

МРНТИ 20.53:31
УДК 004.9

<https://doi.org/10.51889/2020-2.1728-7901.36>

К.С. Иманбаев¹, Ж.Ж. Қожамқұлова², Ж.Т. Айтұганова¹, М.М. Сыдықова¹

¹ Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

² Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

САУСАҚ ІЗДЕРІН ТАНУ СУРЕТІН ЖАҚСARTУ ӘДІСТЕРІ

Аңдатпа

Бұл мақалада суретті жақсартуда саусақ іздерін тану есебін шешу үшін Гаусстық шу («ак шу» ретінде белгілі) алгоритмі, қарама-қайшылықты реттеу және қарқындылықты қалпына келтіру әдістері және пайдаланылатын деректер (параметрлер), саусақ іздерінің суреттерінде жоғары шу деңгейі бар аймақтарды қалпына келтіру және кескінді жақсарту әдістерімен пайдаланылатын ақауларды жою қарастырылған. Сонымен бірге бұл мақалада саусақ іздерін салыстыру процесінің ең негізгі бөліктерінің бірі – суреттерді өңдеу қарастырылды. Атап айтқанда, саусақ іздерін салыстыру мәселесіне, саусақ іздерін бұрмалаудың бірнеше әдістеріне, саусақ іздерін жақсартудың бірнеше кеңінен қолданылатын әдістеріне және зерттеу барысында қолданылатын суреттерді өңдеу құралдарына тән шу талқыланды. Сақтауға байланысты файл пішімінің ерекшеліктері саусақ іздерін танудағы негізгі міндеттердің бірі болып табылады.

Түйін сөздер: Гаусс шуы, саусақ іздерін салыстыру алгоритмдері, қарама-қайшылықты реттеу және қарқындылықты қалпына келтіру, саусақ іздері, орташа мән және дисперсия.

Аннотация

Иманбаев К.С.¹, Қожамқұлова Ж.Ж.², Айтұганова Ж.Т.¹, Сыдықова М.М.¹

¹ Алматинский технологический университет, г.Алматы, Казахстан

² Казахский национальный женский педагогический университет, г.Алматы, Казахстан

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ РАСПОЗНАВАНИИ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ

В настоящей работе рассмотрены решения задач распознавания отпечатков пальцев для улучшения изображения алгоритма уменьшающий Гауссовский шум (известный как «белый шум»), методы регулировки контрастности и нормализации интенсивности и используемые данные (параметры), восстановления областей с высоким уровнем шума на изображениях отпечатков пальцев и устранения повреждений. В этой статье также обсуждается одна из самых важных частей процесса сравнения отпечатков пальцев - обработка изображений. В частности, обсуждались шум, связанный со сравнением отпечатков пальцев, несколько методов искажения отпечатков пальцев, несколько распространенных методов улучшения отпечатков пальцев и инструменты обработки изображений, используемые в исследованиях. Функции, связанные с сохранением формата файла, являются одной из ключевых функций распознавания отпечатков пальцев.

Ключевые слова: гауссовский шум, алгоритмы при сопоставления отпечатков пальцев, методы регулировки контрастности и нормализации интенсивности, отпечатка пальцев, среднего значения и дисперсии

Abstract

METHODS FOR IMPROVING THE IMAGE OF FINGERPRINT RECOGNITION

Imanbaev K.S.¹, Kozhamkulova Zh.Zh.², Aituganova Zh.T.¹, Sydykova M.M.¹

¹ Almaty technological University Almaty, Kazakhstan

² Kazakh national women's teacher training university, Almaty, Kazakhstan

In this paper, we consider solutions to the problems of fingerprint recognition to improve the image algorithm that reduces Gaussian noise (known as "white noise"), methods for adjusting the contrast normalization intensity and data used (parameters), restoring areas of high noise on the images of fingerprints. In addition, this process is one of the most important part of the process, which involves the cleavage of the cleavage of the palms - the processing of the image.

By consistency, the noise obtained, coupled with the overlap of the cleavage, the multiple methods of drawing the cleavage of the cleavage, the multiple disaggregated methods of gaining the cleavage of the cleavage, and the workmanship of the instrument, Functions, combined with file format overlays, move from one-to-one key folding functions to the overlay palms.

Keywords: Gaussian noise, algorithms for matching fingerprints, methods of contrast control and normalization intensity of fingerprint, average value and dispersion.

Бүгінде визуалды белгілердің жалпы қабылданған жиынтығы жоқ. Бір визуалды белгілер жиынтығының болмауы кескіндерді талдауда белгілі бір қиындықтар туғызады. Біріншіден, таңдау мәселесі туындайды, ол қандай белгілерді қалыптастыру қажет екенін анықтайды. Сонымен қатар, кейіпкерлердің қалыптасуындағы нақтылықты анықтау проблемасы бар.

Қазіргі уақытта суреттердің символдық сипаттамасы әзірлеу деңгейінде. Символдық сипаттаманы құру заңдылықтарын жақсы түсінген кезде, кескінді талдаудың жалпы жүйелерінің мүмкін болатын даму кілті жатыр. Қазіргі уақытта элементтер массиві немесе қарапайым белгілер жиынтығы арқылы кескіннің символдық сипаттамасын қалыптастырудың негізгі кезеңі элементтердің геометриялық байланысы мен байланысын анықтау болып табылады, осыған байланысты олар сол сыныпқа жатады деп болжанады. Тіктөртбұрышты тор түріндегі бинарлық сурет үшін төрт элементтен тұратын сақина барлық қабылданған анықтамаға сәйкес бұл суретті үш аймаққа бөледі: сақинаның сыртындағы ақ элементтер, сақинаның ішіндегі ақ элементтер және сақинаның өзіндегі элементтер, әр аймақтың ішіндегі элементтер бір бірімен байланысты. Сіз екілік суретті екі ұштылықпен тұрғыза аласыз. Бұл сұраққа нақты жауап белгілі бір дәрежеде қосылыстың қажетті анықтамасына байланысты.

Көп градустық суреттердің жалпы көрінісі - сегіз көрші элементтермен қоршалған элемент (А элементі) (В-ден І-ге дейін). А элементінің S қасиеті бірнеше қарапайым сипаттаманың (жарықтылық, түс, құрылым және т.б.) негізінде құрылған делік. Төрт қосылыстың анықтамасы бойынша, А элементінде S қасиеті бар. Сол сияқты, төрт буынды А және Е, С және D элементтерін жиек бойымен шектейтін элементтер арасында орнатуға болады, егер жұптың екі мүшесінің де қасиеті бірдей болса. Сегіздік қосылыс А элементін диагональ бойынша көршілерінің бірімен, мысалы, F нүктесімен шектесетін F элементімен, егер екеуінде бірдей қасиет болса, қосуға мүмкіндік береді.

Төрт қосылыстың анықтамасына сәйкес төрт ажыратылған қара түзу сызықты сегменттер бар, ал сегіз байланыстың анықтамасына сәйкес жалғанған қара элементтердің сақинасы бейнеленген. Сегіз қосылыста ақ сақинаның ішінде орналасқан және сақинаның сыртынан ақ элементтермен байланысқанын атап өтеміз. Осылайша, парадокс пайда болады. Егер қара элементтер сақинаға сегіз байланыс принципі бойынша қосылса, онда бұл сақинаның ішкі және сыртқы ақ элементтері бөлінеді деп күтуге болады. Осы дилемманы шешу үшін S қасиеті бар элементтер үшін сегіз байланыс анықталады, ал S қасиеті бар элементтер үшін төрт байланыс принципі (S жиынының DS-қосымшасы) немесе керісінше орнатылады.

Окшауланудың анықтамасы жасалынған, А элементі окшауланған деп аталады, егер сегіз байланыс принципі оған көршілердің кез-келгеніне қатысты сақталмаса. А элементі - бұл В, С, D, Е көршілерінің әрқайсысына қатысты төрт байланыс принципі сақталатын ішкі элемент. Сіз ең болмағанда ең жақын көршілерімен төрт байланысы жоқ шекара элементін таба аласыз. Қосылым анықтамалары тікбұрышты растрдың нүктелерінде үздіксіз кескін өрісінде үлгілерді алу арқылы алынған сандық кескін үлгісіне негізделген. Голай алты бұрышты тор құрылымын ұсынды [1]. Мұндай құрылым тікбұрышты торды қолданудан туындаған көптеген қиындықтардан аулақ болады. Алты қырлы жүйе жағдайында көрші элементтер алты қасиетті болады, егер олар бірдей қасиеттерге ие болса және бір-бірімен ортақ жиек бойымен шектессе. Мүмкіндіктерді шығарудың көптеген проблемалары үшін алты байланыс арқылы аймақтардың шекараларын құру алгоритмдері жасалды [2].

Алайда, алтыбұрышты жүйені кеңінен қолдануға оның негізгі екі кемшілігі кедергі келтіреді. Біріншіден, кескінді сканерлеу құрылғыларының көпшілігінде тік бұрышты растр бар; алтыбұрышты растрге көшу үлкен қиындықтарға тап болады. Екіншіден, алтыбұрышты растр көптеген кеңістіктік өңдеу алгоритмдері үшін ыңғайлы емес, мысалы жинақтау және Фурье түрлендіруі.

Саусақ ізі кескіндерінің сапасын кеңістікте өңдеудің жоғарыда аталған алгоритмдері процесті алгоритмдеу үшін өте қолайлы емес.

Суреттердің сапасын жақсартудың түрлі әдістері бар. Саусақ іздерін тану кезінде суретті жақсартудың мынандай осал сәттері кездеседі:

- саусақ іздерін салыстыру кезінде көптеген алгоритмдер «ақ шу» ретінде белгілі Гаусстық шуды азайтпайды;
- қарама-қайшылықты реттеу және қарқындылықты қалпына келтіру және пайдаланылатын деректер;
- саусақ іздерін тану суретінде шу деңгейі жоғары аймақтарды қалпына келтіру және зақымдануды жою;
- суретті жақсарту әдістерімен қолданылатын кезеңдер;
- саусақ іздерін тану суретіне сүзгіні қолдану кезінде талап етілетін параметрлер;
- қысу алгоритмі;
- әр түрлі форматтағы суреттерді түрлендіру үшін суреттер кітапханасы;
- сақтау форматына байланысты файл форматының ерекшеліктері.

Бұл жұмыста саусақ іздерін тану кезінде суретті жақсарту және Гаусс шуын азайту үшін Гаусс бойынша шайылу әдісі ұсынылады. Гаусс бойынша шайылу дегеніміз, саусақ іздерінің өңделмеген деректерін алу үшін пайдаланылатын құралдар көмегімен қосуға болатын Гаусстық шуды тиімді азайтатын саусақ іздерін салыстырудың көптеген әр түрлі алгоритмдерін қолданатын кең таралған

әдіс. Гаусс бойынша шайылу Гаусс ядросы бар екі өлшемді жинақтауды орындау арқылы бірінші өрнекте көрсетілгендей орындалады:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\omega} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\omega^2}} \quad (1)$$

Бұл үрдіс суреттегі «ақ шу» немесе «Гаусстық шуды» азайтуға мүмкіндік береді. Қарама-қайшылықты реттеу және қарқындылықты қалпына келтірудің түрлі әдістері бар. Ең көп таралған әдістердің бірі нақты орташа мән мен дисперсияны μ и σ^2 және тиісінше сондай ақ мақсатты мән мен дисперсияны μ_0 и σ_0^2 және жауапсыздықты пайдалана отырып попиксельді нормалау болып табылады. Әрбір кіріс пикселі $I(i, j)$ (2) теңдеуді пайдалана отырып өзінің тиісті шығыс $G(i, j)$ пикселіне түрлендіреміз [2]: *if* $I(i, j) > \mu$

$$G(i, j) = \begin{cases} \mu_0 + \sqrt{\frac{\delta_0^2(I(i, j) - \mu)^2}{\sigma^2}}, & \text{if } I(i, j) > \mu \\ \mu_0 - \sqrt{\frac{\delta_0^2(I(i, j) - \mu)^2}{\sigma^2}}, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (2)$$

Хонг, Ван және Джайн ұсынған әдістеме саусақ іздерінің суреттерінде жоғары шу деңгейі бар аймақтарды қалпына келтіру үшін шуды айтарлықтай төмендету және сынған тарақтар мен қарама қайшылық зақымдарды жою үшін суретті жақсартудың басқа әдістерімен қолданылатын 5 кезеңнен тұратын технология қолданылады [3]:

- қарама қайшылықты оңтайландыру;
- жергілікті бағдарды бағалау;
- жиілікті жергілікті бағалау;
- өңірдің маскасын бағалау;
- сүзгілеу;

Бұл әдіс 4 және 5 кезеңдерде саусақ іздерін жақсартудың басқа әдістерінен ерекшеленеді. 4-ші қадамда бейнені «қалпына келтірілетін» немесе шу бойынша қалпына келтірілуі немесе сүзілуі мүмкін және қалпына келтірілмейтін, бұл жағдайда шу немесе зақым тым үлкен аймақты елемеу керек, 5 кезеңде тарақтың және тарақ жиілігінің жергілікті бағдарына бағытталған Габор сүзгісінің жиынтығы пайдаланылады. Параллель шығыңқы жиілігі және бағдарымен берілген ақпаратты пайдалана отырып, жолақ сүзгісі шағын жергілікті аймақтарда одан кейін барлық саусақ іздерін тану суреттерінде қажет емес шуды жою үшін конфигурацияланған.

Саусақ іздерін верификациялау, сәйкестендіру және жіктеу мақсаттарында, әдетте, ерекше нүктелерді сенімді тану үшін, іздердің бастапқы суреттерін жақсарту қажет. Ізді жақсарту нұсқаларының бірі-көлем сүзгісі арқылы оны сүзу. Ол мерзімді құрылымы бар суреттер үшін тиімді. Алайда, іздердің түрлі учаскелерінде сызықтардың әр түрлі бағытталуына байланысты Габор сүзгісі қажет. Өрісті ескере отырып салынған түрлендірілген көлем сүзгісі бұл мәселені шешуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, мақалада ұсынылған когеренттік есептеу одан әрі алгоритмдер үшін қызығушылық салалары болып табылатын кескіннің ең айқын сегменттерін бөлуге мүмкіндік береді.

Суреттегі саусақ ізі әдетте суретті сәйкестендіруге қажетті ілмектер, Дельта және бұйра сияқты белгілерді көрсетеді. Алайда, әртүрлі кедергілердің (кір, қатпарлар және т. б. салдарынан өңделмеген суретте) іздер сызықтары бұрмалануы мүмкін, бұл белгілерді танудағы қателер. Мұндай қателерді жою үшін сурет жақсартылады. Бұл ретте кескін ойындылығы төмендейді, ал модель анағұрлым анық. Әдебиетте саусақ іздерінің суреттерін жақсарту үшін көлемді сүзгі негізіндегі әдістер жиі қолданылады, ол кескіндердің периодтық құрылымын ескереді [1, 2]. Сүзгіні классикалық іске асыру өте әмбебап болғандықтан, оның саусақ іздері суреттерінің ерекшеліктерін ескеретін модификацияланған нұсқалары қолданылады [3]. Уақыттық домендегі жиіліктің жиіліктік аймақтағы көбейтуге сәйкес келу қасиетіне байланысты Габор сүзгісінің импульстік реакциясының Фурье түрленуі - гармоникалық функцияның Гауссиан және Фурье түрлендірулерінің жинақталуы болып табылады. Габор сүзгілері Габор толқындарына тікелей қосылады, өйткені олар бірнеше жиіліктер мен бұрылыстар жасай алады.

Габор кеңістігі (сигналы бар сүзгіні орау) бейнелерді өңдеудің түрлі қосымшаларында, атап айтқанда, қауіпсіздіктің биометриялық жүйелерінде Радуга қабығын тану үшін және саусақ іздерін тану негізінде қол жеткізуді бақылаудың автоматтандырылған жүйесінде жиі қолданылады.

Габордың классикалық сүзгісі

$$h(x, y) = \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right) \cos 2\pi f(x \sin\theta + y \cos\theta) \quad (3)$$

мұндағы x, y - нүктенің координаталары; σ - есептелген қалыпты үлестірімнің стандартты ауытқуы; f - жиілік; θ - фильтрдің бағыты (σ және f параметрлері сүзгі маскасына жатады, θ бұрышы кескіннің үстіндегі масканың бағытын білдіреді). Формула - бұл Гауссиандық және периодтық функцияның өнімі, ол периодты бейнелердің монотонды аймақтарының жақсаруын білдіреді. Сүзуді қолдану үшін жоғарыда аталған Габор сүзгісінің параметрлерін білу керек. Саусақ іздері жағдайында сызықтардың жиілігі мен стандартты ауытқу негізінен кескіннің жергілікті сипаттамаларына сәйкес келеді.

Саусақ іздерін тануда Габор сүзгісін пайдалану үшін (4) формулада көрсетілгендей 3 параметр қажет:

1. осы аймақтағы тарақ жиілігі, f
2. осы аймақтағы тарақтарды бағдарлау, φ
3. Гаусстың қалыпты ауытқулары

$$h(x, y; \varphi, f) = \exp\left\{-\left[\frac{x_\varphi^2}{\delta_x^2} + \frac{y_\varphi^2}{\delta_y^2}\right]\right\} \cos(2\pi f x_\varphi), \quad (4)$$

мұндағы:

$$\begin{aligned} x_\varphi &= x \cos\varphi + y \sin\varphi, \\ y_\varphi &= -x \sin\varphi + y \cos\varphi. \end{aligned} \quad (5)$$

Жиілік пен бағдар сүзілетін ағымдағы бағдар арқылы алынған δx және δy мәндерін таңдау компромисті білдіреді. Мәні үлкен болған сайын соғұрлым сүзгі шуға төзімді болады, бірақ сүзгі паразиттік тарақтар мен ойпаттар жасауы мүмкін. Сол сияқты параметрлердің мәні аз болған сайын паразиттік шығыңқы аз бөлінеді, бірақ шуды азайтуға тиімсіз болады [3]. Жақсартылған E бейнесі келесі теңдеу (5) арқылы алынады:

$$E(i, j) = \begin{cases} 255, & \text{егер } R(i, j) = 0 \\ \sum_{u=-\omega_g/2}^{\omega_g/2} \sum_{v=-\omega_g/2}^{\omega_g/2} h(u, v; O(i, j), F(i, j)) G(i-u, j-v), & \text{егер } R(i, j) \neq 0 \end{cases} \quad (6)$$

мұндағы G – саусақ ізінің қалыпты бейнесі, O – бағдар бейнесі, F – жиілік кескіні, R – 4-ші қадамда алынған қалпына келтірілетін маска, ω_g – Габор сүзгісінің өлшемі.

Вейвлет қысу алгоритмі скалярлы кванттау және декомпрессияның тиісті алгоритмі саусақ іздерін идентификациялау жүйесінің бір бөлігі ретінде қолданылады. Кескінді өңдеудің әр түріндегі негізгі міндет - оны ықшам түрінде көрсетуге мүмкіндік беретін тиімді көріністі табу. Заманауи сигналдар теориясы мен практикасында, атап айтқанда спектрлік анализде ерекше типтегі сигналдар – толқындар қолданылады. Ең көп тараған әр түрлі пішімдер арасындағы суреттерді түрлендіру үшін Python суреттер кітапханасы пайдаланылады. Бұл суреттерді басқару құралдары саусақ іздерінің суреттерінде ұсақ бөлшектерді салу үшін, сондай-ақ өңделмеген суреттерді түрлендіру және бар суреттерді көру бағдарламаларымен пайдалану үшін PNG-дағы WSQ кескіндері.

Бұл мақалада саусақ іздерін салыстыру процесінің ең негізгі бөліктерінің бірі – суреттерді өңдеу қарастырылды. Атап айтқанда, саусақ іздерін салыстыру мәселесіне, саусақ іздерін бұрмалаудың бірнеше әдістеріне, саусақ іздерін жақсартудың бірнеше кеңінен қолданылатын әдістеріне және зерттеу барысында қолданылатын суреттерді өңдеу құралдарына тән шу талқыланды.

Сақтауға байланысты файл пішімінің ерекшеліктері саусақ іздерін танудағы негізгі міндеттердің бірі болып табылады. Саусақ іздерін кескіндері кітапханалары бар, олар тиісті шаралары жоқ сақтау үшін тиімді емес талаптар жасайды. саусақ іздерінің дерек қоры 66 миллионнан астам үлгіні құрайды, олардың көпшілігінде он шақты іздері бар толық карточкалар және бірнеше таңбалар жиынтығы бар. Келесі тарауда осы мәселені шешу үшін қабылданған шаралар сипатталады: сәйкестендіру жүйелерінде саусақ іздері үшін WSQ сурет пішімін жасау. Сонымен қатар, бұл тарауда әзірленген жүйеде қолданылатын файл пішімдері қарастырылады. Саусақ іздерінің деректері көбінесе суреттер түрінде сақталады. Бұл саусақ ізі туралы қосымша ақпаратты сақтап қана қоймай, сондай ақ жаңа және қызықты нәтижелерге әкелуі мүмкін саусақ іздерін ескі саусақ іздерімен салыстырудың және белгілерін алудың жаңа әдістерін пайдалануға мүмкіндік береді. Сурет түрінде саусақ іздерін

сақтаудың кемшілігі (алынған нысандар тізімі түрінде файлдарды сақтаудың орнына) суреттер бір ғана функциялар туралы ақпаратпен салыстырғанда айтарлықтай үлкен. Шынында да, саусақ іздерін салыстыру алгоритмдері туралы айтылғанда саусақ ізінің үлкен бөлігі шулы болып табылады. Шағын саусақ іздері деректер қоры үшін бұл проблема емес. Бірақ ірі ұйымдар үшін, егер олардың деректер қорының өлшемін ескерсе, шығынсыз кескіндерге қызмет көрсету тым қауіпті. Бұл сақтау проблемасын шешу үшін, барлық пайдалы функцияны сақтай отырып, саусақ ізінің суретінің деректерін барынша қысыңыз. Қазіргі уақытта суреттерді қысудың бірқатар әдістері қолданылады. PNG, TIFF және JPEG форматтары үшін жоғалтусыз қысу әдістері де бар. Осы әдістердің көпшілігі саусақ іздерінің бейнелері үшін тиісті қысу коэффициенттерін қамтамасыз етсе де, жиі саусақ іздері бар пайдалы ақпараттың едәуір бөлігі жоғалады [4]. Шығынсыз қысу әдістері жартылай түстік бейнелер үшін шамамен 2 қысу коэффициентін қамтамасыз етеді. Басқа да танымал қысу әдістері 0,75 биттік пиксельге теңшелгенде «блокты әсерлер» кедергісін жасайды және тым көп ақпаратты алып тастайды. Ұсақ түйектерді жинауға бұрмалаудың осы түрінің әсері анық, «блоктық» шуы тарақтарды «жылжытуы» мүмкін, ол тарақтарды жұқарту процесімен бірге тарақтың аяқталу түріндегі паразиттік ұсақ-түйектерді тудыруы мүмкін. Жалған ұсақ-түйектердің пайда болу дәрежесі саусақ іздерінің тарақтарын тегістеу үшін қолданылатын «блоктық» шудың және әдістің күрделілігіне байланысты [5]. Қысудың қолайлы алгоритмінің жоқтығына жауап ретінде жадтың жетіспеуі көптеген ірі ұйымдар үшін сыни проблема болған кезде баламаларды зерттеу қажет болды. Хоппер, Престон, Брэдли және Брислаунның зерттеу нәтижесінде әзірленген қысу стандарты Вейвлет скалярлық кванттау (WSQ - Wavelet/ScalarQuantization) қысу схемасы ретінде белгілі [6]. Бұл жұмыста басты назар Гаусстық шуды азайту үшін сурет сапасын жақсартуда саусақ іздерін тануға, қарама-қарсылықты реттеу әдістері мен қалпына келтіру қарқындылығы және пайдаланылатын деректер (параметрлер), саусақ іздерінің суреттерінде жоғары шулы аймақтарды қалпына келтіру, суретті жақсарту әдістерімен қолданылатын кезеңдерді, саусақ іздерін тану суреттерінде талап етілетін параметрлер, қысу алгоритмі, әр түрлі форматтағы суреттерді түрлендіру үшін суреттер кітапханасын, сақтауға талап етілетін файл форматтарының ерекшеліктеріне аударылады. Өлшем сүзгісін қолдану суретті жақсартады. Онда таңбалар сызықтары қарама-қарсы бөлініп, шулар жойылады. Бинаризацияланған сурет одан әрі түрлендіру үшін ыңғайлы: қаңқалау және таңбалардағы ерекше нүктелерді іздеу. Когеренттілікті пайдалану қосымша есептеулерді орындайтын қызығушылық аймағын бөлектеуге мүмкіндік береді.

Пайданылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Federal Bureau of Investigation, "The Integrated Automated Fingerprint Identification System," Online http://www.fbi.gov/about-us/cjis/fingerprints_biometrics/iafis/iafis, Apr 2011, pp. 128.
- 2 C. M. Brislawn, J. N. Bradley, R. J. Onyszczak, and T. Hopper, "FBI Compression Standard for Digitized Fingerprint Images," *Spie*, vol. 2847, no. 344, pp. 344 - 355, Nov 1996.
- 3 H. Lin, W. Yifei, and A. K. Jain, "Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 20, no. 8, pp. 777 - 789, Aug 1998.
- 4 Гаспарян А.В. Система сравнения отпечатков пальцев по локальным признакам /А.В. Гаспарян, А.А. Киракосян // Вестник РАУ. Серия физико-математические и естественные науки. – 2006, стр. 85-91.
- 5 Jain A. K. and D. Maltoni, *Handbook of Fingerprint Recognition*, Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA, 2008, pp.506.
- 6 Hopper T., Brislawn C., and Bradley J., "WSQ Gray-Scale Fingerprint Image Compression Specification," *IAFIS-IC-0110-V2*, vol. 2, Feb 1993, pp. 143.

References:

- 1 Federal Bureau of Investigation, "The Integrated Automated Fingerprint Identification System," Online http://www.fbi.gov/about-us/cjis/fingerprints_biometrics/iafis/iafis, Apr 2011, 128.
- 2 Brislawn C. M., Bradley J. N., Onyszczak R. J., and T. Hopper (1996) "FBI Compression Standard for Digitized Fingerprint Images," *Spie*, 344 - 355.
- 3 H. Lin, W. Yifei, and A. K. Jain, (1998) "Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 777 - 789.
- 4 Gasparjan A.V. (2006) *Sistema sravnenija otpechatkov pal'cev po lokal'nym priznakam* A.V. Gasparjan, A.A. Kirakosjan *Vestnik RAU. Serija fiziko-matematicheskie i estestvennye nauki*. 85-91.
- 5 Jain A. K. and D. Maltoni, (2008) *Handbook of Fingerprint Recognition*, Springer-Verlag New York, 506.
- 6 Hopper T., Brislawn C., and Bradley J., (1993) "WSQ Gray-Scale Fingerprint Image Compression Specification," *IAFIS-IC-0110-V2*, vol. 2, 143.