1.3) և (1.4) բանաձևերի):
6. **Եթե** ընտրվել են  $m_i$  և  $m'_j$  կետերը, ապա **անցում** քայլ 8-ին:
7. **Հակառակ դեպքում,**  $T$  և  $I$  մատնահետքերը *համարվում են իրարից տարբեր* և կատարվում է **անցում** քայլ 14-ին:
8.  $T$  և  $I$  բազմությունների համադրման համար հաշվարկվում են պտտման  $\Delta\theta$  անկյունը և տեղաշարժի  $\Delta x$  և  $\Delta y$  արժեքները, ընտրված  $m_i$  և  $m'_j$  կետերի և նրանց համապատասխան  $S$  գծերի հիման վրա.  $\Delta\theta = \theta_i - \theta'_i; \Delta x = x_i - x'_i; \Delta y = y_i - y'_i$ :
9. Մուտքային  $I$  մատնահետքը համադրվում է  $T$  մատնահետքին՝

$$(m_j = \{x_j, y_j, \theta_j\}) \rightarrow m''_j = \{x''_j, y''_j, \theta'_j + \Delta\theta\}$$

$$\begin{bmatrix} x''_j \\ y''_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\Delta\theta & -\sin\Delta\theta \\ \sin\Delta\theta & \cos\Delta\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x'_j \\ y'_j \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix}$$

10. Մանրամասնությունների յուրաքանչյուր կետ ( $T = \{(r_i, e_i, \theta_i)\}, I = \{(r'_i, e'_i, \theta'_i)\}$ ) ձևափոխվում է բևեռային կոորդինատական համակարգի ըստ համադրման կետերի.

$$\begin{pmatrix} r_i \\ e_i \\ \theta_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{(x_i - x_r)^2 + (y_i - y_r)^2} \\ \tan^{-1} \left( \frac{y_r - y_i}{x_r - x_i} \right) \\ \theta_i - \theta_r \end{pmatrix},$$

որտեղ  $\{x_r, y_r, \theta_r\}$  հանդիսանում է համապատասխան համադրման կետի բնութագրիչները,  $r_i$ -ն հեռավորությունն է,  $e_i$ -ն անկյան արժեքն է,  $\theta_i$ -ն տվյալ կետի կողմնորոշումն է համադրման կետի նկատմամբ:

11. T և I բազմությունների բնեռային կոորդինատական համակարգում ներկայացումները տեսակավորվում են կետերի տվյալների համապատասխան  $r$  անկյան աճման հերթականությամբ.

$$T_p = ((r_{ip}, e_{ip}, \theta_{ip}) \mid i = 1 \dots M)$$

$$I_p = ((r'_{jp}, e'_{jp}, \theta'_{jp}) \mid j = 1 \dots N)$$

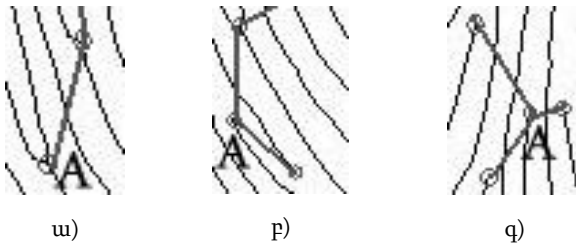
12. Իրականացվում է  $T_p$  և  $I_p$  տողերում մանրամասնությունների կետերի համապատասխանեցում, ըստ Jain-Hong-Bolle <sup>4</sup>-ում նկարագրված ալգորիթմի:

13. **Նմանության արժեքը** հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով.

$$\text{score} = 100 * \frac{2 * (3N_1 + 2N_2 + 1.5N_3 + N_4)}{7.5}$$

14. **Վերջ:**

Առաջարկվող ալգորիթմի 2-5 քայլերում փնտրվում են երկու մատնահետքերի համադրման համար համապատասխան կետերը: Նախ փնտրման շրջանակը սահմանապակվում է միայն այն կետերով, որոնց միացված է 3 կամ ավել S տիպի գիծ: Նմանատիպ կետ չգտնելու դեպքում, փնտրման շրջանակը ընդլայնվում է այն կետերով, որոնց միացված է 2 S տիպի գիծ: Նկար 5-ում բերված է տվյալ A կետին միացված գծերի օրինակներ:



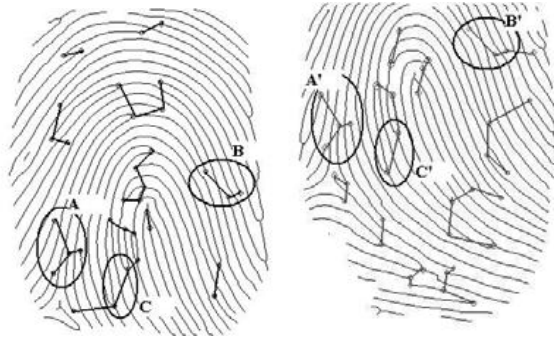
**Նկար 5:** A կետին միացված գծերի օրինակներ: ա) c=1; բ) c=2; գ) c=3:

Ալգորիթմի աշխատանքի ընթացքում երկու բազմությունների համադրման կետերի և նրանց համապատասխան S գծերի դուրսբերման օրինակ բերված է նկար 6-ում:

Նկարագրված ալգորիթմը հնարավորություն է տալիս գտնել համապատասխան մանրամասնությունների կետերը, ինչպես նաև համեմատել կետերի բազմությունները մատնահետքերի համադրումից հետո:

<sup>4</sup>Jain A.K., Hong L. and Bolle R., "On-line fingerprint verification", IEEE Transactions on Pattern Analysis Machine Intelligence, vol. 19, no. 4, pp. 302–313, 1997.

Աշխատանքի **3-րդ գույքը** նվիրված է մշակված ծրագրային համակարգի նկարագրությանը, ինչպես նաև փորձնական արդյունքների քննարկմանը: **3.1** պարագրաֆում նկարագրվում են մշակված ծրագրային համակարգի գործառնությունները, որոնք բերված են նկար 7-ում:



**Նկար 6:** Առաջարկվող ալգորիթմի աշխատանքով երկու մատնահետքերի համադրման համար դուրսբերված կետերի և նրանց համապատասխան S գծերի օրինակներ;  $A=A'$ ;  $B=B'$ ;  $C=C'$

Քննարկվում են ծրագրային համակարգում օգտագործված ալգորիթմերը, հղում կատարելով երկրորդ գլխում նկարագրված և առաջարկվող ալգորիթմերին: Ալգորիթմի աշխատանքի օրինակը մեկ մատնահետքի պատկերի վրա ցուցադրված է նկար 8-ում: **3.2** պարագրաֆում նկարագրվում են ծրագրային համակարգում օգտագործված տեխնոլոգիաները, ծրագրային համակարգի ինտերֆեյսը և տվյալների ներկայացման ֆորմատները: **3.3** պարագրաֆում նկարագրված են փորձնական արդյունքները, որոնք ստացվել են ծրագրային համակարգի կիրառմամբ: Փորձերը կատարվել են FVC2000, FVC2002, FVC2004 հենքերի<sup>5</sup> հիման վրա, որոնք հանդիսանում են Բոլոնյայի համալսարանի<sup>6</sup> կողմից կազմակերպված մատնահետքերի ճանաչման մրցույթների համար փորձնական հենքեր: Յուրաքանչյուր հենքում առկա է 100 տարբեր մատերի 8 մատնահետքերի պատկերներ, որոնք տարբերվում են իրենց դիրքերով և որակներով:

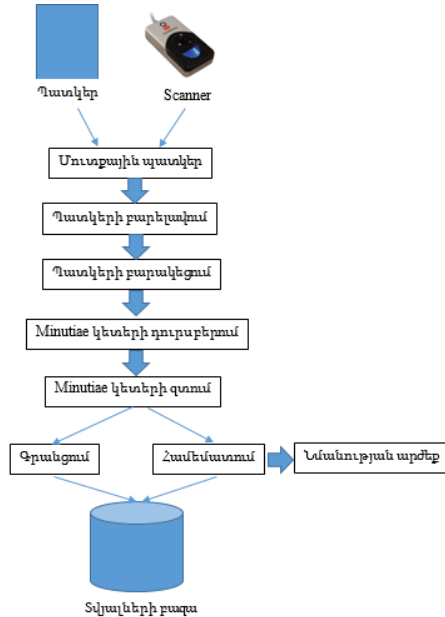
Ստացվել են հետևյալ արդյունքները. Յուրաքանչյուր մատնահետքի գրանցման միջին արագությունը՝ **240 մվ.**, յուրաքանչյուր պատկերից դուրսբերված տվյալների միջին չափը՝ **7.0KB:**

Տվյալների պահոցում պատկերների գրանցումից հետո կատարվել են 1:1 համեմատումներ (յուրաքանչյուր մատնահետք համեմատվում է պահոցում առկա բոլոր մատնահետքերի հետ)

<sup>5</sup>Fingerprint Verification Competition, <http://bias.csr.unibo.it>

<sup>6</sup>University of Bologna, <http://www.unibo.it/Portale/default.htm>

և հաշվարկվել են համեմատման համար պահանջվող միջին ժամանակները, որոնք բերված են Աղյուսակ 2-ում:



**Նկար 7:** Ծրագրային համակարգի փուլերը



**Նկար 8:** ա) Մուտքային մատնահետք; բ) բարելավում; գ) բարակեցում; դ) կետերի դուրսբերում

**Աղյուսակ 2:** Յուրաքանչյուր հենքի 1:1 համեմատման միջին ժամանակը

Պատկերների հենք	FVC2000 DB1	FVC2000 DB2	FVC2000 DB3	FVC2000 DB4
1:1 համեմատում	6.7 մվ.	6.2 մվ.	6.9 ms	6.2 մվ.
Պատկերների հենք	FVC2002 DB1	FVC2002 DB2	FVC2002 DB3	FVC2002 DB4
1:1 համեմատում	6.9 մվ.	7 մվ.	6.7 մվ.	6.7 մվ.
Պատկերների հենք	FVC2004 DB1	FVC2004 DB2	FVC2004 DB3	FVC2004 DB4
1:1 համեմատում	6.7 մվ.	6.4 մվ.	6.9 մվ.	6.9 մվ.



Առաջարկվող ալգորիթմի համեմատությունը հայտնի ալգորիթմերի հետ բերված է Աղյուսակ 3-ում:

**Աղյուսակ 3:** Փորձերի արդյունքում ստացված տվյալները համեմատելով FVC2004-ում<sup>7</sup> կիրառված ալգորիթմերի արդյունքների հետ

Ալգորիթմ	Միջին սխալը	Միջին գրանցման ժամանակը *	Միջին համեմատման ժամանակը *	Դուրսբերված տվյալների միջին չափսը
<a href="#">P101</a>	2.07%	0.08 sec	1.48 sec	24.0Kb
<a href="#">P047</a>	2.10%	2.07 sec	2.07 sec	1.3Kb
<b>Առաջարկվող ալգորիթմ</b>	<b>3.23%</b>	<b>0.24 sec *</b>	<b>0.07 sec *</b>	<b>7.8Kb</b>
<a href="#">P026</a>	7.27%	2.52 sec	3.78 sec	9.6Kb
<a href="#">P051</a>	10.03%	0.13 sec	0.18 sec	5.3Kb
<a href="#">P006</a>	13.08%	0.34 sec	0.33 sec	64.5Kb

\*Գրանցման և համեմատման միջին ժամանակները համեմատելի չեն, քանի որ հայտնի չէ FVC2004 մրցույթում օգտագործված համակարգչի տվյալները իրականացված փորձերի համար:

Առաջարկվող ալգորիթմը բավականին մրցունակ արդյունք է ցուցադրում ինչպես սխալի, այնպես էլ գրանցման և համեմատման ժամանակների առումով: Ծրագրային համակարգի ալգորիթմի արդյունավետությունը ստուգելու համար փորձ է արվել ճանաչել ոչ ամբողջական մատնահետքեր: Սուտքային ոչ ամբողջական մատնահետքը իրական մատնահետքի 80%, 60%, կամ 40%-ն է կազմում: Մխալանքը դա սխալ չհամընկնումների և սխալ համընկնումների տոկոսային արժեքն է: Ստացված արդյունքները բերված են Աղյուսակ 4-ում:

**Աղյուսակ 4:** Ոչ ամբողջական մատնահետքի ճանաչման փորձերի արդյունքները

Պատկերի ամբողջականությունը	100%	80%	60%	40%
FVC2000 սխալանքի միջին չափսը	3.65%	3.89%	4.3%	26.7%
FVC2002 սխալանքի միջին չափսը	3.38%	3.62%	4.8%	25.9%
FVC2004 սխալանքի միջին չափսը	3.23%	3.4%	4.5%	24.6%

Փորձի օրինակ FVC2004 մատնահետքի համար բերված է Աղյուսակ 5-ում: Մեկ այլ փորձում (Աղյուսակ 6) համակարգը 40% պատկերի դեպքում չկարողացավ ճանաչել մուտքային մատնահետքը:

<sup>7</sup> Fingerprint Verification Competition, <http://bias.csr.unibo.it>

**Աղյուսակ 5:** Մուտքային ոչ ամբողջական մատնահետքի փորձի օրինակ, աջից՝ համապատասխան պատկերը; ձախից համապատասխան մանրամասնությունների կետերը (նմանության շեմ. 48)

<p>ա) 100%</p>	<p>Minutiae կետեր. 44; Նմանություն. 1206</p>	<p>բ) 80%</p>	<p>Minutiae կետեր. 30 Նմանություն. 786</p>
<p>գ) 60%</p>	<p>Minutiae կետեր. 20 Նմանություն. 645</p>	<p>դ) 40%</p>	<p>Minutiae կետեր. 4 Նմանություն. 68</p>

Փոքր և անորակ մատնահետքերի դեպքում ծրագրային համակարգը կարելի է կիրառել պահոցում փնտրման միջակայքը նեղացնելու համար: Մշակված ծրագրային համակարգը հաշվի է առնում մուտքային մատնահետքի ցածր որակը, դիրքի փոփոխությունը և ուղղվածությունը, ինչպես նաև հնարավորություն է տալիս ճանաչել մատնահետքերը, որոնցում առկա են քիչ քանակով մանրամասնությունների կետեր, կամ ոչ ամբողջական մատնահետքեր, լոկալ հատկանիշների համապատասխանեցման եղանակով:

**Աղյուսակ 6:** Մուտքային մատնահետքի ոչ ամբողջական լինելու դեպքում փորձի օրինակ

<p>100% նմանություն. 1674</p>	<p>80% նմանություն. 1352</p>	<p>60% նմանություն. 538</p>	<p>40% նմանություն. 0</p>
-----------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------

## ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ

- Մշակվել է մատնահետքերի բարակեցման արդյունավետ և արագագործ նոր ալգորիթմ [1, 6]:
- Մշակվել է մատնահետքերի մանրամասնությունների կետերի (minutiae points) համապատասխանեցման նոր ալգորիթմ, որում ի նկատի են առնվում մատնահետքերի դիրքերի շեղումները և նրանց ոչ ամբողջական լինելը [2, 5]:
- Առաջարկվող ալգորիթմերի օգտագործմամբ մշակվել է մատնահետքերի ճանաչման մի ամբողջական ընթացակարգ և ստեղծվել է մատնահետքերի ճանաչման նոր և արդյունավետ ծրագրային համակարգ [3, 4]:

## ՀՐԱՏԱՐԱԿՎԱԾ ԱՇԽԱՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. D. Kocharyan, “An Efficient Fingerprint Image Thinning Algorithm”, *American Journal of Software Engineering and Applications (AJSEA)*, Vol. 2, No. 1, 2013, pp. 1-6.
2. D. Kocharyan, H. Sarukhanyan, “Feature Extraction Techniques and Minutiae-Based Fingerprint Recognition Process”, *Eighth International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT-11)*, Sept. 26 – 30, 2011, Yerevan, Armenia, pp. 217-220.
3. D. Kocharyan, H. Sarukhanyan, “High-Speed Fingerprint Recognition Method”, *2nd International Conference on Multimedia Technology (ICMT2011)*, July 26 - 28, 2011, Hangzhou, China, pp. 5892 – 5895.
4. D. Kocharyan, H. Sarukhanyan, “High speed fingerprint recognition method”, *IEEE Xplore*, July 26 - 28, 2011, <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6003005>.
5. D. Kocharyan, H. Sarukhanyan, “Feature Extraction Techniques and Minutiae-Based Fingerprint Recognition Process”, *The International Journal of Multimedia Technology*, 2011, vol.1 No.1., 30.09.2011, pp. 31-35.
6. D. Kocharyan, “New Fingerprint Image Thinning Algorithm”, IIAP of RA, *Mathematical Problems of Computer Science 39*, pp. 21-30, 2013.

## **Разработка методов распознавания отпечатков пальцев и их программная реализация**

Идентификация и верификация личности является очень важной задачей для общественного и частного сектора. Биометрические системы проверяют и идентифицируют личность человека используя его поведенческие или физиологические биометрические данные. Поведенческими биометрическими данными являются подпись, походка, речь и нажатие клавиш, которые изменяются с возрастом. Физиологические параметры не меняются в течение всей жизни человека. Такими параметрами являются лицо, отпечатки пальцев, отпечаток ладони и радужная оболочка глаза. Использование конкретной характеристики в биометрической системе обуславливается требованиями данной системы.

Распознавание отпечатков пальцев - самый распространенный способ идентификации личности, так как является практичным, стабильным, ясным, надежным, точным и приемлемым. Исторически, распознавание отпечатков пальцев долгое время было связано с криминологией, в частности с судебной медициной. Разработка более дешевых и надежных автоматизированных систем распознавания отпечатков пальцев и присущая легкость сбора отпечатков пальцев привели к широкому применению этого метода в коммерческих и гражданских сферах.

Биометрическая система основанная на распознавании отпечатков пальцев относиться к автоматическому методу верификации сходства между двумя человеческими отпечатками пальцев.

Распознавание отпечатков пальцев рассматривается главным образом как задача сопоставления точечных образов. Решение этой задачи непростое, так как отпечатки пальцев могут быть низкого качества, содержать шумы или могут быть преобразованы и неправильно расположены. Таким образом, задача распознавания отпечатков пальцев до сих пор решена не полностью, так как низкое качество, неправильная расположенность и наличие шумов в изображениях отпечатков пальцев могут стать причиной повышения коэффициента ошибки в системе.

В свете вышесказанного становится очевидным, что создание эффективной системы распознавания отпечатков пальцев с учетом низкого качества и смещенного образа является важной и безотлагательной работой.

Целью данной диссертации является разработка эффективного метода распознавания отпечатков пальцев, который учитывает образы с низким качеством, с наличием шумов и со смещением, и создание системы распознавания отпечатков пальцев на основе этого метода.

### **Научная новизна**

- Предложен новый и эффективный алгоритм утончения отпечатков пальцев основанный на известном алгоритме Zhang-Suen.
- Предложен новый алгоритм сопоставления характерных точек (*minutiae*) отпечатков пальцев, который учитывает отклонения в расположении и неполноту образов отпечатков пальцев.

- На основе вышеупомянутых алгоритмов разработана система распознавания отпечатков пальцев и предложен законченный метод распознавания отпечатков пальцев.

### **Применяемость результатов**

Разработанная система распознавания отпечатков пальцев может применяться в различных секторах для идентификации и верификации личности. Программа может быть интегрирована в любую систему для идентификации пользователей. Разработанная система, которая учитывает неполноту и низкое качество отпечатков пальцев, может применяться в таких отраслях как криминология, где вводимые отпечатки пальцев найденные на местах преступлений, в большинстве случаев содержат шумы, бывают низкого качества и неполные, что становится причиной ошибок и неверных идентификаций.

### **Для защиты представлены следующие положения:**

- Новый алгоритм утончения отпечатков пальцев, который учитывает строение гребня отпечатка пальца и эффективно обнаруживает расположения и типы характерных точек (minutiae).
- Новый алгоритм сопоставления характерных точек (minutiae), который учитывает смещение и неполноту отпечатков пальцев.
- Система распознавания отпечатков пальцев, в которую включены вышеуказанные алгоритмы, а также используется разработанный метод распознавания отпечатков пальцев.

### **Основные результаты диссертации:**

- Разработка нового и эффективного алгоритма утончения отпечатков пальцев [1, 6].
- Разработка нового алгоритма сравнения характерных точек, который учитывает смещение и неполноту отпечатков пальцев [2, 5].
- Разработка системы распознавания отпечатков пальцев работающей по предложенному завершённому методу распознавания отпечатков пальцев [3, 4].

## **Development of methods for fingerprint recognition and their software implementation**

Identification and verification of a person is a very important task for the public and private sectors. Biometric systems verify and identify a person using his or her behavioral and physiological biometrics. The behavioral biometrics are signature, gait, speech and keystroke, which change with age and environment. Physiological characteristics do not change throughout the lifetime of a person. Such characteristics include face, fingerprint, palm print and iris. Usage of a specific characteristic in a biometric system depends on the requirements of the system.

Fingerprint recognition is the most popular way to identify a person, because of feasibility, permanence, distinctiveness, reliability, accuracy, and acceptability. Historically speaking, fingerprints have been long associated with criminology, specifically forensics. Development of cheaper and robust automated fingerprint authentication systems coupled with the inherent ease of fingerprint acquisition, has led to its widespread commercial and civilian applications.

Biometric systems based on fingerprint recognition refer to the automated method of verifying a match between two human fingerprints.

Fingerprint recognition is mainly considered as a point-pattern matching problem. The solution of this problem is not trivial, because fingerprints might be of low quality, contain noise, be transformed and misplaced. Thus, fingerprint recognition is still not a fully solved problem, as low quality, misplaced and noisy fingerprint images can cause a raise in the error rate of the system.

Considering the above mentioned, creation of an efficient fingerprint recognition system that takes into consideration the low image quality and displacement of the fingerprint image, is an **important** and **urgent** task.

**The aim** of this thesis is to develop an efficient method of fingerprint recognition, that takes into consideration low quality, noisy and misplaced fingerprint images, and to create a fingerprint recognition system based on that method.

### **Scientific novelty**

- A new and efficient fingerprint thinning algorithm, which is based on the known Zhang-Suen algorithm, is proposed.
- A new fingerprint minutiae matching algorithm that considers the position deviations and incompleteness of the fingerprint images, is proposed.
- Based on the above mentioned algorithms, a fingerprint recognition system is developed and a complete fingerprint recognition method is proposed.

## **Applicability of the results**

The developed fingerprint recognition system can be applied in different sectors for person identification and verification. The software can be integrated into any system to identify the users. The developed system, that considers the incompleteness and low quality of the fingerprints can be used in areas, such as criminology, where the input fingerprints found at the crime scenes are mostly noisy, low quality and incomplete, which causes errors and false identification.

### **The following statements are presented for defense:**

- The new fingerprint thinning algorithm, that considers the ridge structures of the fingerprint and efficiently detects minutiae point locations and types.
- The new minutiae points matching algorithm that considers the displacement and incompleteness of the fingerprints.
- The fingerprint recognition system, that includes the above mentioned algorithms and uses the developed fingerprint recognition method.

### **The main results of the thesis are:**

- Development of a new and efficient fingerprint thinning algorithm [1, 6].
- Development of a new rotation and alignment invariant fingerprint minutiae matching algorithm [2, 5].
- Development of a fingerprint recognition software system, that operates on the proposed complete fingerprint recognition method [3, 4].



Ծավալը՝ 24 էջ: Տպաքանակը՝ 100:  
ՀՀ ԳԱԱ ԻԱՊԻ կոմպյուտերային պոլիգրաֆիայի լաբորատորիա:  
Երևան, Պ. Սևակի 1