

Волошин Н.В.

Представления, методы и алгоритмы при проектировке автоматической системы иридодиагностики

Волошин Николай Владимирович, аспирант

Отделение гибридных моделирующих и управляющих систем в энергетике

Института проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова, НАН Украины, Киев, Украина

Аннотация. В статье сформированы методы определения радужной оболочки глаза, идентификация иридопризнаков и лакун в автоматических системах иридодиагностики. Распознавание реализовано на основе метода усиления простых классификаторов с использованием метода локальных бинарных шаблонов. Идентификация лакун проводится с помощью интрофизического метода, а получение иридопризнаков происходит путем фильтрации изображения на основе цветовых пространств.

Ключевые слова: иридодиагностика, интрофизика, ЛБШ, AdaBoost, распознавание, идентификация

Введение. Большинство исследований в области распознавания объектов наблюдения сосредоточены на повышении точности, надежности и вычислительной эффективности. При этом достаточно часто применяются универсальные статистические подходы, согласно которым распознавание сводится к задаче статистической классификации выборки признаков изображения. К сожалению, качество получаемого решения все еще недостаточно высоко для большинства практически важных приложений. В связи с возросшими требованиями к обеспечению безопасности и здоровья человека, необходимы исследования и разработка новых, высокоэффективных методов, которые повысят точность и достоверность диагностики заболеваний.

Обзор публикаций. Определение или выделение радужной оболочки наиболее часто используется для наблюдения за вертикальным либо горизонтальным положением глаза [6], [8], [12]. Большинство начальных систем определения зрачка используют упрощение, что зрачок является кругом и что его центр можно рассчитать как пересечение соответствующих горизонталей и вертикалей. На практике, даже круглый зрачок принимает эллиптический вид при нецентральной позиции глаза. D. Zhu, S.T. Moore и T. Rarhan предложили использовать криволинейные характеристики контура зрачка и поместили их в эллипс [12]. Большинство из предложенных на сегодняшний день методов определения зрачка глаза, не предусматривают использование помехоустойчивых алгоритмов.

Для того чтобы отделить радужку от деталей на изображении, в простом случае можно использовать определение краев (путем анализа первой производной) и последующую аппроксимацию границ радужки простыми геометрическими объектами. Так, окружность зрачка и внешнюю границу радужки можно найти при помощи преобразования Хафа (Hough transform) [7]. Другие методы дополнительно определяют границу радужки и век двумя параболлами, как Wildes, или просто отсекают те части изображения, которые могут не относиться к радужке, как Daugman и Ma [7], [11].

Если для захвата изображения не использовалась специальная аппаратура, может понадобиться предыдущее подавление нежелательных эффектов, таких как отблеск внутри зрачка от вспышки или другого яркого источника света, если эти артефакты мешают

корректной работе алгоритму определения радужки [9].

Цель. Повышение эффективности методов биометрического распознавания для оценки состояния организма по радужке глаза представляет немалые трудности. Иридодиагностика является методом нетрадиционной медицины, в котором состояние организма и патология органов определяются по рисунку радужки. На практике процесс контроля и измерения информативных параметров, распознавания и идентификации является достаточно трудоемким, проводится в основном вручную и конечный результат в значительной степени зависит от выбора эксперта/оператора. Целью работы есть разработка и реализация автоматического иридодиагностического комплекса. Он должен: локализовать радужную оболочку глаза; идентифицировать иридопризнаки; идентифицировать лакуны; составлять диагноз.

Материалы и методы

Метод AdaBoost один из лучших по соотношению показателей (эффективность распознавания)/(скорость работы). Этот детектор основан на усилении простых классификаторов. Усиление простых классификаторов – подход к решению задач классификации (расознавания), путем комбинирования примитивных "слабых" классификаторов в один "сильный" [10]. Под "силой" классификатора в данном случае понимают эффективность (качество) решения задачи классификации. Слабый классификатор имеет вид:

$$h(x, f, p, \Theta) = \begin{cases} 1, & pf(x) < p\Theta \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (1)$$

где f – признак, p – полярность, которая показывает направление неровности, Θ – пороговое значение.

Финальный сильный классификатор имеет вид:

$$C(x) = \begin{cases} 1, & \sum_{i=1}^T \alpha_i h_i(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{i=1}^T \alpha_i \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (2)$$

где $\alpha_i = \log \frac{1}{\beta_i}$.

Распознавание образов проходит путем использования локальных бинарных шаблонов (ЛБШ). ЛБШ – описание окрестности точки изображения в двоичной

форме. Оператор ЛБШ, который применяется к точке изображения, использует восемь точек окрестности, принимая центральную точку в качестве порога. Пиксели, которые имеют значение больше, чем центральный пиксель (или равны ему), принимают значения "1", те, которые меньше центрального, принимают значение "0". Таким образом, получается восьмиразрядный бинарный код, который описывает окрестность пикселя [4].

Изображение разбивается на $k \times k$ областей и в каждой области для каждого пикселя изображения вычисляется ЛБШ-код. Потом все гистограммы областей объединяются в одну гистограмму. Эта гистограмма формирует вектор признаков изображения.

При классификации изображений используется метод нахождения наименьшего расстояния между гистограммами χ^2 . Расстояние между изображениями S и M определяется по формуле:

$$\chi^2(S, M) = \sum_{j=1}^k \left(\frac{\sum_{i=1}^k (S_{i,j} - M_{i,j})^2}{S_{i,j} + M_{i,j}} \right) \quad (3)$$

Результаты. Применение вышеописанных методов может быть применено как в биометрии так и в медицине. Большинство существующих методов идентификации учитывают только максимальный прыжок интенсивности, но упускают такую важную деталь как текстура радужной оболочки, которая необходима для оценки ее плотности [9]. Для того чтобы закодировать текстуру можно использовать метод локальных бинарных шаблонов [4]. Каждый ЛБШ-код представляет собой тип микроизображения структуры, а их распределение можно использовать в качестве описания текстуры.

При проектировке автоматической системы иридодиагностики важно заложить идентификацию лакун. Главным критерий при проектировке такого модуля – легкость обучения, т.к. очень многое зависит от условий съемки, а система должна иметь возможность переобучиться на "своих" данных. Для решения данной задачи используется интроформационный метод предложенный доктором технических наук Теслей Ю.Н. [5]. Для данного метода нужна статистическая выборка из соответствующих элементов, которые принадлежат к классу лакун – цифровые изображения лакун в градациях серого (цветные изображения несут избыточную информацию). Для того чтобы закодировать текстуру используется метод ЛБШ. На основе расстояний (3) строится статистическая выборка, которая позволит оценить проявления "события появления" лакуны на изображении (D_0), а также условия ($b_j, j = \overline{1, n}$):

$$\begin{aligned} p_0 &= p(D_0) \\ p_j &= p(D_0 / b_j), j = \overline{1, n} \end{aligned} \quad (4)$$

По известным вероятностям проявления (действия) системы рассчитывается ее определенность по отношению к этим проявлениям:

$$d_j = \begin{cases} +0.5 \cdot \sqrt{\frac{p_j}{1-p_j} + \frac{1-p_j}{p_j}} - 2, & p_j \geq 0.5 \\ -0.5 \cdot \sqrt{\frac{p_j}{1-p_j} + \frac{1-p_j}{p_j}} - 2, & p_j < 0.5 \end{cases}, j = \overline{0, n} \quad (5)$$

По известной определенности системы рассчитывается ее информированность:

$$i_j = \sqrt{d_j^2 + 1}, j = \overline{0, n} \quad (6)$$

Вычисляется суммарное, по всем действиям на систему, приращение определенности действия системы. При этом используется интроформационное представление изменения импульса объектов:

$$\Delta d^P = i_0 \sum_{j=1}^n d_j - d_0 \sum_{j=1}^n i_j \quad (7)$$

либо интроформационное представление изменения кинетической энергии:

$$\Delta d^E = \begin{cases} + \sqrt{\frac{\alpha^2}{2} + \sqrt{\frac{\alpha^4}{4} + \alpha^2}}, \operatorname{sgn} \left(\sum_{j=1}^n (d_j \cdot i_0 - d_0 \cdot i_j) \right) \geq 0 \\ - \sqrt{\frac{\alpha^2}{2} + \sqrt{\frac{\alpha^4}{4} + \alpha^2}}, \operatorname{sgn} \left(\sum_{j=1}^n (d_j \cdot i_0 - d_0 \cdot i_j) \right) < 0 \end{cases} \quad (8)$$

$$\text{, где } \alpha = \sum_{j=1}^n \left[\operatorname{sgn}(d_j \cdot i_0 - d_0 \cdot i_j) \cdot \frac{(d_j \cdot i_0 - d_0 \cdot i_j)^2}{\sqrt{(d_j \cdot i_0 - d_0 \cdot i_j)^2 + 1}} \right]$$

На основе интроформационного представления вычисляется приращение информированности системы:

$$\Delta i = \sqrt{\Delta d^2 + 1} \quad (9)$$

Потом можно вычислить новую определенность действий системы:

$$d_\Sigma = \Delta d \cdot i_0 + d_0 \cdot \Delta i \quad (10)$$

и новую информированность действия системы:

$$i_\Sigma = \sqrt{d_\Sigma^2 + 1} \quad (11)$$

Вычисляется соответствующее физическим законам вероятности действие системы:

$$p_\Sigma = p(D_0 / b_1, \dots, b_j, \dots, b_n) \approx 0,5 + \frac{d_\Sigma}{2i_\Sigma} \quad (12)$$

Такой подход состоит в том, что он указывает на ожидаемую "реакцию" на воздействие. Данный метод действует на основе полученного опыта, статистической выборки класса "лакуны" и "не лакуны".

Как метод для распознавания используется метод AdaBoost [10], а набор для классификации создается на основе построенных ЛБШ-кодов и их распределения. Обобщенный алгоритм распознавания [3]:

1. Создается набор для классификации на основе ЛБШ-кодов;
2. Выбирается лучший "слабый" набор;
3. Строится компонент h (1) и добавляется к C (2);
4. Если не достигнут определенный критерий продуктивности (критерий определяется в ходе исследований экспериментальным путем), то обучающие образцы переопределяются и весь цикл повторяется со 2-го шага; если критерий продуктивности достигнут – формируется исходный набор классификаторов $C(x)$.

Используя цветовые пространства, можно построить любые классификаторы под любые потребности

классификации объектов наблюдения на изображении [2]. Используя цветовое пространство YCbCr можно построить классификатор, который будет фильтровать изображение, оставляя только иридопризнаки. Перевод изображения радужной оболочки с цветового пространства RGB в пространство YCbCr:

$$\begin{aligned} Y &= 0.299R + 0.587G + 0.114B \\ Cb &= -0.169R - 0.322G + 0.500B \\ Cr &= 0.500R - 0.419G - 0.081B \end{aligned} \quad (13)$$

где R, G, B – компоненты красного, зеленого и синего оттенков изображения соответственно.

Если на полученном изображении существуют области, компоненты цветового пространства, которых удовлетворяют условиям:

$$Y > 26, Cb < -8, Cr > 7,$$

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Волошин Н.В., Еремеев Б.Н., Парнюк А.Н. Моделирование параллельных процессов в информатике и медицине: Монография. – Черкассы: ЧНУ, 2011. – 124 с.
Voloshin N.V., Yeremeyev B.N., Parnyuk A.N. Modelirovaniye parallel'nykh protsessov v informatike i meditsine [Modeling of parallel processes in science and medicine] Monograph. – Cherkasy: ChNU, 2011. – P. 124
2. Волошин Н.В. Модели описания объекта и достоверность идентификации в системах компьютерного зрения // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2010. – № 4/7 (46). – 56-63 с.
Voloshin N.V. Modeli opisaniya ob'yekta i dostovernost identifikatsii v sistemakh komp'yuternogo zreniya [Description of the object model and the accuracy of its identification in computer vision systems] // East European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov, 2010. – № 4/7 (46). – P. 56-63
3. Волошин Н.В. Особенности применения методов AdaBoost и ЛБШ к задачам компьютерного зрения // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2012. – № 5/2 (59). – 18-22 с.
Voloshin N.V. Osobennosti primeneniya metodov AdaBoost i LBSh k zadacham komp'yuternogo zreniya [Particular application of methods of AdaBoost and LBP to the problems of computer vision] // East European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov, 2012. – № 5/2 (59). – P. 18-22
4. Маслий Р.В. Использование локальных бинарных шаблонов для распознавания лиц на полутоновых изображениях // ВНТУ. – 2008. – №4. – 1-6 с.
Masliy R.V. Ispol'zovaniye lokal'nykh binarnykh shablonov dlya raspoznavaniya lits na polutonovykh izobrazhebiyakh [Using local binary patterns for face recognition on half-tone images] // VNTU. – 2008. – №4. – P. 1-6
5. Тесья Ю.Н. Введение в информатику природы: Монография. – К.: Маклаут, 2010. – 255 с.
Teslya Yu.N. Vvedeniye v informatiku prirody [Introduction to Computer Science of Nature]: Monograph. – K.: Maclaut, 2010. – P. 255
6. Dongheng L. A hybrid algorithm for video-based eye tracking combining feature-based and model-based approaches // CVPR. San Diego, 2005. – P. 79
7. Ma L. Iris Recognition Using Circular Symmetric Filters // ICPR. Boston, 2002. – P. 20414-20418
8. Moore S.T., Haslwanter T., Curthoys I.S., Smith S.T. A geometric basis for measurement of three dimensional eye position using image processing // Vision research, 1996. – №36. – P. 445-459
9. Tisse C., Martin L., Torres L., Robert M. Person identification technique using human iris recognition // Vision Interface, 2002. – P. 294-299
10. Viola P., Jones M. Robust Real-Time Face Detection // International Journal of Computer Vision. – 2004. – №57(2). – P. 137-154.
11. Wildes R. Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology // Oregon, 1997. – P. 1344-1347
12. Zhu D., Moore S.T., Raphan T. Robust pupil center detection using a curvature algorithm // Computer methods and programs in biomedicine, 1999. – №3 (59). – P. 145-157

Voloshin N.V. Representations, methods and algorithms during projecting the automated iridology system

Abstract. In this paper discusses the application methods for the determination of the iris, and the identification of iris signs and lacunas in automated iridology systems. Recognition is realized based on the additional boosting of simple classifiers with uses method of local binary pattern. The identification of lacunas conducted by an introphysical method and getting the iris signs by filtration images based on color spaces.

Keywords: iridology, introphysics, LBP, AdaBoost, recognition, identification