

АНАЛИТИЧЕН ОБЗОР НА СЪВРЕМЕННИТЕ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИ МОДЕЛИ ЗА ЦИФРОВА ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ НА ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТИ ОТ ДВИЖЕЩИ СЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

д-р инж. Георги Петров, доц. д-р инж. Панайот Илиев - НБУ

В статията е направен аналитичен обзор на новостите и тенденциите в развитието на методите за многомерна вероятностно статистическа цифрова обработка и анализ на последователности от изображения. Обхванати са най-актуалните тенденции за статистическата време пространствена обработка и многомерен ентропиен анализ на визуалното съдържание, като са изучени голямо количество литературни източници и Интернет ресурси, тествани са редица софтуерни приложения и са анализирани резултатите от тях. Изказани са някои хипотези и идеи за възможно подобряване на обхванатите в анализа алгоритми и методи за многомерна цифрова обработка на последователности от движещи се изображения. Обсъдени са възможностите за опростяване на някои от методиките за обработка и сегментация на движението.

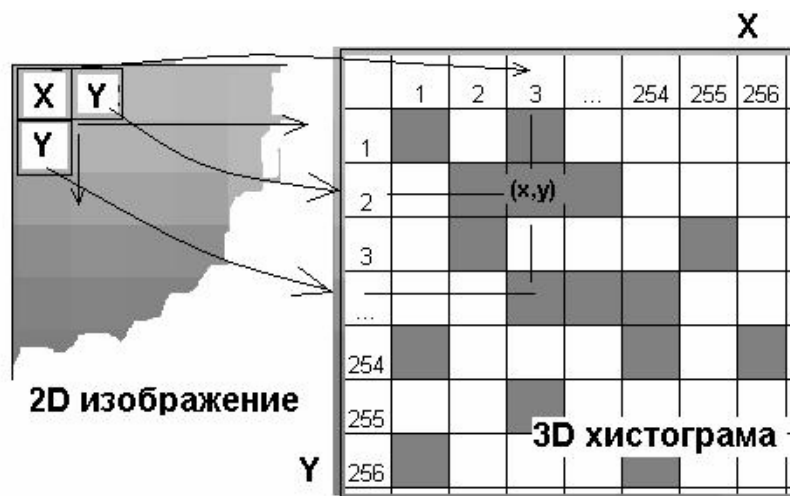
Отчитайки голямото разнообразие от визуални системи използвани в различни сфери на науката и индустрията, съществува и голямо изобилие приложения, които се характеризират с конкретна специфика на процесите на обработка и анализ на последователностите от изображения. Акцентът, който искаме да поставим, е върху модификацията и усъвършенстването на известни вероятностно-статистически функционални модели използвани за сегментиране на движението в системите за видео охрана и наблюдение (P. Iliev and L. Tsekov, 1993). Модификацията на методите и създаването на нови вероятностно-статистически функционални модели и софтуерни модули (1) и приложения следва да бъдат съобразени с изискването те да бъдат приложими в системите за индексване на видео филми.

Използването само на определени алгоритми за вероятностно статистическа обработка позволява реализацията на софтуерни цифрови филтри за обработка на изображения в реално време. Естествено това зависи и от бързодействието на ползания компютър или процесорен модул. Като правило ползването на стандартни компютърни платформи за обработка на множество изображения, каквато е видео обработката, не е ефективно. Ползват се 10-20% от възможностите на системата. Въпреки това определени методи на обработка може да бъдат достатъчно добре оптимизирани за работа в реално време, без това да бъде оптимално по отношение на консумираната мощност от системата. Това е сериозно преимущество тъй като масово ползваните хардуерни архитектури за съхраняване на видео бази данни и приложения за охрана и наблюдение са съвместими със стандартните офис компютри (2). Тоест програмните продукти написани за тях могат да се използват конкурентно върху всички масово разпространени съвместими хардуерни платформи. Друго преимущество е че бързината на обработка зависи основно от скоростта на конкретната хардуерна платформа, и параметрите на входящите изображения, като резолюция, цветност и формат на запис на данните (María Isabel D.F., Domingo R., 2004). Това решава проблемите свързани с осигуряване на

мащабируемост при разработваните системи, при което няма фиксирани ограничения върху параметрите и вида на анализирани последователности от изображения. Разгледаните по-долу функционални модели и софтуер позволяват реализацията на системи с разпределена и централизирана архитектура, което става възможно чрез методите за виртуализация на процесорни изчислителни центрове върху РС платформи (3, 4).

Основната функция на системите за охрана е възможността да откриват движението и да проследяват подвижните обекти, като едновременно с това извеждат сигнал за аларма, който да насочи вниманието на съответния контролен персонал (5). Този поход позволява автоматизацията на процесите по охрана на големи обекти.

Предвид изложените по-горе съображения бе избрано да бъде модифициран алгоритъм за откриване на движение, ползващ критериите на Колмогоров, Пийрсън и комплексен критерии (P. Iliev and L. Tsekov, 1993). Методът използва посочените критерии (6) изчислени на база двумерните (2D) нормирани хистограми на постъпващите последователности от изображения. При този тип анализ е било постигнато минимизиране на нужните хардуерни ресурси, памет и скорост на процесора. Предвид възможностите на днешните масово използвани компютърни конфигурации, тези ограничения отпадат. Това създава предпоставки за модифициране на разгледания метод, така че той да осигурява по-точна и оптимална детекция на движението в последователности от семантично свързани изображения.



Фиг. 1 Изчисление на 3D хистограма от 2D изображение.

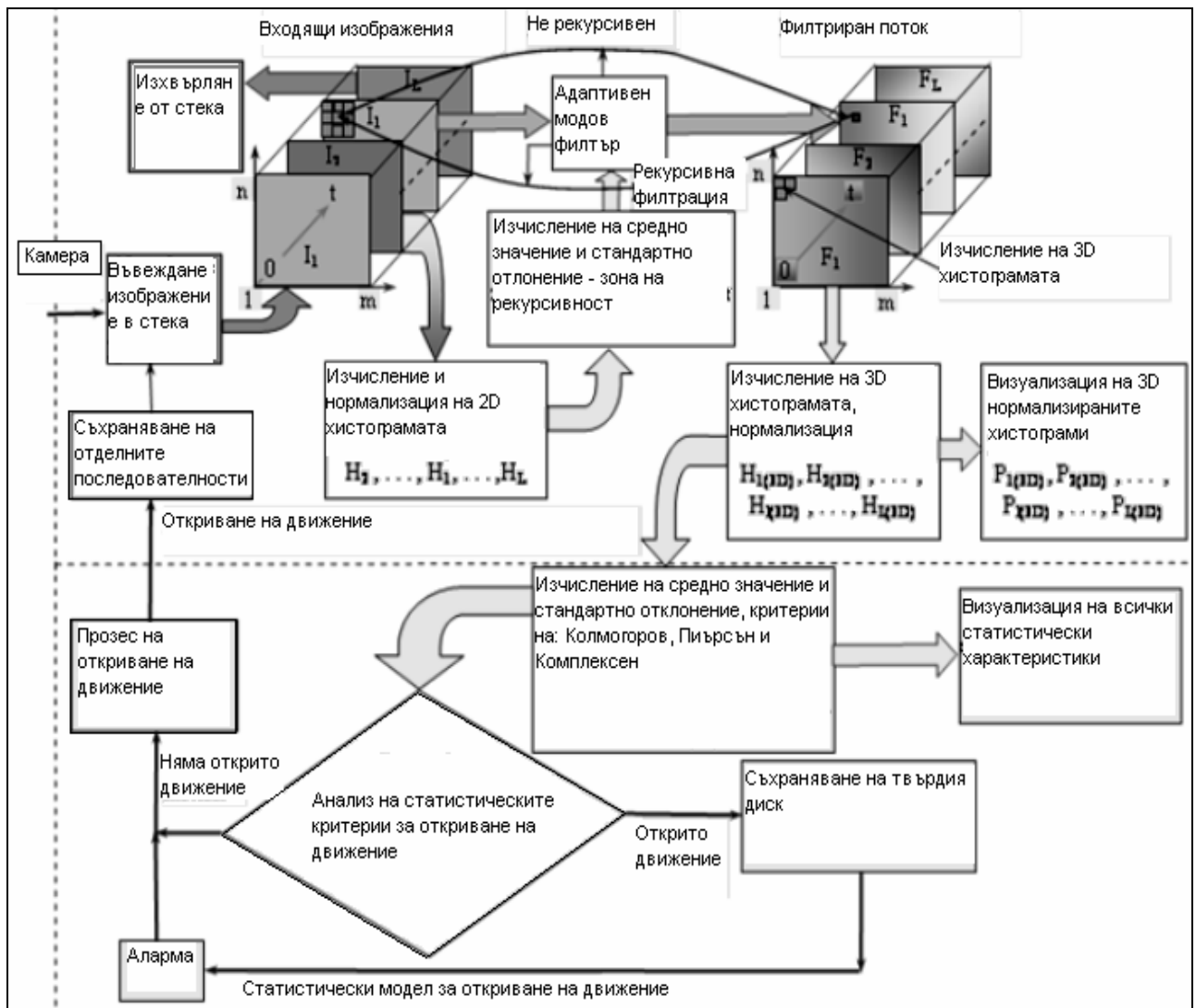
Хипотезата която предлагаме е да бъдат използвани тримерните (3D) нормирани хистограми на последователностите от изображения, като чрез тях ще се обезпечи възможност за по-прецизен анализ на хомогенните области във всяко едно от постъпващите изображения. Използването на 3D хистограмите позволява значително подобряване при използването на вероятноностно статистическите методи за бързо откриване на подобия между статични изображения в големи бази данни (Greg P., Ramin Z., 2005). Анализът на 3D хистограмите чрез посочените вероятноностно статистически критерии (7) ще позволи работата на системата при използване на изображения с влошени параметри, като при това се осигури възможност за по-прецизно откриване на

малки изменения между две последователно заснети изображения (8). Това е достатъчно основание да се създаде модел ползващ анализа на 3D хистограмите чрез критериите на Колмогоров, Пийрсън и комплексен, което би позволило значително повишаване точността на функционалния модел за детекция на движението в последователности от семантично свързани изображения.

Друго основно преимущество на хистограмния подход е възможността за едновременна многомерна предварителна обработка – статистическо хомогенизиране и анализ на движението в последователностите от изображения (К.Фукунга, Москва НАУКА 1979). По този начин изнасяйки процесите на обработка във вероятно статистическото пространство се постига значително минимизиране на хардуерните ресурси и общия брой изчислителни итерации, които трябва да бъдат реализирани, а също така подобни алгоритми за оптимално реализуеми като софтуерни. Например количеството обработвани данни за стандартно полутоново изображение от уеб камера с резолюция 640x480 пиксела (9, 10) е 307'200 байта, докато съответната 3D хистограма отнема едва 262'144 байта. При нарастване на обемът на изображението до няколко десетки мегабайта масивът памет използван за съхраняване на тримерната му хистограма остава непроменен.

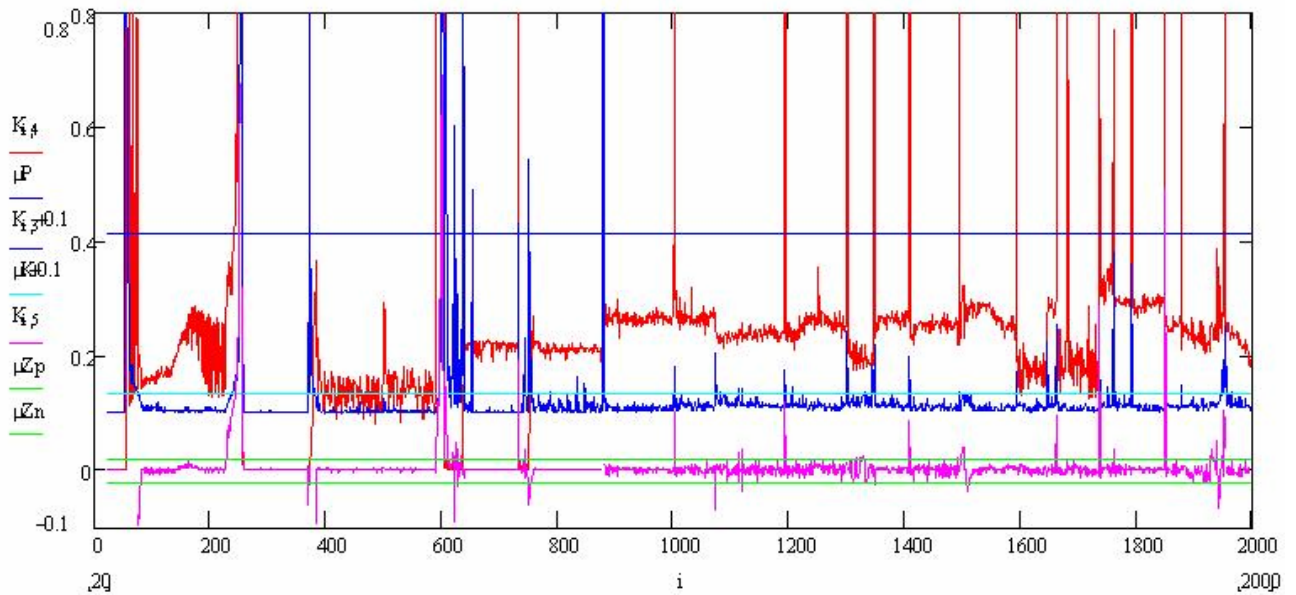
За постигане повишено бързодействие (11, 12, 13, 14) в процеса на предварителна хомогенизация на данните в 3D хистограмата, се предлага да бъде разработен метод за хомогенизиране на тримерната хистограма на постъпващите изображения. Методът представлява модификация на двумерният хистограмен модел, като в случая се групират съответно не единични яркости на отделните пиксели в изходното изображение, а двойки едновременно срещани пиксели, позволяващи хомогенизацията на онези зони в изображенията ограждащи хомогенните области в тях.

Предложените алгоритми за манипулация – статистическа филтрация в 3D хистограмите на изображенията и съчетаването на така обработените вероятностни разпределения с критериите за откриване на движение, дават възможност за създаване на бърза и надеждна система имаща основно приложение при обработката в реално време на видео информация постъпваща от охранителни камери (15, 16, 17, 18, 19).

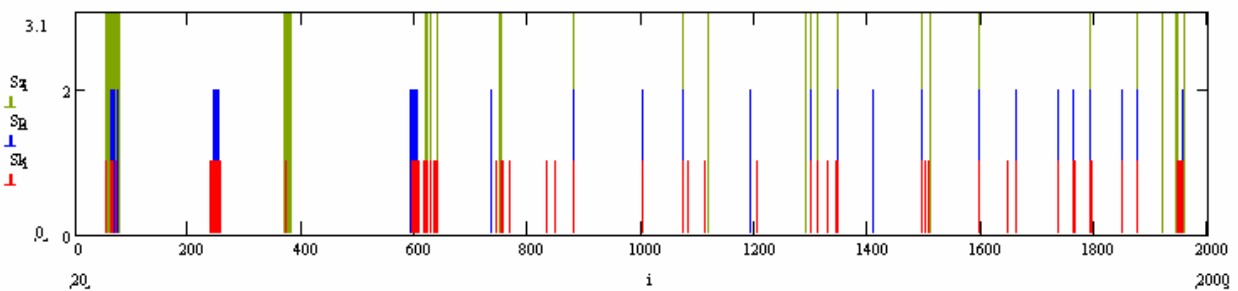


Фиг. 2 Функционален модел за откриването на движение.

Използването на горе посоченият модел за детекция на движение е частично приложим в системите за анализ на видео филми и мултимедийна информация (20, 21). Основен недостатък се явява чувствителността на системата към минимални разлики във вероятностното разпределение на яркостите в две поредни изображения. Поради тази причина не е възможно едновременното приложение на методите за обработка и сегментиране на движението (22, 23, 24) предложени за системите за видео контрол и наблюдение в системите за анализ на видео филми (Xiaomi Songr, 2005). При системите за охрана е достатъчно дефинирането на фиксирани прагови соотности (25, 26) на вероятностно статистическите критерии на Колмогоров, Пийрсън и комплексен за да се обезпечи надеждно сработване на алармата при откриване на движение.



Фиг.3 .a Графика на статистическите критерии **K**-червените стълбчета, **X**-сините стълбчета и **Z**-зелени стълбчета за 2000 поредни кадъра;



b.

Фиг.3 .b Сините стълбчетата показват детектираните ключови (1).

За нуждите на точно сегментиране на движението във видео филми следва да бъдат разработени адаптивни алгоритми за детекция на така наречените ключови кадри и отличаването им от кадрите в които има някакво вътрешно движение (27, 28, 29, 30). Точното определяне позициите на ключовите кадри е от особена важност при фрагментацията на видео филмите на отделни семантично свързани последователности от изображения, наричани визуални сцени. Използвайки определени експериментално установени зависимости в анализа на движението с посочените вероятно статистически критерии е направен и експериментално доказан адаптивен модел позволяващ ползването на критериите на Колмогоров и Пийрсън за детектирането на така наречените глобални ключови кадри (31) разделящи целият видео филм на семантично свързани последователности от изображения, а критерият на Колмогоров и комплексният критерий се ползват за изчисление позициите на така наречените локални ключови кадри, използвани за обектно фрагментиране на така обособените визуални сцени.

Основна разлика на предлагания време пространствен 2D ентропийен модел даден от (Yu-Fei Ma, Hong-Jiang Z. 2006) е използването изцяло на вероятностно статистически критерии и глобалните 3D хистограми на последователностите от изображения, без да се налага използването на ентропийната функция (32) на вероятностното разпределение на изображенията осреднена за период от време (33), спрямо която да се извършва детекция на движението. Друга разлика с представения модел за детекция на ключови кадри (Roland M. 2005), е че предложените в настоящата статия методи за обработка използват глобални вероятностно статистически методи, вместо локална сегментация на изображенията на малки зони.

Друга основна разлика на системите за обработка на видео филми от тази в системите за охрана и наблюдение, е чувствителността на зрителите към качеството на тази информация като: шум и загуба на детайлност, контраст и цветност, която се получава като негативен ефект в следствие от прилагането на бързите методи за групиране в 3D хистограмите на изображенията. Това прави алгоритмите използващи групиране и манипулация в 2D и 3D хистограмите на изображенията рядко приложими в процеса на филтрация на видео филми (34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42). Освен тези недостатъци предложеният метод за хомогенизация в 3D хистограмата на изходните изображения не решава проблемите свързани с премахването на импулсния шум, характерен за цифровите видео камери. Бихме могли да използваме други методи за предварителна обработка чрез бърза Фурие и косинусова, Уолш-Адамар и Уеивлет трансформация (43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53), но те излизат извън основните рамки на избрания от нас подход, а именно използването на вероятностно статистически модели в процеса на обработка и анализ на последователности от движещи се изображения.

За нуждите на предварителната обработка и филтрация на последователностите от изображения, който следва да бъдат фрагментирани на отделни визуални сцени изказахме хипотезата че приложението на рекурсивен адаптивен модов филтриращ алгоритъм би имал оптимални резултати гарантиращи правилното хомогенизиране и премахването на импулсния шум в последователностите от изображения (Turney, R.D.; Reza, A.M.; Delva, J.G.R, 1999). Основен недостатък на филтъра е неговата трудна имплементация при реализация на големи филтърни ядра върху стандартна архитектура (54, 55), поради забавено изчисление, което го прави неприложим при реализацията на софтуерни системи за предварителна обработка на последователности от изображения.

Друга възможност е да бъдат използвани адаптивни медианни филтри, които са по-бързи и оптимално премахват импулсните смущения в изходните изображения, като при това позволяват работа с филтърни ядра от 3x3 и 5x5 пиксела (Д.Дончев, 2007). Съществено подобряване на бързодействието на медианните филтри се постига при тяхното комбиниране с тегловни коефициенти на изходните данни (Gonzalo R. Arce, p139-180, 2005). Това осигурява високо бързодействие и еквивалентни резултати от филтрацията при филтърни ядра с минимален размер, само 3x3 пиксела, вместо 5x5, 7x7. При това чрез избор на вида на филтъра – рекурсивен или не рекурсивен, и само с

подбор на един единствен тегловен коефициент във филтърното ядро се постига по-дълбока или по-слаба хомогенизация на изображенията.

Предварителната обработка и последващата детекция на ключови кадри в последователности от движещи се изображения (56, 57), решава проблемите свързани с тяхната фрагментация на отделни визуални сцени. Тук следва да се вземе под внимание, че за разлика от видео охранителните системи, които рядко използват цветни видео камери (58, 59, 60, 61, 62), почти всички съвременни видео филми и мултимедийни клипове са цветни. Цветът на изображенията (Yu-Jin Zhang, p41-57, 2007) и техният контраст (Stefan Winkler, p71-103, 2005) лежат в основата на психо визуалният модел, който отразява начина по който хората възприемат визуалната информация. Едновременно с това тези модели изискват голямо количество изчисления, което естествено насочва вниманието ни към необходимостта от по-опростен модел за представяне на данните за цветове в дадена последователност от изображения. Това указва сериозно подобрене в процеса на фрагментиране на видео филмите на отделни набори от изображения.

$$Mcl_i = \begin{cases} 1 \text{ за } (mclF_{i-1} \neq mclF_i) \wedge (M_i^* = 1) \\ 0 \text{ за } mclF_{i-1} = mclF_i \wedge (M_i^* = 1) \end{cases} \quad (1)$$

където: Mcl_i^* е индексен едномерен масив съдържащ единици само за онези ключови кадри, за които има промяна и на модата $mclF_i^*$ на цветната хистограма.

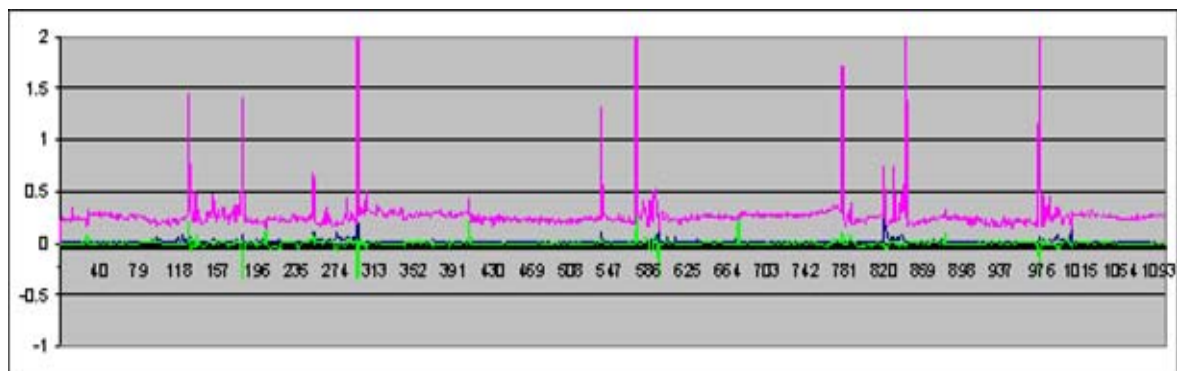


Фиг. 4 Кадри за които има детектирано движение, без да има реална смяна на визуалната сцена. Без използване на модата на цветните хистограми подобни визуални сцени се разделят погрешно на множество под групи.

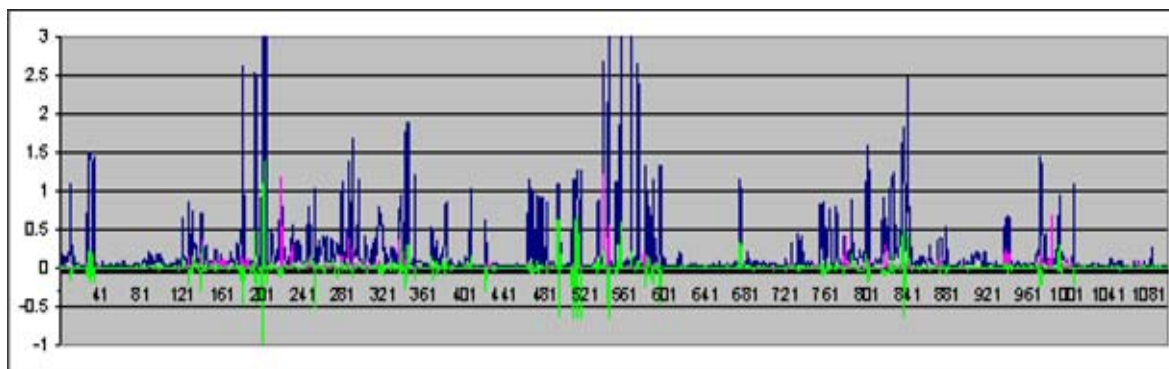
Предварителната филтрация на изображенията (63, 64) и сегментацията на визуалните сцени е основен елемент при анализа на видео филми и мултимедийна информация. Едновременно с това по никакъв начин не изчерпва възможностите ни за сравняване и индексирание на последователности от семантично свързани изображения. Поради спецификата на тази област и

неизвестността относно типа данни – видове изображения, контекст и параметри на заснемането не можем да приложим предимно методи за непараметрична обработка на сегментираните видео последователности. Като основен информационен показател (65), работещ адаптивно и независимо от типа анализирани данни, може да се използва ентропийната функция на 2D и 3D хистограмите на входящите изображения (С.К. Leung, F.K. Lam, 1997). Съществено преимущество би ни дала възможността да ползваме тази ентропийна функция, за многоканалното сегментиране на последователности от изображения на 4 или 8 слоя. Чрез този метод би било възможно да извършим по-прецизна и реалистична обектна сегментация в разглежданите визуални сцени. Откривайки и следейки параметрите на обектите в последователни изображения за всеки един ентропиен канал, е възможно да извършим откриване на подобни обекти и оценка за това дали имаме налично движение и именно кой обект(и) се движат.

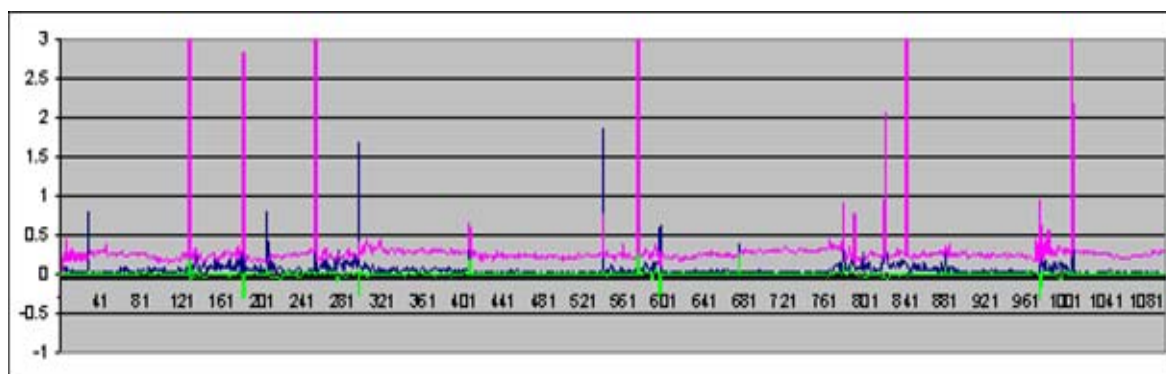
Така изчислените данни ще ни дадат статистика за появата и видовете обекти (66, 67, 68, 69, 70) в анализираната последователност от изображения, което може да се използва за допълнителен идентификатор на самата визуална сцена (например открит е камион, или действието се извършва предимно на син или зелен фон и други). Особеност на този тип обработка (71, 72, 73, 74, 75, 76), е че изисква едновременната многократна ентропийна сегментация на всяко едно постъпващо изображение, което би имало следните предимства за едновременен анализ на движението, но има и сериозните недостатъци свързани с необходимостта от по-бърза хардуерна архитектура. Едновременно с това следва да отбележим че анализът на ентропийно сегментираните изображения чрез модифицирани оператори за преброяване и изчисление параметрите на обектите, които са предложени в този дисертационен труд, изисква много по-малко ресурси от системата, в сравнение с анализа на оригиналните цифрови изображения. Обектният анализ използва обобщени вектори съдържащи основни параметри за всеки един представителен обект (77, 78, 79, 80, 81, 82, 83), като площ, коефициент на формата, яркост, цвят, позиции в изображението. Въз основа на горе казаното беше изказана хипотезата, че обработката на това многомерно векторно пространство позволява откриване на неподвижните и подвижните обекти, а също така да извършим параметрична филтрация (84) на обектите във цялата визуална сцена, минимизирайки по този начин обработваната информация.



a)



b)

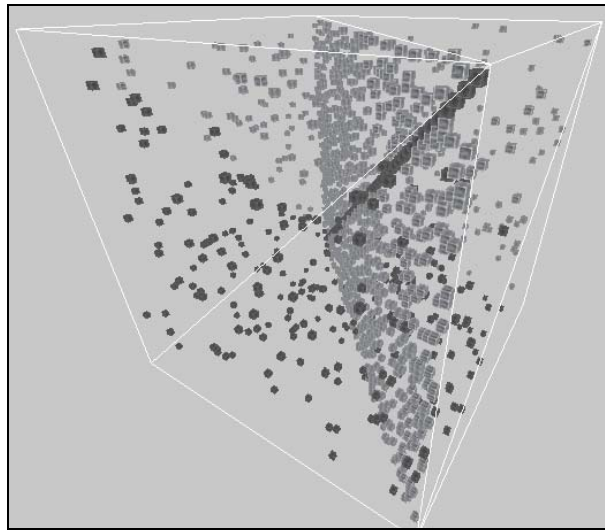


c)

Фиг. 5 Статистически критерии на движението на оригинални полутонови 8 битови последователности от изображения – (a), на ентропийно квантувани 3 битови изображения - (b), на предварително хомогенизирани 3D хистограми с последваща ентропийна сегментация на 8 нива - (c)

Следва да се обмисли възможността, дали не е възможно прилагането на глобален вероятностно статистически метод за анализ на визуалните сцени, такъв като модифицираният 3D хистограмен подход за откриване на движението в съседни изображения. Това би могло да стане, ако се използват 4D нормирани хистограми описващи вероятностното разпределение на изображенията в цялата сегментирана последователност. Нещо повече прилагането на ентропийни модели за сегментация в 4D хистограмите на визуалните сцени ще създаде предпоставка за бърза сегментация на самите изображения в цялата последователност, като ентропийните канали ще отразяват по-добре групите от вероятностни разпределения на тройките яркости срещани във всеки две двойки поредни изображения. Ентропийно сегментираните 4D хистограми имат и друго съществено преимущество, касаещо минимизацията на информацията нужна за описание и класифициране на сегментираните визуални сцени, като например 4 степенната ентропийно сегментирана 4D хистограма би отнемала едва 512 байта, а 8 степенната 4 килобайта, като прибавянето на допълнителна информация касаеща обектното съдържание на визуалната сцена и данни за основните цветове, които я представят, както и локалния контраст в отделните ентропийни канали и

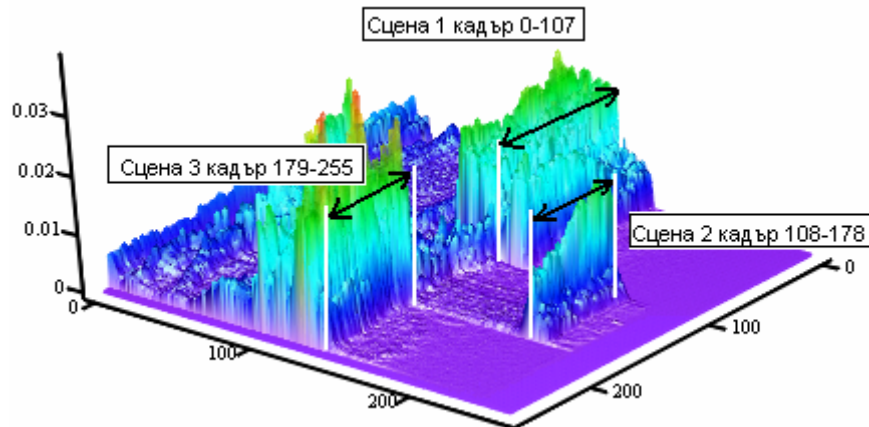
разбира се активността на движението в последователността, ще добави информация в рамките на 0.1-2 килобайта.



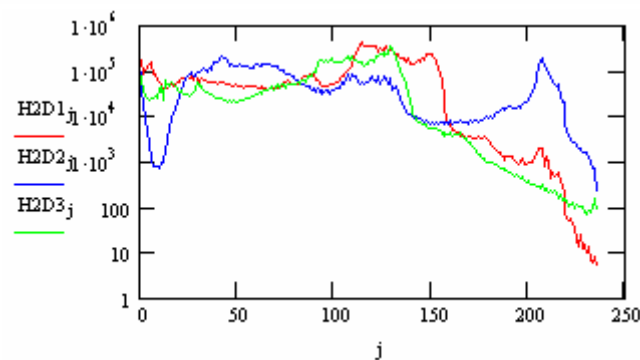
Фиг. 6 Четиримерна хистограма (32x32x32 кубчета с различна плътност изобразени с 256 нива на сивото). Изображението е ентропийно квантувано на 32 нива.

Сравняването на отделни сегментирани визуални сцени, във тяхното вероятно статистическо пространство, може да бъде извършено чрез различни метрики за откриване на минимални разстояния между хистограми (Pavel Z., Giuseppe A., Vlastislav D., 2005). Този тип анализ би имал положителен ефект към производителността на визуалните системи индексирани и класифициращи видео записи и филми, както и мултимедийна информация (85, 86, 87, 88).

В процесът на детекция на ключови кадри и сегментация на обектите и визуалните сцени възникват грешки, чието отчитане е от особено значение. Много от възникналите в процесът на заснемане и вторична обработка на изображенията грешки са необратими и практически неотстраними. Съществено преимущество на цифровите методи за запис на последователности от изображения е възможността за компресия на данните (А.Делийски, 2002), това допълнително улеснява обработка и съхраняването на визуалната информация, както и нейното разпространение, но е източник на допълнителни грешки (Khalid Sayood, 2003) и изкривявания на изображенията, които често могат да бъдат значителни и видими дори за обикновения зрител.



a)



b)

Фиг. 7. Графично представяне на 255 поредни 2D нормирани хистограми от 3 последователни визуални сцени –a), осреднени 2D хистограми за трите визуални сцени ($H3D1$, $H3D2$ и $H3D3$), нормирани в логаритмичен мащаб – b).

В настоящата статия се предлага една комбинирана метрика за качеството на сегментираните визуални сцени: следене изменението на статистическите критерии ползвани за детектиране на движение, отчитане на позициите на ключовите кадри за целия филм, като тези параметри са съпоставени за различни типове филтрация и ентропийна сегментация на изходните последователности от изображения. Също така предвид необратимите промени които нелинейната филтрация и хомогенизация на изображенията внася в тях, се предлага комбинирана обективна метрика на качеството на отделните изображения отчитаща средноквадратичната грешка и отношението сигнал шум, както и дефиниране на локалния контраст в ентропийно сегментираните канали на изображенията. Този подход по-добре отразява начина по който човек възприема гледаните изображения (Heinrich H. Bülthoff Seong-Whan Lee, Tomaso A. Poggio ChristianWallraven (Eds.), p230-240, 2002). По такъв начин ще бъде отчетено влиянието на шумът и контраста в ентропийно сегментираните области на изображенията, доближавайки се до начина по който човешкото око би възприемало гледаната картина и отделните области в нея. Също така е възможна и допълнителна модификация ползваща блоковото определяне на контраста, но вече в ентропийно сегментираните области на изображението.

- **Брой автоматично детектирани ключови - ТКФС кадри съвпадащи с ръчно потвърдените ключови кадри;**

$$TKFC = \sum_{i=Fstart}^{Fend} \begin{cases} 1 & \text{if } AK_i = HK_i \\ 0 & \text{if } AK_i \neq HK_i \end{cases} \quad (2)$$

където TKFC (True Key Frames Count) е броят на съвпадащите автоматизирано определени и ръчно потвърдени ключови кадри в дадена последователност от изображения, определена от Fstart – индекса сочещ към началния кадър на визуалната сцена до Fend индекса сочещ до оследния кадър на визуалната сцена.

AK_i – е масив съдържащ единици в позицията на автоматизирано определени ключови кадри

HK_i - е масив съдържащ единици в позицията на ръчно потвърдени ключови кадри

- **Индекс на изпуснатите ключови кадри - MKFI;**

$$MKFI = \frac{\sum_{i=Fstart}^{Fend} AK_i}{\sum_{i=Fstart}^{Fend} HK_i} \quad (3)$$

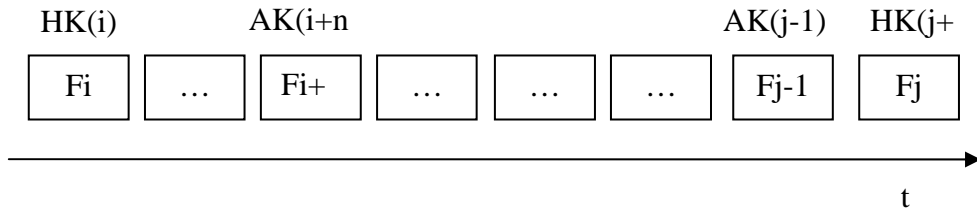
където MKFI (Missed Key Frame Index) указва отношението между общия брой автоматизирано открити ключови кадри, към общия брой ръчно потвърдени ключови кадри, това отношение е по-голямо от единица в случаите, когато алгоритъмът е детектирал погрешно повече ключови кадри, и по-малко от единица, когато алгоритъмът е изпуснал считани от оператора за валидни ключови кадри.

Всички последователности при които $MKFI < 1$ се анализират повторно чрез анализ на обектното съдържание в техните ентропийни маски. Данните за статистическите критерии на движението в позициите на ръчно потвърдените ключови кадри се записват, като валидни коефициенти, които да бъдат използвани при анализа на целия видео филм.

- **Средно кадрово отместване** (напред или назад във времето) при ръчно детектиране на ключови кадри в близост до автоматично открити такива (Фиг. 6.1). Този тип грешка ни позволява да определим доколко автоматизираната система успява да види движението преди оператора и какво е относителното им забавяне. Тази грешка се появява в следните случаи:

- прекалено бързо движение на обекта и фона, обикновено се наблюдава при анализ на видео филми и спортни предавания;

- прекалено бавно предвиждане на обекта, или когато обекта не е достатъчно представителен, силно негативен ефект при охранителни системи, когато целта има вероятностно статистически параметри подобни на общия фон на картината или при много бавно движение.



Фиг. 8. Автоматично детектирани ключови – отбелязани със сини вертикални черти ,и ръчно открити кадри. НК_{*i*} – е позицията на ръчно определен ключов кадър, АК_{*i*} – е позицията на автоматично открит ключов кадър. F_{*i*}, е пореден кадър с индекс *i*, F_{*j-1*}.

$$lkfdi = \min\{(i + n) - i; (i + n) - j\} \quad (4)$$

lkfdi – (Local Key Frame Distance Index) е броят кадри показващ отместването на автоматично детектиран ключов кадър от всеки един ръчно индексирани ключов кадър. При изпускане на подвижни обекти това разстояние се увеличава (таблица 6.1).

$$KFDI = \begin{cases} 0 & \text{if } MKFI = 1 \\ \frac{1}{MK} \sum_{i=0}^N lkfdi_i & \text{else if} \end{cases} \quad (5)$$

където **KFDI** (Key Frame Distance Index) е средното отместване на автоматично детектираните ключови кадри от ръчно индексирани ключови кадри за всички последователности от визуални сцени,

МК – (Missed Key) е общия брой пропуснати ключови кадри при автоматичното индексирани, **i** е поредния кадър, а **N** е последния кадър във филма,

lkfd_{*i*} е броят отместени кадри за всеки един неправилно детектиран или изпуснат ключов кадър

Този подход по-добре отразява начина по който човек възприема гледаните изображения (Heinrich H. Bülthoff Seong-Whan Lee, Tomaso A. Poggio ChristianWallraven (Eds.), p230-240, 2002). По такъв начин ще бъде отчетено влиянието на шумът и контраста в ентропийно сегментирани области на изображенията, доближавайки се до начина по който човешкото око би възприемало гледаната картина и отделните области в нея. Също така е възможна и допълнителна модификация ползваща блоковото определяне на контраста, но вече в ентропийно сегментирани области на изображението.

Всички анализирани и модифицирани методи и модели за обработка на изображения и техните последователности са реално имплементирани под формата на софтуерни приложения и модули написани на Visual C++ и C# (62, 75). За анализ на вероятно статистическите критерии на движението е използван математически модел имплементиран на MathCAD. Проблемите свързани с обезпечаване работоспособността на системата в реално време [M. Isabel D. Figueroa, Dr. D. RodríguezImage 2004] не могат да бъдат оптимално решени с използването на езици, като C# и Java, но тези приложения позволяват добра обратна съвместимост с библиотеки и модули за обработка на изображенията на ниско ниво написани на C и C++. В процесът на работа е търсен универсален подход използващ решения с отворен код, каквото е Virtual Dub, като модулите за обработка на видео филми са разработени с оглед да бъдат съвместими с тази система, като така се гарантира апаратна независимост при максимално добри скорости на обработка на видео потоците. Отчетен е и факта, че софтуерната реализация на подобни системи не може да бъде най-оптимална по отношение на бързодействие, но единствено така се подsigурява хардуерна платформена независимост, което е важно в процеса на първоначална разработка на приложения.

Експериментални резултати

Експерименталните резултати са осигурени чрез анализ на видео филми, като е извършено автоматизирано първоначално детектиране и броене на ключовите кадри и сцени посредством предложените от нас модификации на алгоритмите. Така получените данни се сравняват с ръчно определените позиции на ключови кадри и визуални сцени. Таблица 1 показва данни от проведените експерименти. Софтуерът маркира изпуснатите позиции и погрешно маркираните ключови кадри. За 100% истински се считат резултатите определени от човек, като спрямо тях се изчислява процентната успеваемост на детекцията на отделните ключови кадри, процентът изпуснати кадри и процентът изпуснати или слети визуални сцени. Методиката за определяне на грешката при детекция на ключови кадри

Име на филма	Брой кадри	Брой сцени	Открити сцени
Navy	145	3	5

Tank IR	157	6	5
Rocket	159	4	4
Tango and Cash	146 919	2270	2120
Rambo 4	130 900	1597	1430
Train	158 979	1839	1750

Таблица 1. Експериментални резултати от автоматизираното разделяне на видеофилми на отделни визуални сцени

Системите за визуална обработка, като правило изискват разнообразни и достатъчно мощни хардуерни архитектури притежаващи сигнални процесори и модули за статистическа и символна обработка. Комерсиалното създаване на специални 3D адресируеми памети с възможност да индексират динамичен достъп и преместване на отделните кадрови регистри е крайно скъпо при реализацията на мултимедийни системи. При тези високи изисквания, можем да кажем еднозначно, че процесите на заснемане и въвеждане на видео филмите в базите данни, както и предварителната им обработка (филтрацията) следва да бъдат изнесени в специализирани хардуерни модули. Повечето комерсиални видео и уеб камери имат вградени подобни функции, но все още няма наличен и сравнително унифициран формат за съхранение на данните позволяващ полесната пост продукция (обработка на визуалните сцени да става по предварително изчислени данни касаещи фрагментацията на движението). Тъй като масово ползваните формати в тези устройства са MPEG2/4 съвместими нуждата от специализирани компресиращи системи отпада. Едновременно с това наличието на компресирани цифрови записи, било то фими, видео клипове или последователности от изображения не предполага наличието на вероятно статистическа информация, която да бъде ползвана за индексирането на тези бази данни. Процесът на изчисление на тези критерии изисква допълнителната обработка на не фрагментирани последователности от изображения. Този процес е съизмерим, като време с времето нужно за компресия на видео последователностите. При условие, че няма разработен единен стандарт [Borko Furht and Oge Marques Auerbach, "Handbook of Video Databases: Design and Applications", 2004], за индексиране на мултимедийната информация, позволяващ индексиране и на друга информация при случаите на осигурителни системи, не позволява разработката на комерсиална универсална хардуерна индексиреща архитектура. Предвид конкретиката на проблемите, които трябва да реши системата за анализ и индексиране, тя би могла да се реализира, като обособен IP (Internet Protocol) или Express PCI модул изграден на базата на DSP и FPGA процесори и индексируема допълнителна памет. Интернет базираните решения предлагат по-висока гъвкавост по отношение на динамичното индексиране и анализ на различни и големи по обем видео последователности. По този начин се подобрява възможността за отдалечен

достъп и обработка до клъстери от сървъри. Разширителните PCI модули са добър избор при реализация на локални системи за обработка, например болнични системи за анализ на медицински изображения, университетски изследователски центрове, както и поло професионални видео бази данни, фотографски уеб сървъри и други.

В случаите когато се налага анализът на данни постъпващи от множество видео камери, може да се постави въпросът за автономност на системите за първоначално заснемане, алармиране и сигнализиране. Към тази автономност следва да се осигурят функции за бърза анализ, вдигане на локални аларми, мониторинг на функциите на видео камерите, захранващите и други осигурителни системи, възможности за компресия на предаваните данни, както и локална интелигентност – разпознаване на визуалните параметри на персонала (разпознаване на лица, уши, пръстови отпечатьци), необходими в системите за контрол и ограничен достъп на служители. Независимо от типа приложение най-общо межем да разделим отделните хардуерни системи на: централизирани и разпределени.

Системите с централизирана архитектура обикновено се използват при образната диагностика в медицината (болнични заведения), астрономия, научни центрове и университети и други. Основен недостатък е липсата на единни стандарти за форматиране и споделяне на данните, изображенията и резултатите от изследванията и измерванията. Работата в Интернет остава сериозно предизвикателство за този тип системи. Така например при ръчно индексирани бази данни от филми и снимки може да се получат множество грешки, ако единствената ползвана за търсене информация е текстовото описание на обектите.

Независимо изроените по-горе проблеми комерсиалните приложения като: <http://www.youtube.com/>, <http://www.vbox7.com/> ще донесат достатъчно приходи, които да бъдат инвестирани в нужното оборудване и софтуер. Ползването на индексирани машини и технологии за визуални бази данни, каквито са видео клиповете и снимки в Интернет, може да имат сериозно положително отражение в не комерсиалния сектор, като медицина, наука, опазване на околна среда, предизвестяване при бедствия и аварии, сигурност и надеждност и други.

Настоящия дисертационен труд предлага комплексни вероятно статистически модели за обработка и анализ на последователности от изображения. Адаптирането на предложените модели към конкретна хардуерна архитектура има смисъл само в случаите на производство на подобни системи за нуждите на охрана и наблюдение. Отчитайки спецификата на този пазар, и наличната конкуренция, евентуалната хардуерна реализация би била най-оптимална чрез използване на FPGA модули с интернет интерфейс за връзка. Като пример може да се посоча процесорният модул - Cyclone II EP2C70F672C6, производство на фирмата Altera. При реализацията на локални концентратори и центрове за събиране и анализ на видео последователности следва да се предвиди възможност за интегриране на хардуера с наличните системи, които най-често са PC базирани. Това най-удобно би могло да стане чрез интернет свързване, тъй като машините отговорни за заснемане и съхраняване на

данните са прекалено натоварени, за да бъдат използвани и за анализ. Съществено преимущество в центровете за наблюдение би имала интеграцията на данните в приложния слой, отколкото опитите за интегриране на вече съществуващи хардуерни решения за заснемане и компресия с нови модули за ускорен анализ на съдържанието. Представете си например наблюдателните камери по кръстовищата, които нямат централизирано управление, не анализират изображенията и не предоставят възможност за централизиран мониторинг на трафика. Подходящ модел за интеграцията им е ползването на локални концентратори с възможност за анализ и мрежова свързаност към център за мониторинг. Локалната интелигентност на системите, ще облекчи значително телекомуникационната мрежа ползвана за заснемане на пътната обстановка.

За нуждите на този дисертационен труд, бяха разработени следните оригинални авторски софтуерни филтри и модули за обработка и анализ на видео информация:

- Филтри за 2D и 3D ентропийна сегментация на последователности от изображения
- Филтри за време пространствена статистическа модова и медианна адаптивна филтрация на последователности от изображения
- Филтър за визуализация на процесите свързани със сегментацията, проследяването и параметричната филтрация на обектите в последователности от изображения
- Модул за предварителна вероятно статистическа сегментация на движението, откриване на ключови кадри и индексирание на визуални сцени, поддържащ автоматизираното разделяне на вече заснети видео филми в отделни файлове
- Приложение за обектна сегментация, броене и класификация на обектите в отделни изображения и съхраняване в база данни
- Модул за обектен анализ на последователности от изображения с възможност за проследяване на подвижните обекти
- Приложение за анализ параметрите на отделни изображения, и определяне качеството им
- Модул за анализ на грешката при автоматизираното сегментиране на движението в последователности от изображения

При проектирането на софтуерни филтри за предварителна вероятно статистическа обработка на последователности от изображения са взети предвид следните мерки гарантиращи повишено бързодействие:

- Филтрите са написани като статична библиотека и са компилирани в среда Visual C++ 6 с ползване на инлайн директиви
- Използването на субституционни масиви с предварително изчислени стойности
- Минимизиране на операциите деление, чрез заместване с умножение,

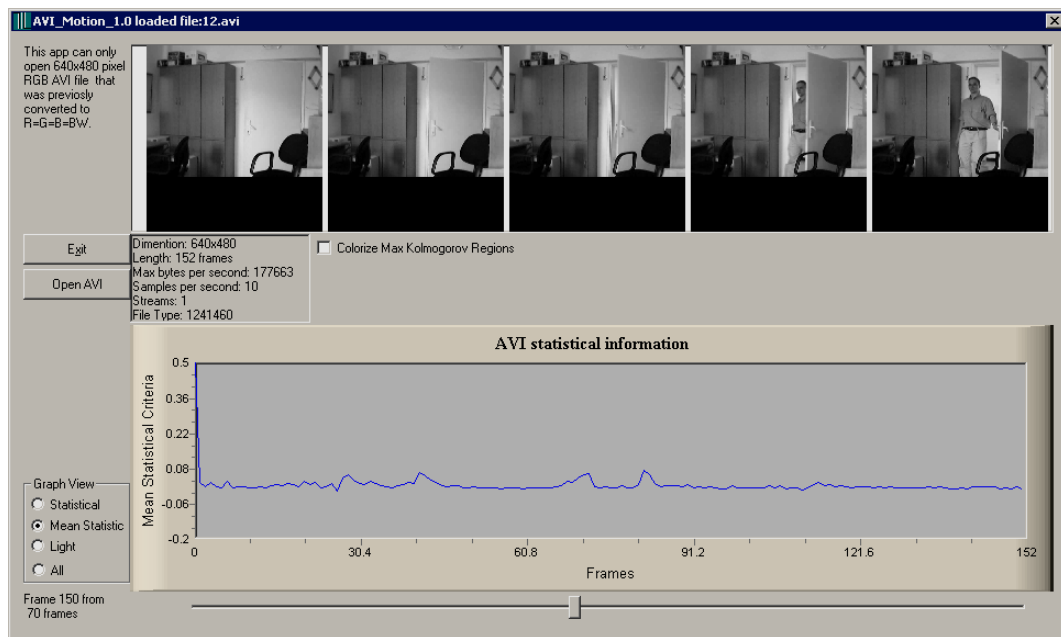
и адаптиране на методите за обработка с ползване на регистрови премествания

- Използване на адресна аритметика при цикличното обхождане на масивите съхраняващи данните за изображенията
- Оптимизиране чрез асемблер на процедурите за копиране и преместване на целочислени данни за 16 и 32

Като най-бавна операция може да се определи изчислението на 2D и 3D ентропияна на последователности от изображения. Въпреки че са реализирани филтри ползващи 3D хистограмна и ентропийна обработка, тяхното използване не е препоръчително за анализ на дълги видео записи над 1000 кадъра, което отнема значително време.

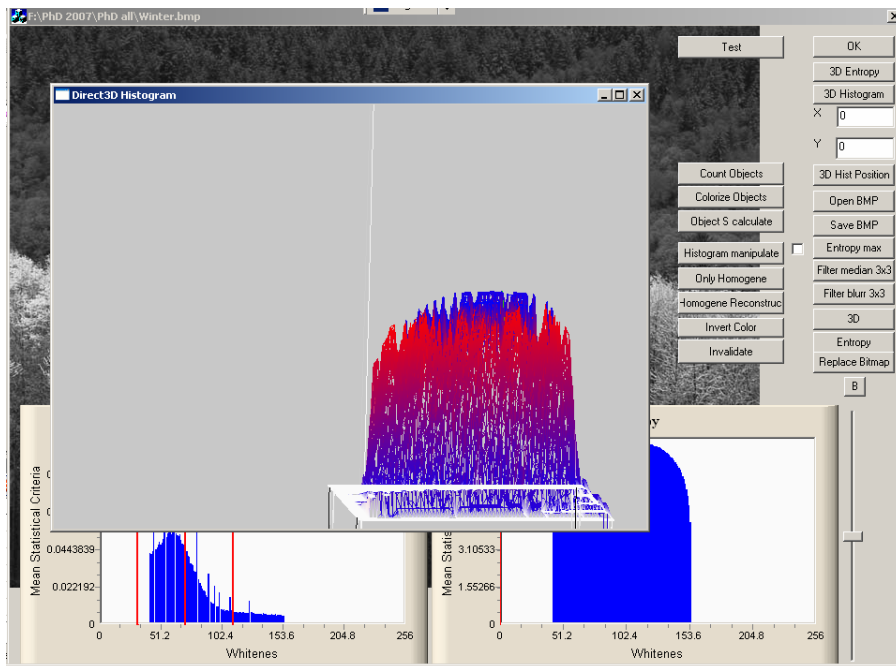
Като отделно демонстрационно приложение е реализирана 4D хистограмната и ентропийна обработка и хомогенизиране на визуални сцени, като не се препоръчва обработката на сцени съдържащи над 100 кадъра. Разработен е модул за сравнение на 4D хистограмите на отделните визуални сцени на един видео филм използващ различни статистически метрики.

Първоначално демонстрационният софтуер бе създаден на Visual C++ 6.0. За нормалната работа на системата се изискват инсталирани DirectX 9.0 и MPG кодеци, тъй като се анализират стандартни цифрови видеофайлове. В зависимост от типа камера (черно бяла или цветна), интерфейсът (PCI или USB) и желаната резолюция (в случая 640x480 пиксела), се постигат различни скорости на заснемане на отделните кадри (10-30 кадъра в секунда). По-високи скорости на заснемане са възможни при използване на бързи камери и видео тунери. Ползваните скорости на заснемане са напълно приемливи за създаване на стандартни охранителни системи. От съществено значение е бързината на заснемане на отделния кадър. Ако камерата работи при ниска осветеност, времето за експониране се удължава, а това води до размазване на заснемания обект. По-високи скорости и резолюция са постижими чрез използване на специализирани видео интерфейсни платки ползващи PCI шината на персоналния компютър, и такива с вградени процесори и памет за допълнително хардуерно ускорение (подобни решения бяха неоправдано скъпи за този етап на разработката 2500\$ позволяваща заснемането на 50-200 кадъра в секунда при 1 до 4 стандартни черно бели видео камери).



Фиг. 9 Общ вид на разработения софтуер за анализ на заснети AVI файлове. На графиката са показани осреднени данни за активността в отделните изображения. Софтуерът позволява изчисление и анализ на статистическите параметри на последователности от изображения на черно бели филми с резолюция 640x480.

Използването на Direct Show при работа с видео интерфейсите, значително опростява създаването на приложния софтуер за заснемане на видео последователности. Направени са експерименти със стандартни USB уеб камери, черно бели камери във видимия и инфрачервения спектър и стандартни PCI видео тунери. Като цяло наблюденията са че USB е добро решение само при ползването на една камера с резолюция до 380x320 пиксела, или при по-ниски изисквания относно скоростите на заснемане. USB видео тунерите позволяват работа с 4 камери, като скоростите на заснемане са 2 до 5 кадъра за секунда. По-високи скорости са постижими чрез ползването на USB хъбове, които обединяват потоците от отделните камери в един общ. Уеб камерите имат ниска чувствителност и получените изображения са силно зашумени. Въпреки своите недостатъци USB камерите могат да се ползват за изграждането на евтини охранителни системи (Фиг. 7.2).



Фиг. 10 Софтуер за обработка на статични изображения позволяващ 2D и 3D визуализация, стандартен вход на данните от изображения, хомогенизиране и филтрация на изображенията, маркиране и броене на микрообекти. Софтуерът е използван при създаването на модела за обработка на изображения чрез 3D хистограми и 3D ентропийни функции описан подробно в: [метрология 2005]

Избраната платформа е стандартна персонална компютърна конфигурация с памет 512MB RAM и 32 битов процесор с тактова честота над 1.2GHz. Възможно е използването на по-бавна компютърна конфигурация, като в този случай не се извършва предварителна филтрация на постъпващите от камерите изображения. Предлаганите алгоритми, третирайки статистическите параметри на изображенията, работят надеждно дори при не филтрирани последователности от изображения, но при това обектната декомпозиция се влошава. Първоначално разработеният софтуер не позволяваше работа в реално време, като има възможност само за откриване на движението в предварително записани черно бели последователности с резолюция 640x480 пиксела с 255 нива на сивото. Софтуерът допълнително позволява експортирането на из числените статистическите критерии за интензивността на движението в текстов формат, отварянето на AVI файлове, извличането на изображения, преизчисляване на техните локални хистограми и експортиране на матриците в текстов формат за анализ с Matlab и други софтуерни продукти.



Фиг. 11. Общ вид на софтуера за тестване на динамичните библиотеки за обработка и анализ на статични изображения съвместим с .NET платформата.

Специализираните библиотеки за обработка и анализ на единични изображения се тестват чрез друг специализиран софтуер. Софтуерът позволява анализ на алгоритмите за многомерна обработка на 3D хистограмите с 3D ентропийни функции на статични изображения. Софтуерът претърпя сериозни промени, като в началото беше написан на Visual C++ 6.0, а в последствие бе преработен за C# за .NET 2.0.

Разработката на функционалния софтуерен модел продължи в имплементирането му в различни динамични библиотеки съвместими с .NET платформата. Преимуществовата при работа с нея се изразяват в подобрените възможности за визуализация и мрежова поддръжка на приложенията. За целта беше създаден софтуер за тестване на библиотеките при обработка на статични изображения, които в последствие са интегрирани в библиотеките за обработка на последователности от изображения. Възможностите предлагани от .NET са използвани максимално пестеливо. C# не се явява подходящ по отношение на бързодействие при реализация на система работеща в реално време, но независимо от това той е мощен при бързата визуализация на експериментални данни и архивиране на междинните резултати от изследванията.

Заклучение

Всички анализирани и модифицирани методи и модели за обработка на изображения и техните последователности са реално имплементирани под формата на софтуерни приложения и модули написани на Visual C++ и C#. За анализ на вероятно статистическите критерии на движението е използван математически модел имплементиран на MathCAD. Проблемите свързани с

обезпечаване работоспособността на системата в реално време [M. Isabel D. Figueroa, Dr. D. RodríguezImage 2004] не могат да бъдат оптимално решени с използването на езици, като C# и Java, но тези риложения позволяват добра обратна съвместимост с библиотеки и модули за обработка на изображенията на ниско ниво написани на C и C++. В процесът на работа е търсен универсален подход използващ решения с отворен код, каквото е Virtual Dub, като модулите за обработка на видео филми са разработени с оглед да бъдат съвместими с тази система, като така се гарантира апаратна независимост при максимално добри скорости на обработка на видео потоците. Отчетен е и факта, че софтуерната реализация на подобни системи не може да бъде най-оптимална по отношение на бързодействие, но единствено така се подsigурява хардуерна платформена независимост, което е важно в процеса на първоначална разработка на приложения.

Библиография

- 1 Jörg Arndt, Algorithms for programmers ideas and source code
- 2 Gonzalez and Woods, Digital Image Processing Using MATLAB (DIPUM), Prentice Hall 2004
- 3 ERIK BROWN, Windows form programming using C#
- 4 P. Tzvetkov, G. Petrov, P. Iliev, Software development environments for image acquisition and processing, Challenges in higher education and research in the 21st century Sozopol 2006
- 5 Adrian G. Bors, Ioanis Pitas, Motion and Segmentation Prediction in Image Sequences Based on Motion Object Tracking
- 6 David Thirde, Mark Borg, Florent Fusier, Valéry Valentin,, Video Event Recognition for Aircraft Activity Monitoring
- 7 P. Iliev, P. Tzvetkov, G. Petrov, Universal system for multi dimensional image analysis and recognition using Walsh – Hadamard functions, Метрология 2007
- 8 J. Xie *, H.T. Tsui, Image segmentation based on maximum-likelihood estimation and optimum entropy-distribution (MLE–OED), Pattern Recognition Letters 25 (2004) 1133–1141
- 9 Peter Rogelj and Stanislav Kovačič, Similarity Measures for Non-rigid Registration
- 10 Alexander Ihlow, Udo Seiffert, Microscope Color Image Segmentation for Resistance Analysis of Barley Cells against Powdery Mildew
- 11 Markus Latzel, John K. Tsotsos, A ROBUST MOTION DETECTION AND ESTIMATION FILTER FOR VIDEO SIGNALS
- 12 Rong Jin, Alexander G. Hauptmann, Using a Probabilistic Source Model for Comparing Images
- 13 Ahsan Aziz, Decision Feedback Equalizer for StarCore™-Based DSPs
- 14 Analog Devices, MIXED-SIGNAL AND DSP DESIGN TECHNIQUES Analog Devices
- 15 Andrea S. Laliberte, Albert Rango, Ed L. Fredrickson, SEPARATING GREEN AND SENESCENT VEGETATION IN VERY HIGH
- 16 RESOLUTION PHOTOGRAPHY USING AN INTENSITY-HUE-SATURATION

- 17 TRANSFORMATION AND OBJECT BASED CLASSIFICATION
- 18 Analog Devices, Inc., Getting Started With Blackfin® Processors
- 19 Arun Chauhan, Telescoping MATLAB for DSP Applications
- 20 Jan Puzicha, Joachim M. Buhmann, Histogram Clustering for Unsupervised Segmentation and Image Retrieval
- 21 Carlos Raul Castro Pareja,, REAL-TIME 3D ELASTIC IMAGE REGISTRATION
- 22 Claude E. Shannon, A Mathematical Theory of Communication, The Bell System Technical Journal, Vol. 27, pp. 379–423, 623–656, July, October, 1948.
- 23 P. Tzvetkov, G. Petrov, P. Iliev, Multidimensional dynamic scene analysis for video security applications” – IEEE International Scientific Conference Computer Science’2006 Istanbul
- 24 PABLO ANDRE ´S ARBELA ´ EZ AND LAURENT D. COHEN, Energy Partitions and Image Segmentation,
- 25 2004 Kluwer Academic Publishers. Manufactured in The Netherlands.
- 26 Julien Richefeu, Antoine Manzanera, A NEWHYBRID DIFFERENTIAL FILTER FOR MOTION DETECTION
- 27 K. SUBRAMANIAM, S.S. DLAY and F.C. RIND, VEHICLE DETECTION AND TRACKING USING WAVELET TRANSFORMS
- 28 Lijie Liu Yan Dong Xiaomu Song Guoliang Fan, An entropy-based segmentation algorithm for computer-generated document images
- 29 Gwena¨elle Piriou, Patrick Bouthemy, Jian-Feng Yao, Learned probabilistic image motion models for event detection in videos, ICPR 2004
- 30 Eftychis Sifakis, Ilias Grinias, Georgios Tziritas, Video Segmentation Using FastMarching and Region Growing Algorithms, EURASIP Journal on Applied Signal Processing 2002:4, 379–388
- 31 c 2002 Hindawi Publishing Corporation
- 32 Longin Jan latenski,Daniel Devild, Automatic Recognition of Unpredicted Events in Video
- 33 Emanon Keogh, Shruti Kasetty, On the Need for Time Series Data Mining Benchmarks: A Survey and Empirical Demonstration
- 34 Esther Bettina Meier, Frank Ade, TRACKING CARS IN RANGE IMAGE

SEQUENCES

- 35 P. P´erez, C. Hue, J. Vermaak, and M. Gangnet, Color-Based Probabilistic Tracking
- 36 P.M.C. Gieles, Image-guided surgery: digital imaging as a support to patient treatment
- 37 Ronan Fablet, Patrick Bouthemy and Marc Gelgon, MOVING OBJECT DETECTION IN COLOR IMAGE SEQUENCES USING REGION-LEVEL GRAPH LABELING
- 38 Ерве Беноа, Цифрова телевизия : MPEG-1, MPEG-2 & Принципи на системата DVB
- 39 R. Carretero-Gonza, J. Huke, D. S. Broomhead, J. Stark, Scaling and interleaving of subsystem Lyapunov exponents for spatio-temporal systems
- 40 Clark F. Olson, Image Mining by Matching Exemplars Using Entropy
- 41 Longin Jan Latecki, Roland Mieziako, Dragoljub Pokrajac, Tracking Motion Objects in Infrared Videos
- 42 David Kirtley Ping-Xing Tzan, Compensation for automatic white balance correction with histogram equalization
- 43 Fatih Porikli, Probabilistic multiple face detection and tracking using entropy measures, MERL – A MITSUBISHI ELECTRIC RESEARCH LABORATORY
- 44 F. Kurugollua, B. Sankurc, A.E. Harmancid, Color image segmentation using histogram multithresholding and fusion
- 45 Marina Kolesnik, Ales Fexa, Multi Dimensional Color Histograms for Segmentation of Wounds in Images
- 46 MICHAEL D. GROSSBERG, SHREE K. NAYAR, Histogram Preserving Image Transformations
- 47 Michael E. Leventon, W. Eric L. Grimson, Multi-Modal Volume Registration Using Joint Intensity Distributions
- 48 Thorsten M. Buzug, Jürgen Weese, Carola Fasnacht and Cristian Lorenz, Image Registration: Convex weighting functions for histogram-based similarity measures
- 49 К.Фукунга, Введение в статистическую теорию распознавания образов, Москва НАУКА 1979

- 50 A. Averbuch, Y. Keller, A unified approach to FFT based image registration
- 51 Irene Gu, Error Protection for Transporting Video over IP networks
- 52 Axis Communications Compression techniques, DIGITAL IMAGES AND VIDEO FOR SURVEILLANCE APPLICATIONS, 2002
- 53 Farshid Arman, Arding Hsu, and Ming-Yee Chiu, IMAGE PROCESSING ON COMPRESSED DATA FOR LARGE VIDEO DATABASES
- 54 Jeffrey M. Gilbert, Robert W. Brodersen, A Lossless 2-D Image Compression Technique for Synthetic Discrete-Tone Images
- 55 Jerry D. Gibson, Lossless Compression Handbook, An imprint of Elsevier Science 2003
- 56 KHALID SAYOOD, Lossless Compression Handbook, ACADEMIC PRESS 2003
- 57 Lia Morra, Silvia Delsanto, Leonardo Reyneri, Enhanced unsupervised segmentation of multispectral Magnetic Resonance images
- 58 Manik Varma, Andrew Zisserman, A Statistical Approach to Texture Classification from Single Images
- 59
- 60 Orachat Sukmarg, K. R. Rao, FAST OBJECT DETECTION AND SEGMENTATION IN MPEG COMPRESSED DOMAIN
- 61 Glenn Hines, Zia-ur Rahman, Daniel Jobson, Glenn Woodella, DSP Implementation of the Retinex Image Enhancement Algorithm
- 62 Gonzalez and Woods, Digital Image Processing 3rd Edition, Prentice Hall 2008
- 63 John Alroy, New methods for quantifying macroevolutionary patterns and processes, Paleobiology, 26(4), pp. 707–733
- 64 Predrag Neskovic, David Schuster, Leon N Cooper, Biologically inspired recognition system for car detection from real-time video streams
- 65 Shahram Shirani, Post-processing of DCT-Based Image and Video decoded data
- 66 Markus Kuhn, Information theory and coding Image, video and audio compression, Michaelmas 2003 { Part II
- 67 Rastislav Lukac, Color Image Processing Methods and Applications, Taylor & Francis 2007

- 68 Koichi Sato, Designing Video Processing Surveillance System EE382 Embedded Software Systems Literature Survey
- 69 Tian-Tsong Ng and Shih-Fu Chang, An Online System for Classifying Computer Graphics Images from Natural Photographs
- 70 Kosmas Karadimitriou, and John M. Tyler, MIN-MAX COMPRESSION METHODS FOR MEDICAL IMAGE DATABASES
- 71 Kurato Maeno, Qibin Sun, Shih-Fu Chang,, New Semi-Fragile Image Authentication Watermarking Techniques Using Random Bias and Nonuniform Quantization
- 72 Longin Jan Latecki, Tao Jin, Jaiwant Mulik, A Two-Stream approach for priority management and adaptive rate control in multimedia applications
- 73 Manfred Ehlers, Guido Bohmann, Daniel Tomowski, DECISION BASED DATA FUSION TECHNIQUES FOR THE ANALYSIS OF SETTLEMENT AREAS FROM MULTISENSOR SATELLITE DATA, University of Osnabrueck, D-49074 Osnabrueck, Germany
- 74 M. Droskey, B. Meyerz, M. Rumpfy, K. Schallerz, An adaptive level set method for medical image segmentation
- 76 Matthieu Molinier, Tuomas Häme, Heikki Ahola, 3D-Connected Components Analysis for Trac Monitoring in Image Sequences Acquired from a Helicopter
- 77 María Isabel Díaz Figueroa, Dr. Domingo Rodríguez, Image Processing using Java and C#: A Comparison Approach
- 78 Matthijs van der Molen, Pieter Jonker, A Comparison of Linear Processor Arrays for Image Processing
- 79 Meritxell Bach Cuadra, Atlas-Based Segmentation of Pathological MR Brain Images Using a Model of Lesion Growth
- 80 Peter Schallauer, Digital Image Sequence Restoration
- 81 Peyman Milanfar, Two-Dimensional Matched Filtering for Motion Estimation, IEEE, VOL. 8, NO. 3, MARCH 1999
- 82 Quan Yuan, Stan Sclaroff, Vassilis Athitsos, Automatic 2D Hand Tracking in Video Sequences
- 83 Seth McEvoy, Windows Media Platform, MS Press 2003

- 84 Shu-Ching Chen, R. L. Kashyap, Arif Ghafoor, SEMANTIC MODELS FOR MULTIMEDIA DATABASE SEARCHING AND BROWSING, 2002 Kluwer Academic Publishers
- 85 Tee-Ann Teo, Liang-Chien Chen, OBJECT-BASED BUILDING DETECTION FROM LIDAR DATA AND HIGH RESOLUTION SATELLITE
- 86 Volker Rehrmann, Object Oriented Motion Estimation in Color Image Sequences
- 87 Zoran Zivkovic, Ben Kröse, A probabilistic model for an EM-like object tracking algorithm using color-histograms
- 88 О. Железов, Компютърна обработка на сигнали и изображения, Варна, 1994