

## ДЕТЕКЦИЈА ПРОМЕНЕ У СЕКВЕНЦИ СЛИКА

Бобан Бонцулић, Војна академија – Београд  
 Жарко Барбарић, Војнотехнички институт-Београд

**Садржај** – У раду је предложен метод за одређивање прага детекције покрета на слици разлике два сукцесивна фрејма. Праг детекције покрета одређен је за жељену вероватноћу лажног аларма. Праг зависи од минималне стандардне девијације нивоа сивог слике разлике, која је одређена на основу блоковске поделе слике разлике. Предложени метод је испитан за Гаусову и Лапласову расподелу нивоа сивог на слици разлике и упоређен са методама из литературе. За праг детекције добијају се вредности које су упоредиве са вредностима прагова из литературе.

### 1. УВОД

За детекцију покрета на сликама сцене, добијеним непокретном камером, користи се обрада слике разлике која је добијена одузимањем сукцесивних фрејмова [1]. Ова детекција је праћена увођењем прага да би се добила бинарна слика у којој су пиксели класификовани у две класе (позадина и покретни пиксели). Међутим, ако пођемо од одузимања сукцесивних фрејмова, поставља се питање одређивања прага детекције покрета на сликама разлике [2]. Уколико се за класификацију пиксела слике користи један праг, тада се он назива *глобални праг*. Осим примене глобалног прага, слика се може поделити на блокове и за сваки од блокова посебно одређивати праг. Прагови који се користе за класификацију пиксела блокова зову се *локални прагови*.

Две значајне области примене детекције покрета су редукција шума и компресија података. У неким применама потребно је, не само да се детектује присуство покрета на слици, већ је неопходно познавати и његове параметре као што су, на пример, брзина и правац. Познавање ових параметара је значајно за компресију података у циљу преноса или меморисања слике. Трећа значајна примена детекције покрета је детекција покретних објеката на слици сцене.

У овом раду праг детекције покрета је одређен за жељену вероватноћу лажног аларма. Праг зависи од минималне стандардне девијације нивоа сивог, која је одређена на основу блоковске поделе слике разлике.

### 2. ПРОМЕНЕ У СЛИЦИ РАЗЛИКЕ ЗБОГ ПОКРЕТА НА СЦЕНИ

За детекцију покрета може се користити обрада слике разлике која се добија одузимањем сукцесивних фрејмова. Означимо са  $I^n(x,y)$  вредност интензитета пиксела фрејма на позицији  $(x,y)$  у тренутку  $t=n$ . Тада је:

$$D^n(x,y) = I^n(x,y) - I^{n-1}(x,y), \forall (x,y) \in [1, N] \times [1, M] \quad (1)$$

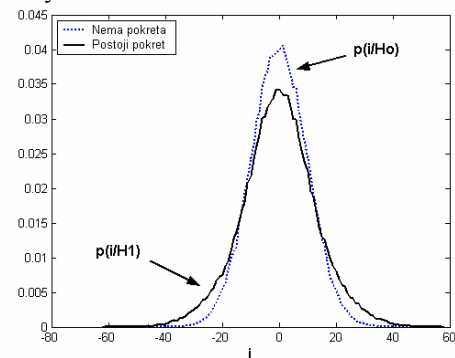
где је  $N \times M$  димензија фрејма у пикселима и где интензитет пиксела фрејма може узети било коју вредност из скупа  $[0, 1, 2, \dots, 255]$ .

У процесу детекције покрета на слици сцене могу настати две узајамно искључиве хипотезе:  $H_1$ , која се карактерише покретом објекта на слици сцене и  $H_0$ , која

се карактерише одсуством покрета на слици сцене. Како је слика праћена неизбежним шумовима, то се у процесу доношења одлуке о присуству или одсуству покрета, увек решава следећа дилема: да ли расподела нивоа сивог слике разлике представља смешу сигнал/шум, што одговара  $H_1$ , или чист шум, што одговара  $H_0$ .

Као основа за доношење одлуке о покрету објеката на слици сцене може да се користи уочљива разлика у статистичким карактеристикама чистог шума и смеше сигнал/шум. Једна од битних разлика је пораст варијансе нивоа сивог слике разлике, ако постоји покрет на сцени.

Уколико се за детекцију покрета користи (1), у случају да на сцени постоји покрет, на слици разлике долази до повећања варијансе, средња вредност слике разлике тежи нули, док се вредности нивоа сивог на слици разлике крећу ка нижим (-255) и вишим вредностима (255). Типичне расподеле нивоа сивог за реалне слике разлике када на сцени постоји покрет ( $p(i/H_1)$ ) и када на сцени не постоји покрет ( $p(i/H_0)$ ) приказане су на Сл. 1.



Сл. 1. Расподеле нивоа сивог у случају присуства и одсуства покрета на сцени

Са Сл. 1 се може видети да је дошло до повећања варијансе слике разлике када на сцени постоји покрет, док је средња вредност слике разлике у оба случаја једнака нули.

### 3. ОДРЕЂИВАЊЕ ПРАГА ДЕТЕКЦИЈЕ ПОКРЕТА НА ОСНОВУ ВЕРОВАТНОЋЕ ЛАЖНОГ АЛАРМА

Ако слика разлике (1), када на сцени не постоји покрет има нормалну расподелу  $N(0, \sigma_{D^n}^2) = N(0, \sigma_0^2)$

[1], тада је вероватноћа појаве нивоа сивог  $i$  на слици разлике дата изразом:

$$p(i/H_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} e^{-\frac{i^2}{2\sigma_0^2}} \quad (2)$$

Имајући у виду промену статистике слике разлике, вероватноћа да модуо слике разлике пређе границу прага  $T$  ( $|i| > T$ ) је вероватноћа лажног аларма:

$$P_{la} = \int_{-\infty}^{-T} p(i/H_0) di + \int_T^{\infty} p(i/H_0) di \quad (3)$$

На основу (2) и (3) добија се да је вероватноћа лажног аларма:

$$Pla = \operatorname{erfc}\left(\frac{T}{\sqrt{2} \cdot \sigma_0}\right) \quad (4)$$

Из (4) се види да на основу жељене вероватноће лажног аларма и варијансе  $\sigma_0^2$ , коју естимирамо са саме слике разлике, можемо одредити праг  $T$  на основу:

$$T = \sqrt{2} \sigma_0 \operatorname{erfinv}(1 - Pla) \quad (5)$$

Осим за нормалну расподелу нивоа сивог слике разлике када на сцени не постоји покрет, вредност прага се може одредити и за друге расподеле. Поједини аутори полазе од претпоставке да је расподела нивоа сивог слике разлике када на сцени не постоји покрет, Лапласова [3]. Тада се добија вредност прага:

$$T_l = \frac{1}{\sqrt{2}} \sigma_0 \ln \frac{1}{Pla} \quad (6)$$



Фрејм Karl-Wilhelm-Strasse



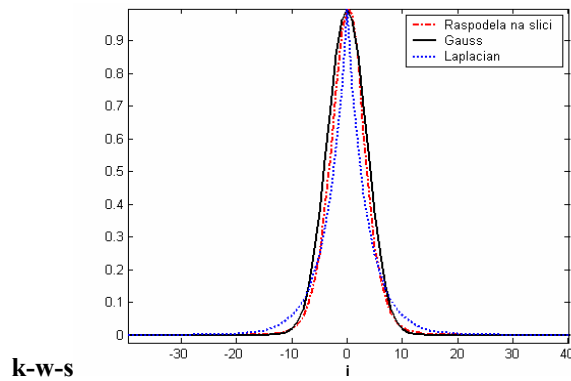
Фрејм k2



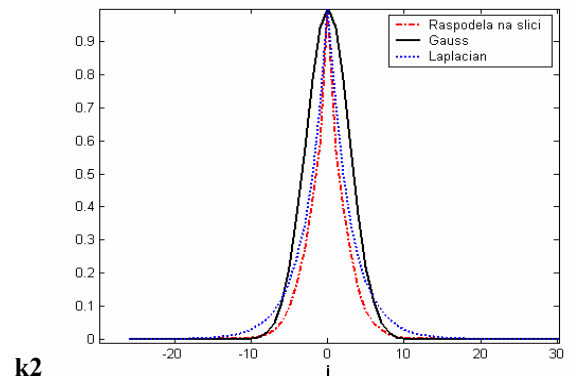
Фрејм b6



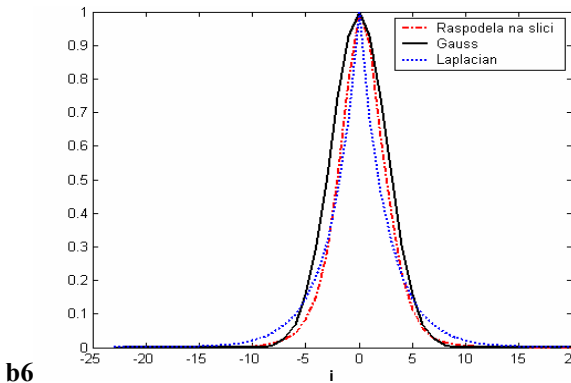
Фрејм t11



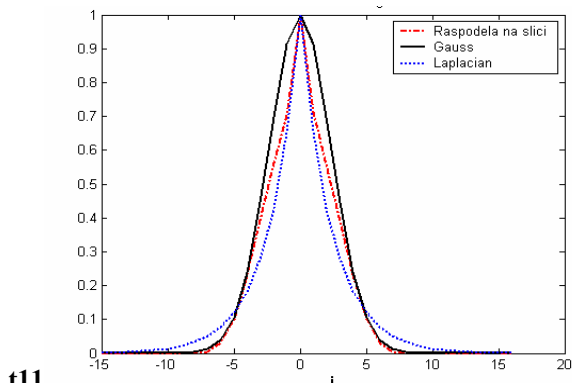
k-w-s



k2



b6



t11

Сл. 2. Нормализоване расподеле нивоа сивог за слике разлике приказаних фрејмова

На основу добијених хистограма (Сл. 2) и нормализованих расподела (Лапласова и Гаусова) се види да тип расподеле зависи од сцене, али да обе расподеле добро апроксимирају хистограм.

За праг детекције потребно је одредити варијансу  $\sigma_0^2$  слике разлике када на сцени не постоји покрет. Нека је дата слика разлике димензија  $N \times M$  пиксела, где је  $N=2^p$  и  $M=2^q$ . Поделимо слику разлике на блокове димензија  $s \times s$  пиксела. Згодно је да се дужине ивица блокова дупло повећавају са повећањем индекса  $l$ , тј.,

У циљу испитивања ваљаности претпоставке о Лапласовој и Гаусовој расподели нивоа сивог слике разлике, када на сцени не постоји покрет, на Сл. 2 дата су четири фрејма из различитих база слика сцене. Фрејмови који су коришћени за анализу су фрејмови у скали сивог. Фрејм Karl-Wilhelm-Strasse је фрејм секвенце Karl-Wilhelm-Strasse Универзитета Karlsruhe. Остала три фрејма су из базе слика аутора. Базе слика су формиране у познатим условима, фиксним камерама. Фрејмови k2 и b6 су добијени телевизијском а фрејм t11 термовизијском камером.

На Сл. 2 (доле), су приказани нормализовани хистограми нивоа сивог слика разлике наведених база, када на сцени није постојао покрет. На истим дијаграмима приказане су нормализоване Лапласова и Гаусова расподела, добијене на основу израчунате варијансе на сликама разлике.

$c_l = 2^l, l=1, 2, \dots, \min(p, q)-1$ . Поделу слике на блокове димензија  $2^l \times 2^l$  пиксела назовимо поделом  $l$ -тог нивоа. Блокови који припадају  $l$ -тому нивоу имају индексе  $k_l = 1, 2, \dots, K_l$ , где је  $K_l = 2^{p+q-2l}$ .

Средња вредност нивоа сивог блока слике разлике са индексом  $k_l$  дефинисана је са:

$$\overline{D}_{k_l}^n = \frac{1}{4^l} \sum_{(x,y) \in D_{k_l}^n} D_{k_l}^n(x,y), \quad k_l = 1, 2, \dots, K_l \quad (7)$$

Варијанса нивоа сивог блока слике разлике  $k_l$  је:

$$\sigma_{D_{k_l}^n}^2 = \frac{1}{4^l} \sum_{(x,y) \in D_{k_l}^n} (D_{k_l}^n(x,y) - \overline{D_{k_l}^n})^2, k_l = 1, 2, \dots, K_l \quad (8)$$

Претпостављамо да на слици разлике постоји бар један блок димензија  $c_l \times c_l$  пиксела, који не припада покрету на сцени, тј.:

$$\sigma_{D_{k_l}^n}^2 \approx \sigma_0^2 \quad (9)$$

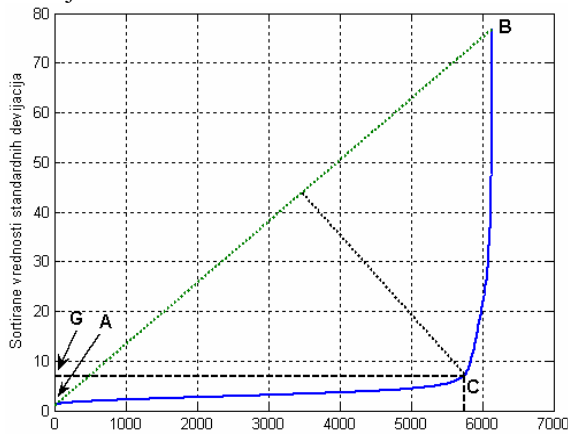
Блоковску поделу су користили и други аутори [4].

Како минималну варијансу слике разлике имамо када на сцени не постоји покрет, одредимо минималне варијансе за сваки ниво  $l$ :

$$\sigma_l^2 = \min(\sigma_{D_{k_l}^n}^2) \quad (10)$$

Битна особина варијансе естимиране изразом (10) је да њена вредност монотонно расте са порастом нивоа  $l$ . Монотоност варијансе је последица чињенице да варијанса узорка опада са повећањем узорка. На тај начин, са повећањем димензија блока, минимална варијанса блока је ближа варијанси слике разлике ако на сцени не постоји покрет.

За поделу слике разлике  $l$ -тог нивоа, минимална варијанса нивоа не може бити добар естиматор варијансе слике разлике када на сцени не постоји покрет јер њена вредност може бити врло мала (блок може бити случајан). Због тога се јавила идеја да се стандардна девијација  $\sigma_0$  естимира на основу средње вредности минималних стандардних девијација блокова слике разлике (стандардне девијације од интереса). Поступак одређивања стандардних девијација од интереса приказан је на Сл. 3.

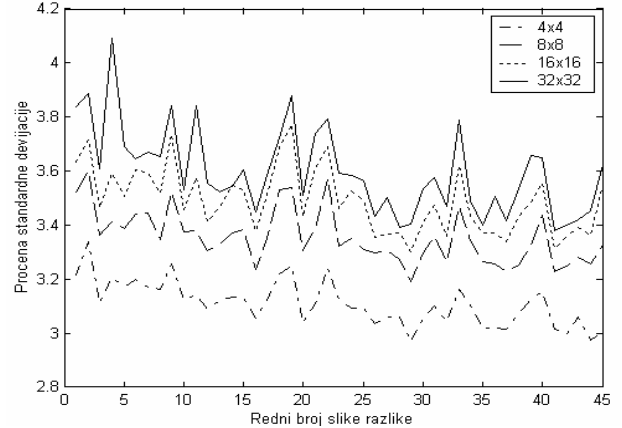


Сл. 3. Поступак одређивања стандардних девијација од интереса

На Сл. 3 су пуном линијом приказане сортиране вредности стандардних девијација блокова једне од слика разлике и права која спаја минималну (тачка A) и максималну (тачка B) вредност. Блокови са најмањим вредностима стандардне девијације се налазе у опсегу од најмање вредности стандардне девијације (доња граница) до колена C (горња граница). Колена C одговара граница G на ординати, а број блокова из наведеног опсега је дат на апсциси. Колена C се одређује на основу максималне удаљености криве сортираних вредности и повучене праве која спаја минимум и максимум, као што приказује Сл. 3. Коначно стандардну девијацију  $\sigma_0$  одређујемо као

средњу вредност минималних стандардних девијација из опсега граница.

Описани поступак је примењен на базе приказане на Сл. 2. На Сл. 4 графички су приказани резултати добијени за стандардну девијацију  $\sigma_0$  на основу описаног поступка, за базу Karl-Wilhelm-Strasse са Сл. 2. Анализирано је 45 фрејмова наведено базе за различите димензије блокова (Сл. 4).



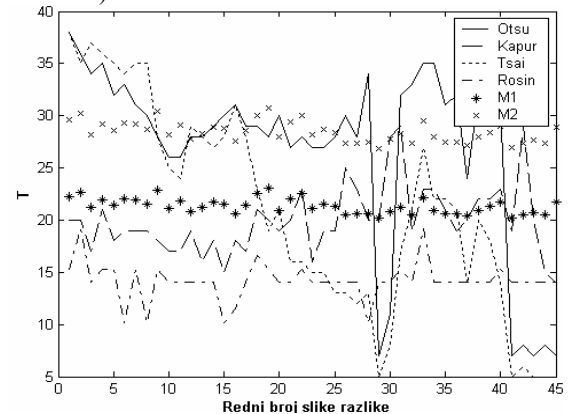
Сл. 4. Процене стандардне девијације  $\sigma_0$

Са Сл. 4 се види да процена стандардне девијације зависи од димензија блокова. У раду се за одређивање прага користила подела слике разлике на блокове  $8 \times 8$  пиксела. Избор димензија блокова захтева даљу анализу.

Други могући поступак за процену стандардне девијације  $\sigma_0$  је да се минимална стандардна девијација блока, а која се најчешће јавља, прогласи стандардном девијацијом слике разлике када на сцени не постоји покрет. Поред тога, у [4] се користи Dixon-ова статистика за естимацију  $\sigma_0$ .

#### 4. РЕЗУЛТАТИ

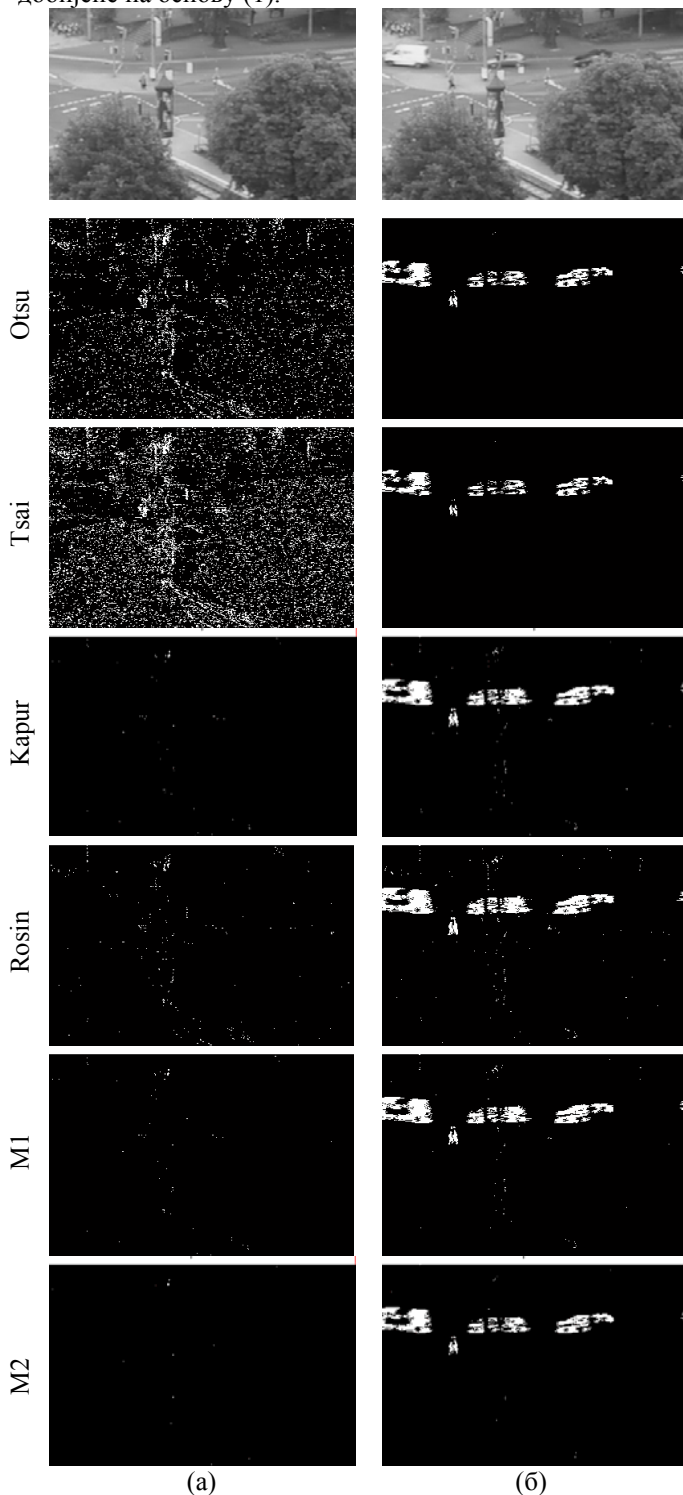
Предложени метод одређивања прага детекције покрета је упоређен са четири принципијелно различита метода из литературе: Otsu-овим [5] заснованим на дискриминантној анализи; Tsai-јевим [6] заснованим на очувању момената; Kapur-овим [7] који максимизује ентропију и Rosin-овим [1] заснованим на Euler-овом броју. На Сл. 5 су дате вредности прагова које су добијене предложеним методом и методима из литературе, за 45 сукцесивних фрејмова секвенце Karl-Wilhelm-Strasse. Вредност прага за предложени метод је одређена за вероватноће лажног аларма  $Pl_a=10^{-9}$  за Гаусову (M1 на Сл. 5) и  $Pl_a=10^{-5}$  за Лапласову расподелу (M2 на Сл. 5).



Сл. 5. Вредности прагова

Са Сл. 5 се види да прагови одређени *Otsu*-овим и *Tsai*-јевим методом имају малу вредност прага када на сцени не постоји покрет (29.-ти фрејм и 40.-45.-ти фрејм). Прагови израчунати по предложеном методу се налазе између вредности прагова које се добијају методима из литературе.

На Сл. 6 (горе) приказана су два фрејма анализираних секвенце, један у коме није било покрета (Сл. 6(a)) и један у коме постоји покрет на сцени (Сл. 6 (б)). На Сл. 6 (доле) приказане су бинарне слике које се добијају применом прагова различитих метода на слике разлике добијене на основу (1).



Сл. 6. Резултати детекције покрета; (M1) и (M2) се односе на резултате предложеног метода

У случају ниског прага постоји изражен утицај шума (Сл. 6(a) - *Otsu*, *Tsai*). Прагови који се добијају *Rosin*-овим методом и у случају постојања покрета на сцени имају малу вредност, па је и у том случају изражен утицај шума (Сл. 6(б) - *Rosin*). Прагови који се добијају на предложени начин су стабилни, без обзира да ли постоји покрет или не.

## 5. ЗАКЉУЧАК

Праг детекције покрета на слици разлике, по предложеном методу, зависи од задате вероватноће лажног аларма и естимираних стандардне девијације  $\sigma_0$ , која је одређена на основу блоковске поделе слике разлике. Вредности прагова које се добијају помоћу предложеног метода се налазе у опсегу вредности прагова метода из литературе. У даљем раду било би потребно извршити додатно испитивање расподеле нивоа сивог на слици разлике и предложити оптималне димензије блока за естимацију стандардне девијације  $\sigma_0$ .

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] P.L. Rosin, "Thresholding for Change Detection", *TR ISTR-97-01, Brunel University, UK, June 1997*.
- [2] Б. Бонцулић, Ж. Барбарић, "Праг детекције покретних објеката у видео секвенци", *Телфор 2004., Београд*
- [3] E. Sifakis, I. Grinias, G. Tziritas, "Video Segmentation Using Fast Marching and Region Growing Algorithms", *EURASIP Journal on Applied Signal Processing 2002:4, pp. 379-388*
- [4] P. Meer, J.-M. Jolion, A. Rosenfeld, "A Fast Parallel Algorithm for Blind Estimation of Noise Variance", *IEEE Trans. on PAMI, Vol. 12, No. 2, February 1990*.
- [5] H. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms", *IEEE Trans. on SMC, Vol. SMC-9, No. 1, January 1979*.
- [6] Wen-Hsiang Tsai, "Moment-Preserving Thresholding : A New Approach", *CVGIP 29, pp. 377-393, 1985*.
- [7] J.N. Kapur, P.K. Sahoo, A.K.C. Wong, "A New Method for Gray-Level Picture Thresholding Using the Entropy of the Histogram", *CVGIP 29, pp. 273-285, 1985*.

**Abstract** – In this paper is proposed a method for change detection thresholding on image difference of two successive frames. Proposed threshold is calculated for desired false alarm probability. The threshold is depend on minimum standard deviation of gray level on image difference, which is estimated with partition image difference on squared blocks. The proposed thresholding method is tested for Normal and Laplacian distribution of gray levels on image difference for real scenes and compared with four others from literature.

## CHANGE DETECTION IN VIDEO SEQUENCE

Boban Bondzulich, Zarko Barbaric