

ПРЕПАРИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ РАДУЖКИ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ

Любовь Рябова, Мария Самойленко, Юлия Бойко

Рассматривается метод быстрого определения на цифровых изображениях глаза точки центра, лежащей внутри зрачка, которая может далее использоваться как его приближённый центр областей небольшого размера. Метод основан на бинаризации изображения с последующим поиском зрачка детектором Кенни. Для препарирования зрачка с целью его удаления из исходного изображения используется выделенный контур. Приведен альтернативный метод препарирования изображения радужки глаза за счет точного позиционирования объекта, частично закрытого непрозрачной маской. Для проведения численных экспериментов в качестве базы данных использованы изображения глаз общедоступной базы CASIO.

Ключевые слова: радужка, распознавание радужки, бинаризация изображений, идентификация.

Введение

Идентификация личности человека по изображению радужной оболочки глаза (РОГ) – один из развивающихся современных методов национальной биометрии, уже имеющий применение в системах контроля и управления доступом (СКУД). Он основан на том, что рисунок радужной оболочки глаза имеет строго индивидуальную, слабо меняющуюся со временем структуру изображения РОГ, поэтому для оценки качества обработки этих изображений на каждом этапе вводится специальное понятие яркостного портрета изображения. Яркостный портрет представляет собой трехмерную функцию отображения яркости каждого пикселя изображения. По осям x, y отложены координаты пикселей, а по оси z – значение яркости пикселя с координатами (x, y) . Зрачок большинства людей имеет форму, близкую к кругу, и отражает очень мало света, если направление освещения не совпадает с направлением камеры. Это позволяет искать его как темный круг на изображении. Выделение внутренней границы РОГ на изображении достаточно сложная задача, при решении которой, в силу объективных причин, возникают различные трудности. Так, например, зрачок может находиться в любом месте изображения, т.е. обязательно в центре [2] и сам зрачок не является самой большой темной частью на изображении глаз из-за наличия пятен на РОГ. Радиус зрачка может меняться в пределах $(0.2 - 0.8) R_{\max}$, где R_{\max} – внешний радиус и R_{\min} – внутренний радиус РОГ, а диаметр должен быть меньше 75% диаметра РОГ для корректного распознавания. Все эти причины заметно ухудшают качество распознавания.

Экспериментально установлено, что метод выделения по порогу и нахождения центра масс на

бинарном изображении [4] дает не всегда верные результаты для реальных изображений РОГ.

Наиболее часто используемым является метод Даугмана [1], который при помощи интегродифференциального оператора отыскивает область на изображении, где достигается максимум частной производной от нормализованного интеграла по направлению увеличения величины радиуса. Результаты этой работы послужили основанием большинства разработанных коммерческих приложений.

$$\text{Max}_{(r, x_0, y_0)} |G\sigma(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{(r, x, y)} \frac{I(x, y)}{2} dS|. \quad (1)$$

Здесь G – оператор гауссовского размытия изображения, а $I(x, y)$ – яркостный портрет изображения. При этом количество гипотез, которые нужно перебирать примерно равно $W \cdot H \cdot (R_{\max} - R_{\min})$, где W – ширина изображения, H – его высота, R_{\max} и R_{\min} – максимальные и минимальные радиусы РОГ соответственно. Алгоритм Даугмана это обратное преобразование Хафа для окружностей. Реальная РОГ имеет форму эллипса с неровными краями, которую можно с небольшой погрешностью аппроксимировать окружностью.

Многие методы основаны на работе с градиентом яркости и различными вариантами преобразования Хафа [4]. В таких методах сначала производится градиентное преобразование изображения, то есть приближенное вычисление частных производных яркости изображения в каждой точке. Так как зрачок сильно отличается от окружающей его радужки по яркости, на его границе – окружности – значения градиента принимают большие значения. Затем необходимо найти параметры этой окружности, для чего применяют преобразование Хафа,

позволяющее найти параметры кривых заданного типа, в данном случае - окружностей. Такие подобные методы, использованы авторами в [2, 3].

Анализ алгоритмов обработки изображений показывает, что наиболее слабым местом существующих алгоритмов предварительной обработки изображений является обработка малококонтрастных изображений. По данным научно-технической литературы [1-1] предварительной обработке изображений уделяется достаточно большое внимание, так как целью обработки является получение в каком-то смысле "удобного для наблюдения", "хорошего" изображения. Однако здесь возникает вопрос о том, какие операции и в каком объеме проводить для специфических изображений РОГ, полученных ОЭП. С одной стороны, разработано множество различных алгоритмов, применяемых при предварительной обработке малококонтрастных изображений, с другой – необходимо выбрать минимально необходимое, но достаточное количество этих операций, т.е. без потери качества изображения.

Постановка задачи.

Прежде чем сформулировать задачу работы введем некоторые определения, которые необходимы как своеобразные «начальные условия».

Определение 1. Система СКУД и идентифицируемая личность в ходе выполнения своих действий способствуют положительному решению процесса идентификации.

Определение 2. Система СКУД производит регистрацию биометрического показателя - цветное изображение радужки - в нормальных условиях закрытого помещения при требуемых уровнях освещенности.

Согласно принятым определениям в настоящей работе не рассматриваются проблемы поиска и захвата лица, выделения глаз на изображении лица и его нормализация. В целом наша работа ориентирована на сравнительный детальный анализ процесса идентификации с целью построения максимально простой «ариф-

метики» алгоритма функционирования, без снижения основных показателей надежности FAR и FRR. FAR (False Acceptance Rate) – вероятность несанкционированного допуска (ошибка первого рода), выраженное в процентах число допусков системой неавторизованных лиц (имеется в виду верификация). Вероятностные параметры выражаются в абсолютных величинах. FRR (False Rejection Rate) – вероятность ложного задержания (ошибка второго рода), выраженное в процентах число отказов в допуске системой авторизованных лиц (имеется в виду верификация). Коэффициент EER (равный уровень ошибок) – это коэффициент, при котором обе ошибки (ошибка приема и ошибка отклонения) эквивалентны является обобщенным параметром РОГ может изменяться на порядок по шкале [0,1] от 0.006 до 0.069. Чем ниже коэффициент EER, тем выше точность биометрической системы.

Решение задачи и результаты исследований.

Для этого разделим условно процесс идентификации личности на два этапа: предварительная обработка изображения глаз и этап кодирования биометрического показателя (рисунок радужки). Первый этап преобразования изображения сложного объекта (глаза) в набор простых областей: область биометрического показателя (собственно РОГ) и область «фона» (собственно глазное яблоко, зрачок, ресницы, веки). Для выделения простых областей на изображении в качестве характерных признаков используются их яркость, а также контур. Одним из наиболее простых и быстрых способов выделения областей по такому признаку, как яркость, считается пороговая фильтрация. Так, изображение можно представить как функцию яркости $I(x, y)$ согласно выражения (1) функции прямоугольных координат x, y на плоскости изображения. Тогда фильтрация изображения выглядит следующим образом:

$$I'(x, y) = I(x, y) \cdot f(x, y), \text{ где } f(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } I(x, y) > I_{\text{порог}} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (2)$$

Значение пороговой яркости $I_{\text{порог}}$ определяется заранее исходя из свойств области и фона. Из пикселей, прошедших через фильтр (2), формируются связные области (рис. 1), в дальнейшем они проверяются на соответствие ряду условий: по форме, размеру, пропорции и их взаимному расположению областей. В данном случае используется

простая пороговая функция: $I(x, y)$ где – яркости точки исходного и $I'(x, y)$ бинаризованного изображений соответственно, $I_{\text{порог}}$ – некий порог, который подбирается с помощью анализа гистограммы изображения.

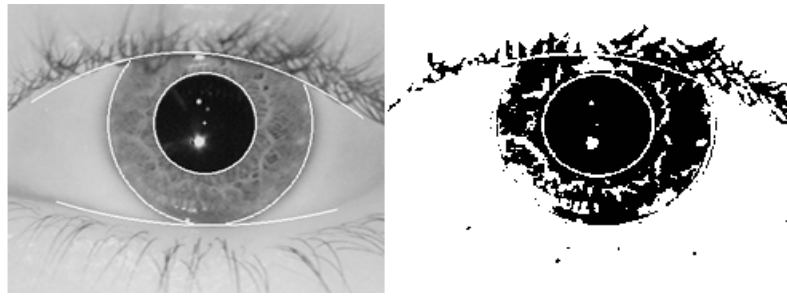


Рис. 1. Исходное монохромное изображение глаза и результат его бинаризации

Гистограмма изображения показывает количественное распределение пикселей с определенным значением уровня (яркости). Она обеспечивает общее описание сущности изображения и помогает идентифицировать различные компоненты, такие как фон, объекты и шум.

Гистограмма – это функция H , заданная в диапазоне уровня полутонов $[0, \dots, k, \dots, 255]$ – такая, что количество пикселей, отвечающих значению уровня полутоновой шкалы k , равняется

$$H(k) = \sum nk, \quad (3)$$

где nk – количество пикселей изображения со значением уровня полутонового оттенка, равного k ; k – численное значение яркости. Предполагается, что зрачок, как малая по площади область с небольшой и практически равномерной яркостью, то она даст первый достаточно резкий и высокий максимум на гистограмме. Значения эмпирически подбираемых параметров (– окно, – порог, – перепад)

легко определяются по данным анализа гистограммы. Горизонтальная ось представляет собой диапазон уровней полутоновой шкалы от 0 до 255 (значений уровня серого k). Вертикальная ось линейной гистограммы показывает число пикселей nk , имеющих значение k . На рисунке 2 гистограмма показывает, что изображение состоит из двух основных элементов: зрачка и радужки. Одним из этапов предварительной обработки изображения глаз является выделение (с целью удаления) зрачка на изображении глаза. Это необходимо, чтобы локализовать собственно изображение РОГ, которое затем сравнивают с эталоном. В дальнейшем по этой гистограмме выбирается тип фильтрации, а также определяется дифференциальный порог при выделении контура зрачка. Подобное преобразование используется в [12-15].

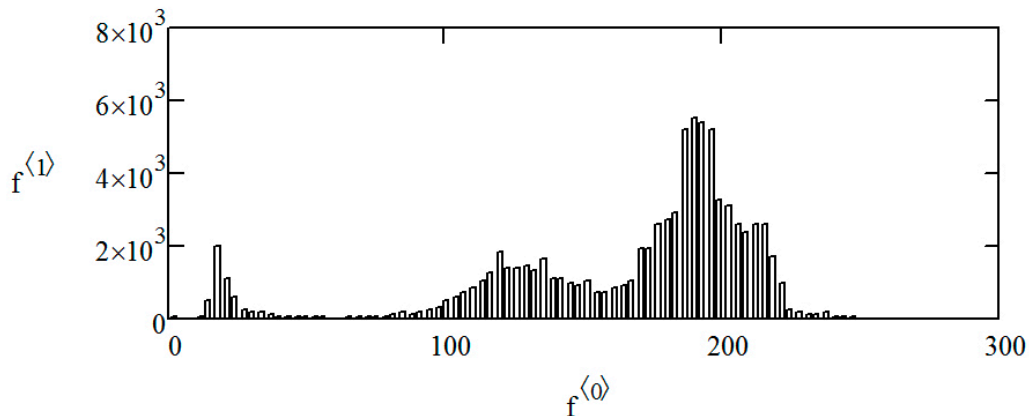


Рис. 2. Гистограмма распределения яркости исходного изображения

Границы объектов на изображении в значительной степени уменьшают количество данных, которые необходимо обработать, и в то же время сохраняет важную информацию об объектах на изображении, их форму, размер, количество. Главной особенностью техники обнаружения границ является возможность извлечь точную линию с хорошей ориентацией. В литературе описано множество алгоритмов, которые позволяют обнаруживать границы объектов, но нигде нет описания

того, как оценивать результаты обработки. Результаты оцениваются сугубо индивидуально и зависят от области их применения. Поэтому следующим естественным шагом алгоритма является обнаружение границ – фундаментальный инструмент для сегментации изображения. Такие алгоритмы преобразуют входное изображение в изображение с контурами объектов, преимущественно в серых тонах. В обработке изображений, особенно в системах компьютерного зрения, с помощью выделения

контура рассматривают важные изменения уровня яркости на изображении, физические и геометрические параметры объекта на сцене. Это фундаментальный процесс, который обрисовывает в общих чертах объекты, получая тем самым некоторые знания об изображении. Обнаружение границ является самым популярным подходом для обнаружения значительных неоднородностей. Граница является местным изменением яркости на изображении. Она, как правило, проходит по краю между двумя областями. С помощью границ можно получить базовые знания об изображении. Функции их получения используются передовыми алгоритмами компьютерного зрения и таких областях, как медицинская обработка изображений, биометрия и тому подобные. Обнаружение границ – активная область исследований, так как она облегчает высокоуровневый анализ изображений. На полутоновых изображениях существует три вида разрывов: точка, линия и граница. Для обнаружения всех трех видов неоднородностей могут быть использованы пространственные маски. Основная задача алгоритмов выделения граничных элементов – получение бинарного изображения, содержащего замкнутые структурные области объектов на изображении. Общая схема обработки изображений по методам пространственного дифференцирования заключается в применении различных скользящих масок, реализующих дискретную свертку. В технической литературе приведено и описано большое количество алгоритмов выделения контуров и границ. К ним относятся: оператор Робертса, Собеля, Превитта, Кирша, Робинсона, алгоритм Канни. Детектор границ Канни [5, 6] является одной из самых популярных алгоритмов обнаружения контуров. Впервые он был предложен Джоном Канни в 1983 году, и до сих пор является лучше многих алгоритмов, разработанных позднее. Важным шагом в данном алгоритме является устранение шума на контурах, который в значительной мере может повлиять на результат, при этом необходимо максимально сохранить границы. Для этого необходим тщательный подбор порогового значения при обработке данным методом. Основные шаги алгоритма:

– размытие исходного изображения $f(r, c)$ с помощью функции Гаусса $f^{\wedge}(r, c)$.

$$f^{\wedge}(r, c) = f(r, c) * G(r, c, \delta). \quad (4)$$

– выполнить поиск градиента. Границы намечаются там, где градиент принимает максимальное значение;

– подавление не-максимумов. Только локальные максимумы отмечаются как границы;

– итоговые границы определяются путем подавления всех краев, не связанных с определенными границами.

Согласно Канни такой оптимальный детектор границ может быть эффективно аппроксимирован с помощью первой производной от функции Гаусса. На первой стадии метода происходит сглаживание изображения с помощью свертки с фильтром Гаусса. Далее ищется градиент области при помощи свертки сглаженного изображения с производной от функции Гаусса, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Вместо использования статического значения порога для целой области в методе Канни вводится вариация порога. С ее помощью реализуется некоторая приспособляемость к конкретному содержанию изображения. Назначим два уровня порога, верхний – t_h и нижний – t_l , где $t_h > t_l$. Значения пикселей выше значения t_h сразу классифицируются как принадлежащие границе. При формировании текущей границы соседние пиксели со значениями величины градиента меньшими, чем t_h , могут считаться принадлежащими границе до тех пор, пока они превышают t_l . В том случае, когда на всей границе нет ни одной точки со значением, большим верхнего порога, она удаляется. Несмотря на то, что такой подход позволяет сохранить сравнительно размытые края, стадия вариаций значительно замедляет алгоритм в целом. Результаты выделения контуров областей на изображении методом Канни приведены на рис. 3.



Рис. 3. Бинаризованное изображение глаза и результат выделения контуров

В отличие от операторов Робертса и Собеля, алгоритм Кенни не очень восприимчив к шуму на изображении. При анализе полученных экспериментальных результатов были выявлены следующие закономерности: операторы Робертса, Собеля и Превитта дают очень различные результаты. LoG и Кенни практически одинаково обнаружили контуры объекта, Кирш и Робинсон дали такой же результат. Но наблюдая полученные результаты можно сделать вывод, что алгоритм Кенни справляется на порядок лучше других. Лучшие результаты можно получить на базе двумерных корректоров, осуществляющих преобразования дискретных сигналов изображения, соответствующих отдельным элементам изображения, что и было ре-

ализовано в работе. Подчеркивание границ перепадов яркости получается путем дискретной фильтрации. С этой целью осуществляется дискретная свертка массива отсчетов сигнала изображения $s(i, j)$ размером $N \times N$ с массивом H размером $L \times L$ и формируется массив Q размера $M \times M$. Дискретная фильтрация, осуществляющая подчеркивание границ, как вертикальных, так и горизонтальных, реализуется в случае использования масок для высокочастотной фильтрации. Двумерная пространственная фильтрация изображений для выделения контуров реализуется с помощью дифференциальных операторов для получения поля градиентов в массиве 3×3 элементов, имеющих вид:

$$H_1 = \begin{pmatrix} i & 0 & -1 \\ C & 0 & -C \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}; \quad H_2 = \begin{pmatrix} -1 & -C & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & C & 1 \end{pmatrix}.$$

При этом H_2 образуется поворотом H_1 в положительном направлении на 90° .

Все эти рассмотренные выше примеры [9-12] выполняют задачу предобработки РОГ, но носят характер тонких лабораторных исследований как в дифференциальной геометрии, так и в искусстве программирования, что ограничивает их область применения в автоматической идентификации. По мнению авторов для этой цели более подходящим решением является [7, 8] метод «точного позиционирования» объекта идентификации. С учетом строгого выполнения начальных условий сравнительно легко получить в процессе регистрации объекта «почти» постоянной формы и геометрических размеров получить соответственно «почти» стандартное изображение (рис. 4), где 1 – граница зрачка, 2 – граница изображения, 3 – гра-

ница РОГ. При этом масштаб изображения должен быть таким, чтобы естественный диаметр РОГ от 9,5 до 13,7 мм соответствовал на изображении не менее 100 точкам. Изображение должно содержать не менее 70 точек от правого или левого края РОГ до ближайшего края изображения и не менее 70 точек от верхнего или нижнего края РОГ до ближайшего края изображения, как показано на рисунке 4. Эти рекомендации могут не использоваться, если в результате испытаний получены данные, допускающие использование изображений с другими параметрами. Постоянство геометрических размеров и соответственно масштаба изображения РОГ спровоцировали авторов применить для препарирования с целью устранения фона непрозрачную маску с кольцевидной прорезью (рис. 4 б).

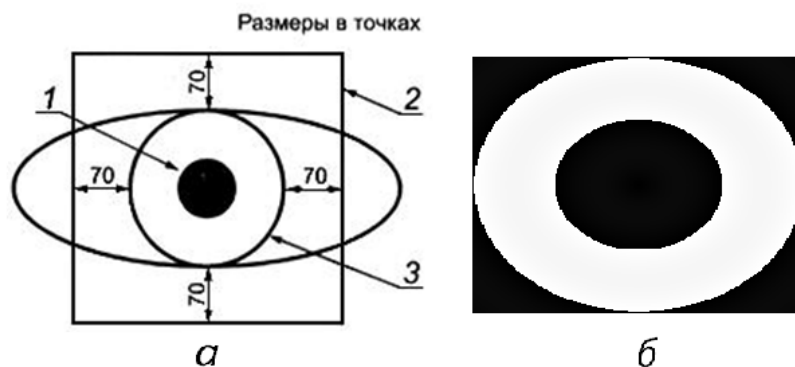


Рис. 4. Схематическое изображение объекта идентификации и шаблон-маска

Для создания такой электронной маски воспользуемся методом математического моделирования, например

```

RR :=
  for i ∈ 0, 1.. 200
    for j ∈ 0, 1.. 200
      Ri,j ← A · sin  $\left[ \frac{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{(i - N)^2 + (j - N)^2}}{N} \right]$ 
    255 if (i ≤ 200.0) ∧ (j ≤ 200.0) ∨ (i ≥ 215) ∧ (j ≥ 215)
    0 otherwise
  R

```

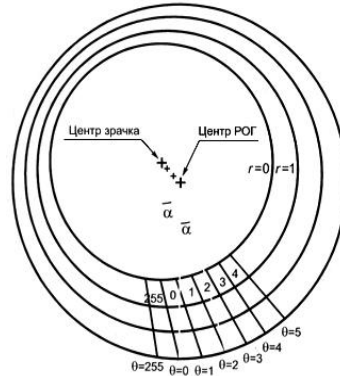


Рис. 5. Схема кодирования «препарированной» ПОГ.

В силу физиологических особенностей строения глаз такой шаблон-маска должен содержать в качестве элементов две различные окружности R и r , с несовпадающими точками центров O_1 и O_2 (рис. 5). Для этого необходимо предусмотреть возможность управления координатами O_2 сигналом пропорциональным числу пикселей первого левого локального максимума гистограммного анализа (рис. 2).

Этап бинарного кодирования производится в полярной системе координат согласно приведенной схеме (рис. 5) и полностью удовлетворяет установленным требованиям параметрического кодирования.

Выводы. В рамках настоящей работы проанализированы различные подходы предварительной обработки ПОГ. Сравнительный анализ известных и специальных разработанных методов показал их несоответствие требованиям автоматизации процесса идентификации личности по радужке глаза. Приведен в качестве альтернативного подхода новый метод препарирования изображения.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Daugman J. Information Theory and the IrisCode. IEEE Trans. Info.Foren.Sec 11(2), 2015. – pp. 400-409.
 [2] Xu L. A new curve detection method: Randomized Hough transform (RHT) / Xu L., Oja E., Kultanan P. // Pattern Recog. Lett, N11, 1990, pp. 331-338.

[3] Rad A.A. Fast Circle Detection Using Gradient Pair Vectors / Rad A.A., Faez K., Qaragozlou N. // Proc. 7th Digital Image Computing: Techniques and Applications, 2003. – pp. 879-887.
 [4] Boyd M. MSc Computing Science Group Project Iris Recognition / Boyd M., Carmaciu D., Giannaros F., et al // Imperial College, London. 2010.
 [5] Canny J.F. Finding edges and lines in images // J.F. Canny. Master's thesis, MIT. AI Lab. TR-720. 1983
 [6] Canny J.F. A computational approach to edge detection // J.F. Canny. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8. 1986. – pp. 679 – 714.
 [7] Information technology. Biometric data interchange ats. Part 6: Iris image data. . Requirements: ISO/IEC 19794-6:2011, International Organization for Standardization (ISO) and the International Electrotechnical Commission (IEC), 2011, 19 p.
 [8] Пат.98230 Україна, МПК А61В 7\00. Пристрій для отримання зображення райдужної оболонки ока. Рябова Л.В. заявник та патентовласник Національний авіаційний університе; заявл. 07.10.2014; опубл.27.04.2015.
 [9] Трекин А. Н. Метод проекций яркости при поиске зрачка на изображении / Трекин А. Н. // Технические науки: теория и практика: материалы междунар. науч. конф. (г. Чита, апрель 2012 г.). – Чита: Издательство Молодой ученый. – 2012. – С. 24–28.
 [10] Минакова Н.Н. Информационная система анализа структуры радужной оболочки глаза / Минакова Н.Н., Петров И.В. // Ползуновский сборник. – 2012. – № 3/2. – С. 230-234

- [11] Малин И.Н. Устойчивый метод выделения границ радужки в видимом диапазоне / Малин И.Н. // *GrafiCon*. – 2012. – №5. – С. 154-156.
- [12] Пилипенко М.Н. Определение центров зрачков на видеоизображении / Пилипенко М.Н. // *Молодежный научно-технический вестник*. – 2010. – С. 111-116.

REFERENCES

- [1] Daugman J. Information Theory and the IrisCode. *IEEE Trans. Info.Foren.Sec* 11(2), 2015. pp. 400-409.
- [2] Xu L., Oja E., Kultanan P. A new curve detection method: Randomized Hough transform (RHT). *Pattern Recog. Lett.* 1990. N11. pp. 331-338.
- [3] Rad A.A., Faez K., Qaragozlou N. Fast Circle Detection Using Gradient Pair Vectors. *Proc. 7th Digital Image Computing: Techniques and Applications*. 2003. pp. 879-887.
- [4] Boyd M., Carmaciu D., Giannaros F., et al MSc Computing Science Group Project Iris Recognition. Imperial College, London. 2010.
- [5] Canny J.F. Finding edges and lines in images // J.F. Canny. Master's thesis, MIT. AI Lab. TR-720. 1983
- [6] Canny J.F. A computational approach to edge detection // J.F. Canny. *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 8. 1986. – pp. 679 – 714.
- [7] Information technology. Biometric data interchange ats. Part 6: Iris image data. . Requirements: ISO/IEC 19794-6:2011, International Organization for Standardization (ISO) and the International Electrotechnical Commission (IEC), 2011, 19 p.
- [8] Pat. 98230 UKRAINE, 07.10.2014; publish 27.04.2015.
- [9] Trekin A.N. Brightness projection method when looking at the image of the pupil. *Engineering: Theory and Practice: Proceedings of the international scientific. Conf. (Chita, April 2012)*. Chita: Publisher Young scientist. 2012. pp. 24-28.
- [10] Minakova N.N. Petrov I.V. Information system analysis of the structure of the iris eye. *Polzunovsky collection*. 2012. № 3/2. pp. 230-234
- [11] Malin I.N. Stable method of isolating iris boundaries in the visible range. *GrafiCon*. 2012. №5. pp. 154- 156.
- [12] Pylypenko M.N. Determination of the pupils centers on videoizobrazhenii. *Youth Science and Technology Bulletin*. 2010. pp. 111-116.

ПРЕПАРУВАННЯ ЗОБРАЖЕННЯ РАЙДУЖНОЇ ОБОЛОНКИ ПРИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИСТОСТІ

Розглядається метод швидкого визначення на цифрових зображеннях ока точки центру, що лежить всередині зіниці, яка може далі використовуватися як його наближений центр областей невеликого розміру. Метод заснований на бінаризації зображення з подальшим пошуком зіниці детектором Кенні. Для препарування зіниці з метою його видалення з вихідного зображення

використовується виділений контур. Наведено альтернативний метод препарування зображення райдужної оболонки ока за рахунок точного позиціонування об'єкта, частково закритого непрозорою маскою. Для проведення чисельних експериментів в якості бази даних використані зображення очей загальнодоступної бази CASIO.

Ключові слова: райдужка, розпізнавання райдужної оболонки, бінаризація зображень, ідентифікація.

IRIS IN IMAGES PREPARATION IDENTIFICATION

The method for the rapid determination of the digital image of the eye center point lying inside the pupil, which can then be used as the approximate center of the region of its small size. The method is based on the binarization image, followed by the search of the pupil detector Kenny. For the preparation of the pupil with a view to removing it from the original image using the selected path. An alternative method of image ireparirovaniya iris due to precise positioning of the object partially closed opaque mask. To carry out numerical experiments in a database used by the public eye image database CASIO.

Index terms: iris, iris recognition, image binarization, identification.

Рябова Любов Владимировна, асистент кафедри средств защиты информации Национального авиационного университета.

E-mail: lubanau@ukr.net

Рябова Любо́в Володи́мирівна, асистент кафедри засобів захисту інформації Національного авіаційного університету.

Ryabova Lyubov, Assistant of the Information security tools Academic Department. National Aviation University (Kyiv, Ukraine).

Самойленко Мария Евгеньевна, аспирант кафедры авиационных радиоэлектронных комплексов (АРЕК), Институт аэронавигации Национального авиационного университета.

E-mail: marija.samojlenko@ukr.net

Самойленко Марія Євгеніївна, аспірант кафедри авіаційних радіоелектронних комплексів (АРЕК) інституту аеронавігації Національного авіаційного університету.

Samojlenko Maria, postgraduate student of Academic Department of Information security tools, National Aviation University. (Kyiv, Ukraine).

Бойко Юлия Петровна, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности информационных технологий Национального авиационного университета.

E-mail: julia_boyko2010@ukr.net

Бойко Юлія Петрівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри безпеки інформаційних технологій Національного авіаційного університету.

Boiko Yuliia, PhD in Eng., Associate Professor of IT-Security Academic Department, National Aviation University (Kyiv, Ukraine).