

# ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЛИНЕЕН ОПТИЧЕН СЕНЗОР

*Младен Ст. Милушев, - ТУ - София.  
Тодор Ст. Джамийков, - ТУ - София.*

*Leading world producers have recently offered linear optical sensors with a limited number of sensitivity elements and a relatively large pixel and area. These sensors are characterized by single voltage power supply, in-built logic for coordination of their functions, as well as a possibility for successive and parallel connection and a very good price-possibilities relation.*

*The report presents the results from examination of an optical sensors with a linear structure TSL-214 /Texas Instruments/. The measurement accuracy is checked in two cases: binary and digitary treatment of the video signal of the sensor. Data of the accuracy and error in both cases presented. The digitary treatment follows a proposed algorithm with a higher accuracy and adequate speed. The algorithm allows practical realization with an 8-bit microcontroller.*

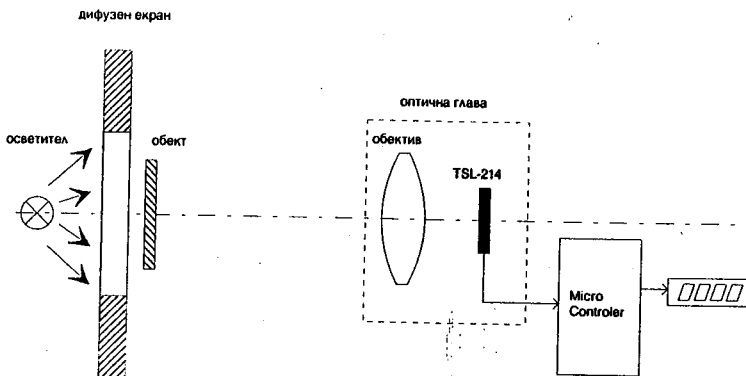
## 1. Постановка на проблема

За контрол на качеството и оптималната работата на различни съоръжения в промишлеността е необходимо да се измерват геометрични размери от гистанция в пределите на 0,1m - 1,5m. В тези случаи е целесъобразно да се използват оптични сензори в които, фотоприемника е линията от светочувствителни площадки. В най-често срещаните образци, фотоприемника е линейна CCD структура. За да бъде постигана висока точност и разрешаваща способност на измерване се стремят да използват фотоприемна структура с възможно най-малка пространствена стъпка. Това условие довежда и до минимални геометрични размери респективно площ на светочувствителната площадка и голям брой на тези елементи. Недостатък на този подход за реализация на оптичен сензор е ниската чувствителност на такива фотоприемници, необходимостта от допълнителна осветеност на обекта, голямото време за обработка на информацията от няколкото хиляди елемента, високите изисквания към оптичната система - необходимостта от висококачествени обективи и не на последно място високата цена на такива CCD - фотоприемници.

Възможен път за преодоляване на тези недостатъци е използването на фотоприемник от типа на TSL-214 на фирмата Texas Instruments, и използването на подходящ алгоритъм за обработка на информацията. При този фотоприемник се съчетават голямата чувствителност на силициевите фотодиоди, бързодействието и простотата на управление на CCD фотоприемници.

## 2. Опитна постановка.

За измерване на геометрични размери с помощта на фотоприемната линията TSL-214 се реализира следната измерителна схема показана на фиг.1.



фиг.1.Функционална схема на опитната постановка

Оптичният сензор се състои от две части. Оптична глава и микропроцесорна система с индикация. Микропроцесорната система управлява работата на линийката TSL-214 и обработва постъпващия от нея видеосигнал. На индикацията се изобразява оперативна информация и изчислената стойност на измервания геометричен размер.

Оптичната глава се състои от алуминиев корпус в който е закрепена линийката TSL-214 и обектив. Той е захванат с резбово съединение и чрез завъртането му се осъществява преместване по оптичната ос и така се осъществява фокусиране на изображението.

В предметната плоскост е разположен непрозрачния измерван обект. Непосредствено зад него с помощта на дифузен екран от млечно стъкло, осветяван от източник на светлина включително и в инфрачервената област на спектъра. По този начин се постига необходимата осветеност за нормалната работа на фотоприемната линийка. Този осветител се използва с цел постигането на равномерна осветеност на обекта върху който е фокусиран обектива. Когато, в предметната плоскост няма измерван обект всички чувствителни елементи от линийката трябва да дават еднакъв електрически сигнал. В противен случай, неравномерностите в светимостта на екрана довеждат до допълнителни (освен собствените шумове) различия в изходния сигнал от отделните елементи или се появява така наречения геометричен шум.

Процеса на измерване се състои в следното: В предметната плоскост се поставя непрозрачен предмет засенчващ 10mm от полето на зрение на оптичната глава. Настройва се времето за интегриране

на линийката така, че максималния сигнал от елементите и да бъде 1,8 V или  $\approx 75\%$  от напрежението на насищане на видеосигнала.

Чрез преместване на оптичната глава по оптичната ос се фокусира изображението на предмета. Предварително обектива е настроен на определено увеличение и положението му е твърдо фиксирано спрямо корпуса на оптичната глава. Критерий за правилното фокусиране е минималното число междинни стойности в преходите между тъмно-светло на напрежението на видеосигнала. Счита се че, оптичната глава е фокусирана добре когато междинната стойност в прехода е само една.

### 3. Концепция на изследването.

#### 3.1. Измерване посредством двуградационно преобразуване.

При измерване чрез двуградационно (бинарно) преобразуване, входния аналогов видеосигнал  $X_i$  се представя само с две възможни значения 0 или 1. При това критерия по който на всеки отделен елемент се поставя едното или другото значение е следният:

$$X_i = 0 \text{ при } X_i \leq h_p \text{ или } 1 \text{ при } X_i \geq h_p$$

където:  $X_i$  - поредица от 0 и 1 съответстваща на видеосигнала  $X_i$ ,  $h_p$  - праг на компариране.

Прага на бинаризиране  $h_p$  може да бъде както фиксиран така и адаптивен. За измерване на геометрични размери съгласно фиг.1, в бинарната поредица се преброяват елементите които имат значение 0. Броя на тези елементи  $N_0$  се счита, че съответствува на размера.

$$L_x = \frac{N_0 \cdot T_{pix}}{\beta}$$

където:  $L_x$  - измерван размер,  $\beta$  - увеличение на обектива,  $T_{pix}$  - пространствена стъпка на елементите на линийката,  $N_0$  - брой елементи които имат стойност 0.

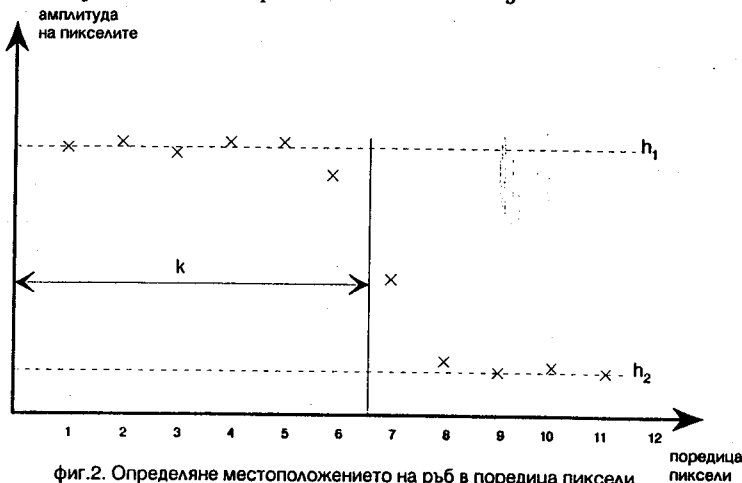
От тази зависимост се вижда, че размера може да приема значения с определена дискретна стъпка  $\frac{T_{pix}}{\beta}$ , тъй като  $N_0$  винаги е цяло число.

#### 3.2. Измерване посредством многоградационно преобразуване.

- Съвременната тенденция при използването на видеосигнали за измерване е мотивирана по отношение дигитализирането /оцифроването/ на аналоговия сигнал за точно измерване на изображението. За определяне на ръб /прехода от тъмно-светло и обратно от светло-тъмно/ са известни много методи, между които и различни модификации на метода на фотометричната среда. Други методи са описани в [2,5]. За избор на метод за определяне на положението на ръба са взети в предвид следните особености на сензора и респективно обработката на оцифрвания видеосигнал:
- Поради размерите на светочувствителните елементи /пиксели/ в прехода от тъмно-светло и светло-тъмно при фокусирана оптична

- система участва само един пиксел;
- За съкращаване на времето за измерване е желателно да не се използва предварително филтриране шумовете във видеосигнала;
- Възможност за директна редуцирана обработка на данни.

В [3,4,6] е описан метод за определяне на ръб в оцифрованото видеоизображение, който с модификация е подходящ за разглежданият случай. На фиг.2 е показан принципа на този метод.



фиг.2. Определяне местоположението на ръб в поредица пиксели

Методът използва за входни данни стойностите получени от линейния фотоприемник при сканирането на преход светло-тъмно или тъмно-светло. Тези стойности се представят като поредица от числа  $X_i, i=0, 1, \dots, n$  за  $n=12$ .

За определяне на  $K$  - положението на ръба се използват две нива  $h_1$  тъмно и  $h_2$  - светло. Тези нива се формират след изчисляването на следните зависимости:

- Пикселите участващи в определяне положението на ръба се дава с равенството

$$m_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j^i \quad \text{за } i = 1, 2, 3 \text{ и } n = 8 \quad (1)$$

За разглежданият линеен сегмент връзката между  $K$  и  $m$  се дава чрез зависимостта:

$$\sum_{j=1}^2 p_j h_j = m \quad (2)$$

където

$$p_1 = \frac{k}{n} \quad (3)$$

и

$$\sum_{i=1}^2 p_i = 1 \quad (4)$$

- За определяне на нивата  $h_1$  и  $h_2$  се използват следните равенства;

$$h_1 = m_1 - v \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} = 0,504 \quad (5)$$

$$h_2 = m_2 + v \sqrt{\frac{p_1}{p_2}} = 1,375 \quad (6)$$

където  $h_1$  и  $h_2$  са долната и горна шумозащитени граници

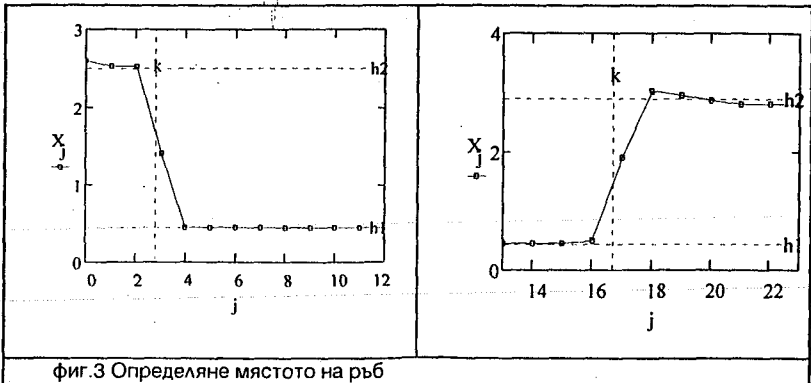
$$p_i = \frac{1}{2} \left[ 1 + s \sqrt{\frac{1}{4 + s^2}} \right] \quad (7)$$

където

$$s = \frac{m_2 + 2m_1^3 - 3m_1m_2}{v^3} \quad (8)$$

$$v^2 = m_2 - m_1^2 \quad (9)$$

Уравненията (1), (2), (3) и (4) показват, че  $k$  може да бъде не само цяло число. Следователно може да се определя положението на ръба в рамките на един пиксел. Също така метода се явява инверсен т.е. възможно е да се определя мястото на ръба при преход тъмно-



Фиг.3 Определяне мястото на ръб

светло. Характерни предимства на метода са липсата от необходимост от филтриране, то се получава автоматично при определянето на  $h_1$  и  $h_2$ . Също така и селективната обработка на данни - обработват се само няколко пиксела около предполагаемия ръб. На фиг.3 е представен резултата от предложеният алгоритъм.

## Литература

- [1] TSL214, TSL215, TSL218 Integrated Opto Sensor  
Fa. Texas Instruments Inc.  
D3862/1992, SOES005A/1993, SOES014A/1994
- [2] Wumus, H.: Anwendung von CCD-Kameras in der Automatisierungs- und Robotertechnik;  
RFE, 7/1984 s. 451-453.
- [3] Woschni, H. G.: Erweiterung der Auflösungsgrenze von Längenmeßsystemen mit CCD-Zeile;  
Feingerätetechnik, 9/1986 s.403-405
- [4] Mitchell, O. R., A. J. Tabatabai: Edge Location to Subpixel Values in Digital Imagery;  
IEEE vol. PAMI-6, No. 2, March 1984
- [5] Huang, T.: Image Sequence Analysis;  
Springer, 1981
- [6] Machuca, R., A. L. Gilbert: Finding edges in noisy scenes;  
IEEE vol. PAMI-3, Jan 1981