

Розробка програмного продукту опрацювання зображень ока людини в задачах медичної діагностики

¹⁾ К.м.н., доц. О. Мокрик, ²⁾ студ. В. Заплатинський, ²⁾ к.т.н., доц. Я. Ковівчак

²⁾ Danylo Halytsky Lviv National Medical University, 69 Pekarska St., Lviv-10, 79010, Ukraine

²⁾ Lviv Polytechnic National University, 22/806 Bandera St., Lviv-13, 79013, Ukraine

Abstract. The program has been designed for determination of pain feelings on the foundational diameter of pupil of the human eye with the help of the mathematical apparatus that is based on the theorem of Thales about the right triangle inscribed in a circle.

Key words: pain, pupil of the eye, algorithm for recognizing pupil of the eye.

Дослідження реакцій людського організму на біль є складною, ще не повністю вирішеною проблемою. На сьогоднішній день, в умовах клініки переважно застосовують суб'єктивні методи оцінки болю, які за своєю природою є вербально-знаковими. Однак, пацієнти можуть по-різному оцінювати свої відчуття, що виникають при появі больового синдрому. Це в значній мірі залежить від їх психоемоційного стану. А це в свою чергу ускладнює реальну оцінку інтенсивності болю, тому значна увага приділяється розробці об'єктивних методів діагностики реакцій людського організму на больові подразнення.

Інформативним методом вивчення вегетативної реакції людини є пупілографія - діагностика діаметру зіниці ока. Саме рефлекс зіниці був вибраний нами, як найбільш доступний об'єкт, "відкритий" для прямого неінвазивного дослідження стану центральної нервової системи (ЦНС). Цей вибір обумовлений тим, що реакція зіниць на больовий подразник є безумовним рефлексом, непіддатливим контролю з боку кори головного мозку, а значить, і свідомості. Реалізація цього методу дослідження з використанням адекватних підходів до кількісної оцінки функціонального стану ВНС, безумовно, є актуальною, оскільки спрямована на вирішення важливої задачі практичної медицини – оцінку індивідуальних особливостей стану регуляторних процесів організму при больовому стресі.

Таким чином, актуальною задачею є розробка програмного засобу, який б давав змогу реєструвати динаміку зміни діаметру людської зіниці в часі і відображав ці дані у зручній для користувача формі.

Для визначення діаметру зіниці ока перш за все необхідно здійснити її пошук у відеопотоці, тобто виділити її з поміж другорядних об'єктів (інші частини людського ока, тіні, шуму, тощо). Зіниця більшості людей має форму, близьку до кола, і відбиває дуже мало світла, якщо напрям освітлення не збігається з напрямком камери. Це відкриває можливість шукати її як темний круг на зображенні. Також зіниця досить сильно відрізняється від райдужної оболонки по яскравості, на її кордоні – окружності, значення градієнта яскравості є більшими від значення градієнта райдужної оболонки. Цей фактор можна використати для бінаризації кадрів, тобто виокремлення темних (зіниця) та світлих (райдужна оболонка) частин ока. Далі

необхідно знайти параметри окружності, для цього широко застосовують перетворення Хафа [1]. Нажаль використання перетворення Хафа в даному випадку може не дати потрібної точності. Причиною є те, що на зображенні зіниця може частково перекинутись повією, а метод Хафа здатний знаходити на зображенні замкнуті траєкторії тільки у тому випадку, якщо вони максимально наближені до ідеальної окружності або еліпсу, в іншому випадку помилка розпізнавання збільшується і результат є невірним [2].

З метою покращення точності розпізнавання зіниці запропоновано алгоритм пошуку круга на базі теореми Фалеса стосовно прямокутного трикутника, вписаного в коло. Алгоритм складається з наступних кроків:

1. Бінаризація зображення (для відсіювання другорядних об'єктів на зображенні);

2. Пошук базових точок за допомогою масок (тобто виділення точок, які потенційно є кінцями круга у різних чвертях);

3. Визначення центру круга та його діаметру.

Бінаризація зображення дуже важлива складова алгоритму, оскільки на даному кроці здійснюється поділ зображення на окремі зони.

Поставлена задача ускладнюється тим, що на зображенні завжди присутній відблиск від інфрачервоної підсвітки (рис. 1). Проте, зазвичай він припадає на частину зображення в якій розміщена зіниця, так як підсвітка встановлена прямо на камері, яка закріплена перед оком. Це дає змогу вважати відблиск потенційною частиною зіниці, і тому для бінаризації використовується алгоритм з подвійним обмеженням:

$$Y(m, n) = \begin{cases} 1, X(m, n) \geq t_1; \\ 0, t_1 < X(m, n) \leq t_2; \\ 1, X(m, n) > t_2. \end{cases} \quad (1)$$

де X і Y – значення яскравості пікселів, що задаються координатами m та n , відповідно початкового та бінаризованого зображень. t_1 , t_2 – значення обмежень ($t_1 < t_2$).

Зважаючи на те, що відблиск є найсвітлішою частиною зображення, а зіниця – найтемнішою, метод бінаризації з подвійним обмеженням приймає зони з середнім рівнем яскравості пікселів, як шуми та посторонні об'єкти, а зони з високим та низьким рівнем яскравості пікселів вважаються зонами в яких розміщений шуканий круг (зіниця). Параметри бінаризації (t_1 і t_2) задає користувач, в залежності від зовнішнього освітлення.

Якщо розглянути растровий круг з невеликим радіусом (рис. 2), можна замітити, що більшість точок з яких складається його контур можна ідентифікувати певною маскою.



Рис. 1. Окремий кадр відеопослідовності

Так, для пошуку точок контуру круга, які знаходяться в певній чверті використовуються відповідно такі маски:

Для першої чверті:



Для другої чверті:



Для третьої чверті:



Для четвертої чверті:



Після проведення пошуку за цими масками, ми отримуємо чотири множини координат точок, які можна зобразити так:

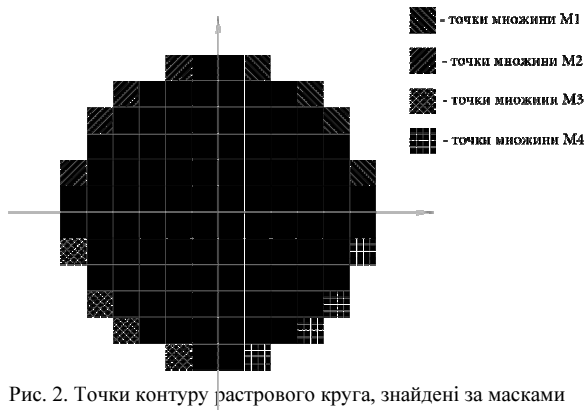


Рис. 2. Точки контуру растрового круга, знайдені за масками

Для визначення центру круга та його діаметру використовується алгоритм, побудований з застосуванням теореми Фалеса. Ця теорема стверджує, що гіпотенуза прямокутного трикутника, який вписаний в коло, є діаметром цього кола, а її середина є центром кола.

Тому для кожної точки $P(x, y)$ з чотирьох базових множин знаходяться точки $P_1(x_1, y_1)$ та $P_2(x_2, y_2)$ такі, які задовільняють наступні умови:

$$\text{якщо } P(x, y) \in M_1 \begin{cases} P_1(x_1, y_1) \in M_2, \text{ якщо } y = y_1, x > x_1 \\ P_2(x_2, y_2) \in M_4, \text{ якщо } y > y_2, x = x_2 \end{cases}; \quad (2)$$

якщо

$$P(x, y) \in M_2 \begin{cases} P_1(x_1, y_1) \in M_1, \text{ якщо } y = y_1, x < x_1 \\ P_2(x_2, y_2) \in M_3, \text{ якщо } y > y_2, x = x_2 \end{cases} \quad (3)$$

якщо

$$P(x, y) \in M_3 \begin{cases} P_1(x_1, y_1) \in M_4, \text{ якщо } y = y_1, x < x_1 \\ P_2(x_2, y_2) \in M_2, \text{ якщо } y < y_2, x = x_2 \end{cases} \quad (4)$$

якщо

$$P(x, y) \in M_4 \begin{cases} P_1(x_1, y_1) \in M_3, \text{ якщо } y = y_1, x > x_1 \\ P_2(x_2, y_2) \in M_1, \text{ якщо } y < y_2, x = x_2 \end{cases} \quad (5)$$

Відрізок P_1P_2 є гіпотенузою прямокутного трикутника вписаного в коло, а його середина відповідно центром цього кола.

Таким чином перебравши всі базові точки отримується нова множина ймовірних центрів зіниці, та його діаметрів. При чому шуканий центр зіниці буде в точці, де насиченість ймовірних центрів найбільша (рис. 3).

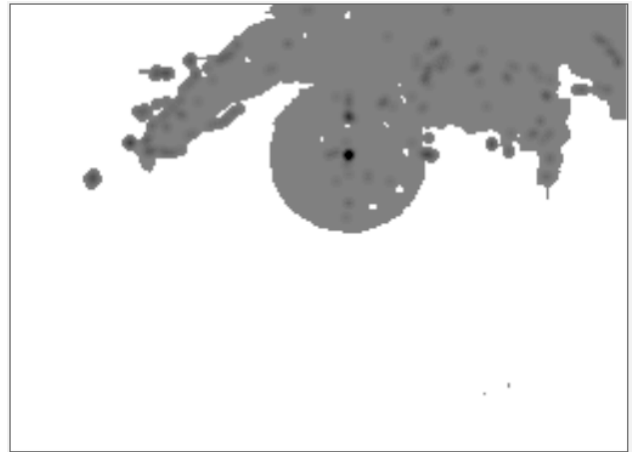


Рис. 3. Насиченість ймовірних центрів на кадрі з відеопотоку

Описаний вище алгоритм був реалізований програмно об'єктно орієнтованою мовою програмування C#/.NET за допомогою технології WPF в середовищі Microsoft Visual Studio 2012. Вибрана мова програмування C#/.NET є кросплатформенною, що забезпечує працездатність розробленого програмного продукту на більшості операційних системах та апаратних платформах. Також, перевагою обраної нами мови є те, що в стандартній бібліотеці FCL, програмної платформи .NET Framework, присутній ряд класів, які дають змогу реалізувати взаємодію з пристроями вводу відеопотоку (відеокамера, електронний мікроскоп і т. д.) на високому рівні, що значно пришвидшило час розробки.

В результаті роботи було отримано ефективний програмний засіб для діагностики больового синдрому, який може використовуватись в різних напрямках медицини.

[1]. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений // М.: Техносфера. 2005. 1072 с.

[2]. С. Литвин, К. Ручкін. Метод хафа в задачах розпізнавання окружностей. // Державний університет інформатики і штучного інтелекту кафедра програмного забезпечення інтелектуальних систем.