



УКРАЇНА

(19) UA (11) 25485 (13) U
(51) МПК (2006)
G06K 9/36

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КРАЮ ПРИМЕЖОВОЇ КРИВОЇ ЗОБРАЖЕНЬ

1

2

(21) u200703607

(22) 02.04.2007

(24) 10.08.2007

(46) 10.08.2007, Бюл. № 12, 2007 р.

(72) Білінський Йосип Йосипович, Ратушний Павло Миколайович, Мельничук Андрій Олександрович

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Спосіб визначення краю обмеженої кривої зображень, який включає реєстрацію зображення

об'єкта в запам'ятовуючому пристрої, встановлення прямокутних областей зображення для подальшого визначення границь об'єкта, визначення прямокутної області для пошуку країв, який **відрізняється** тим, що після визначення прямокутної області для пошуку країв використовують низькочастотну фільтрацію і визначають номери пікселів, між якими знаходять єдину спільну точку до та після фільтрації, яка є координатою границі світлотіні.

Корисна модель відноситься до оптоелектронних способів визначення форми і геометричних розмірів об'єктів за допомогою багатоелементних фото приймальних пристроїв і може бути використаний в приладах розпізнавання і обробки зображень.

Відомий спосіб для виділення контурів [Патент США №6621928, G06F15/42, опубл.16.09.2003р.] полягає у визначенні на зображенні контрастних переходів і визначення відстаней між ними. Послідовність операцій включає наступні кроки: збереження зображення контрольованого об'єкту в запам'ятовуючому пристрої; вибір прямокутної області для пошуку країв; інтегрування яскравостей пікселів у обраній області вздовж першого напрямку; виконання диференціювання інтегральної функції вздовж напрямку, перпендикулярного краю; визначення координат країв; обчислення зовнішнього розміру контрольованого об'єкта, рівного відстані між двома протилежними краями об'єкту.

Недоліком даного способу є те, що при визначенні розмірів заготовки у випадку її зміщення відносно площини предметів оптичне збільшення не співпадає з розрахунковим і тому коефіцієнт пропорційності слід змінювати.

Найбільш близьким є спосіб вимірювання об'єктів, що мають на зображенні розфокусовані межі [Патент Росії №2280838, G06T7/60, бюл. №21 27.07.2006] включає в себе реєстрацію зображення об'єкта в запам'ятовуючому пристрої, визна-

чення прямокутних областей зображення для подальшого визначення контуру об'єкта, виконання диференціально-інтегральних перетворень, визначення координат контуру і обчислення розмірів об'єкта, знаходження, шляхом калібрування вимірювальної системи, ширини ліній контуру, перетворення, використовуючи отриману залежність, ширини лінії в відстань від границі об'єкта до площини фокусування, які враховують при обрахунку розмірів об'єкта.

Недоліком даного способу є невисока точність у зв'язку з залежністю координати шуканої точки від вибору порога, який визначається як півсума яскравостей фону та об'єкта. Багато поверхонь, володіючи постійною відбивною здатністю, на зображеннях будуть мати нерівномірну яскравість, у зв'язку з залежністю яскравості від багатьох факторів, і навпаки, елементи зображення, що відповідають різним об'єктам, можуть мати однакові напівтонові рівні.

В основу даної корисної моделі поставлена задача створення такого способу, в якому за рахунок безконтактного вимірювання параметрів об'єкта, (координати в просторі, швидкість зміщення, зміна форми і т. д.) підвищується точність.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення краю обмеженої кривої зображень, який включає реєстрацію зображення об'єкта в запам'ятовуючому пристрої, встановлення прямокутних областей зображення для подальшого визначення границь об'єкта, визначення

UA (19) 25485 (13) U

прямокутної області для пошуку країв, відрізняється тим, що в ньому після визначення прямокутної області для пошуку країв, використовують низькочастотну фільтрацію, і визначають номери пікселів між якими знаходять єдину спільну точку до та після фільтрації, яка і є координатою границі світлотіні.

На Фіг.1 - приклад вимірювання показника заломлення та поглинання світла речовиною за допомогою рефрактометра типу ИРФ-454, на Фіг.2 - криві границі світлотіні, на Фіг.3 представлений фрагмент перепаду інтенсивності в області перетину кривих до та після згладження, на основі якого складається система, на Фіг.4а показані результати проведення вимірювання на виході зорової труби, на Фіг.4б показано виділення області знаходження границі за допомогою фільтра виділення контуру, на Фіг.4в наведено результати низькочастотної фільтрації зображення в області примежової кривої. 1 - вимірювальна призма, 2 - освітлювальна призма, 3 - прошарок досліджуваної рідини, 4 - VGA відеокамера, 5 - персональний комп'ютер (Фіг.1). На Фіг.2 представлені криві: 1 - сигнал границі світлотіні; 2 - сигнал границі світлотіні після згладжування кривої.

Зафіксоване камерою зображення перетворюється в цифровий код і фіксується в запам'ятовуючому пристрої комп'ютера. Далі визначаються зони, для пошуку границі світлотіні. Для цього застосовується оператор виділення контуру (оператор Собела). Наступним кроком є використання низькочастотної фільтрації об'єкта, тобто згладжування сигналу, в результаті якого формується сигнал перепаду інтенсивності в області границі об'єкта, який містить єдину спільну точку з вхідним сигналом інтенсивності. Кожне вимірювання величини зміщення при цьому може бути поділене на два кроки: знаходження границі контурів об'єктів до та після зміщення й обчислення різниці між ними. У спектрі цього зображення низькочастотні компоненти не змінюються (тобто, загальний рівень яскравості залишається попереднім), а високочастотні тобто, дрібні деталі розмиваються (див. Фіг.2). Низькочастотна фільтрація зображення відбувається шляхом усереднення відліків поля яскравості у вікні:

$$\bar{f}(x, y) = \sum_{(k_1, k_2) \in D} a(k_1, k_2) f(x - k_1, y - k_2) \quad (1)$$

де D - деяка кінцева область в просторі аргументів, яка визначає вікно $(k_1, k_2) \in D$,

$a(k_1, k_2)$ - імпульсна характеристика згладженого КХ-фільтра, яка не повинна змінювати середнє значення зображення, тобто виконувати умову

$$\sum_{(k_1, k_2) \in D} a(k_1, k_2) = 1 \quad (2)$$

Таким чином знаходження границі досліджуваного об'єкта зводиться до визначення координати точки перетину кривої перепаду інтенсивності зображення границі та згладженої кривої.

Інтенсивність сигналу $U(x, y)$ визначається за наступним співвідношенням:

$$U(x, y) = \int_{x_1}^{x_1 + dy_1 + d} \int_{y_1}^{y_1 + dy_2 + d} S T_n E(x, y) dx dy \quad (5)$$

де S - інтегральна чутливість, T_n - інтервал часу накопичення, $E(x, y)$ - освітленість.

В області перепаду інтенсивності визначаються два сусідніх пікселя, для яких виконується умова $U(x, y) < U^1(x, y)$, $U(x+1, y) > U^1(x+1, y)$,

де $U(x, y), U^1(x, y)$ і $U(x+1, y), U^1(x+1, y)$ - інтенсивність N -го та $N+1$ пікселя до та після фільтрації відповідно.

Фрагмент перепаду інтенсивності в області перетину кривих до та після згладження, на основі якого складається система (див. Фіг.3):

$$\frac{U(x+1, y) - U(x, y)}{U(x+1, y) - U(x+1, y)} = \frac{l}{d-l} \quad (3)$$

$$\frac{U(x+1, y) - U^1(x, y)}{U^1(x+1, y) - U(x+1, y)} = \frac{l}{d-l} \quad (4)$$

де d - відстань між пікселями, l - положення границі між пікселями.

Координата границі світлотіні згідно (3, 4) та з урахуванням номера пікселя визначається:

$$X = Nd + \frac{(U^1(x, y) - U(x, y))d}{(U^1(x+1, y) - U(x, y)) - (U^1(x+1, y) - U^1(x, y))} \quad (6)$$

Розглянемо реалізацію способу на прикладі вимірювання показника заломлення та поглинання світла речовиною за допомогою рефрактометра типу ИРФ-454 (див. Фіг.1).

На рефрактометрі можна досліджувати речовини з показником заломлення від 1,2 до 1,7, з мінімальною поділкою ціни шкали 10^{-3} та граничною похибкою показника заломлення $\pm 2 \cdot 10^{-4}$. При цьому всі вимірювання проводять в білому світлі.

В результаті проведення вимірювання на виході зорової труби спостерігається картина, ліва частина якої освітлена, а права залишається темною (див. Фіг.4а). Отримана границя світлотіні при цьому визначається променем, який виходить із призми під критичним кутом. Показник заломлення визначається згідно з формулою:

$$n = \sin \alpha \sqrt{N^2 \sin^2 \beta + \cos^2 \alpha} \cos \beta \quad (7)$$

де N - показник заломлення вимірювальної призми;

β - кут виходу променів із вимірювальної призми;

α - кут заломлення вимірювальної призми.

Кутові координати точкового джерела однозначно пов'язані з лінійними координатами його зображення на фотоматриці:

$$X = f \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad Y = f \cdot \operatorname{tg} \beta \quad (8)$$

де α, β - кутові координати, X, Y - лінійні координати центра зображення, f - фокусна відстань об'єктива.

Для спостереження за границею примежової кривої використовувалася відеокамера типу VGA 1/3, 640x480, з розміром пікселя 8x8мкм та мікпіксельним простором в 4мкм, яка кріпилась на зоровій трубці та під'єднувалась до комп'ютера за допомогою стандартного інтерфейсу USB. Процедура вимірювання полягає в наведенні границі світлоті-

ні за допомогою маховика точно на перехрестя і за шкалою показника заломлення реєструються результати вимірювання. При цьому індексом для відліку служить нерухомий вертикальний штрих призми AP-90°.

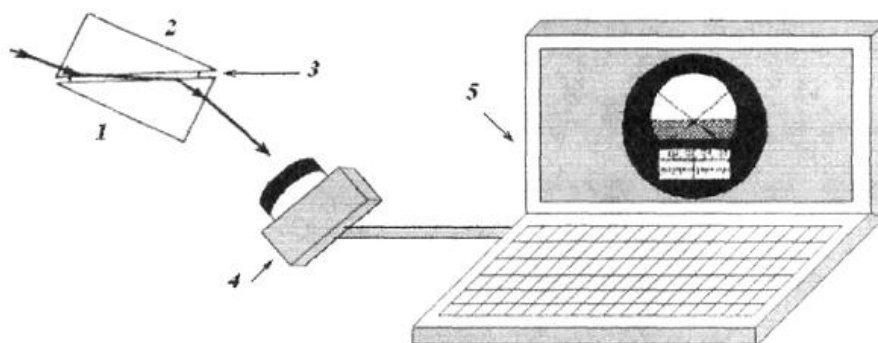
В якості досліджуваного середовища використовувалася дистильована вода, яка наносилася на чисту поліровану поверхню вимірювальної призми. Програма експерименту передбачала виконання зворотних кроків так, як відсутні стандартні еталонні матеріали зі значенням похибки показника заломлення 10^{-6} . Згідно з вищенаведеним алгоритмом реєструвалася границя світлотіні, виконувалася зсув на одну найменшу поділку та повторювалася реєстрація світлотіні.

Програмне забезпечення дозволило формувати зображення світлотіні на екрані монітора (див. Фіг.4а), виділити фрагмент границі примежової кривої, в якій знаходиться границя, а також визначити опорні точки границі вхідного та відфільтрованого зображення, через які проводяться безпе-

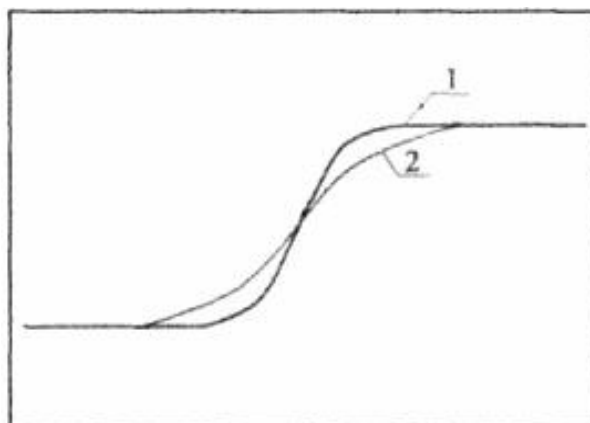
рервні лінії, що можуть бути апроксимовані й мають спільну точку.

Виділення області знаходження границі виконувалося за допомогою фільтра виділення контуру (див. Фіг.4б.) Серед фільтрів для виконання даної процедури був вибраний фільтр на основі оператора Собела. В результаті низькочастотної фільтрації зображення в області примежової кривої реєструвалася єдина спільна точка відфільтрованого та вхідного зображення, (див. Фіг.4в), а положення її, тобто, границя світлотіні визначалася згідно з (4).

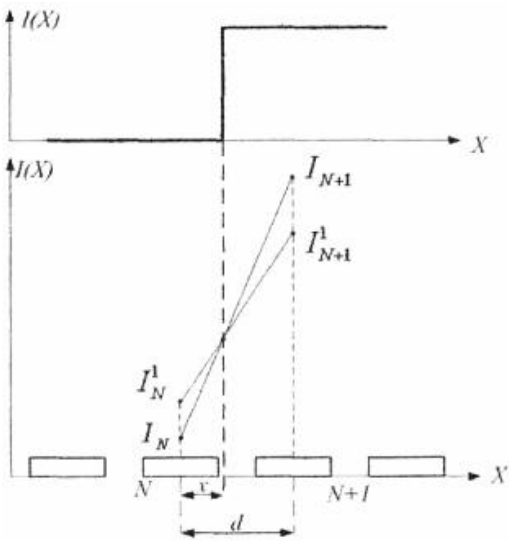
Для оцінки відповідності експериментальних і теоретичних характеристик вимірювання повторювалося неодноразово в усьому діапазоні присутності світлотіні на ПЗЗ матриці, що відповідало зміні діапазону в 0,15 показника заломлення. При цьому встановлено, що вихідна характеристика має лінійний характер, а зсув відліку на тисячну частку показника заломлення відповідає зміщенню границі світлотіні на чотири піксели, що дозволило отримати, завдяки запропонованому способу, роздільну здатність $2,5 \cdot 10^{-6}$ показника заломлення.



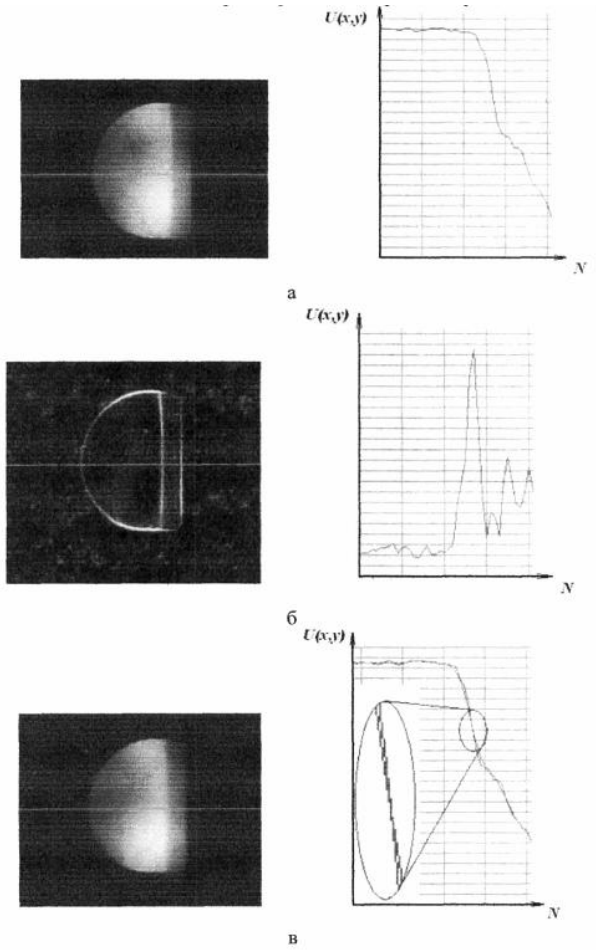
Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4