

МОДИФИЦИРАНА СТЕРЕО ТВ СИСТЕМА ЗА ПОЛУЧАВАНЕ НА БИНОКУЛЯРНО ЗРЕНИЕ И ЦИФРОВА ОБРАБОТКА НА ИЗОБРАЖЕНИЯ MODIFIED STEREO TV SYSTEM FOR OBTAINING BINOCULAR VISION AND DIGITAL IMAGE PROCESSING

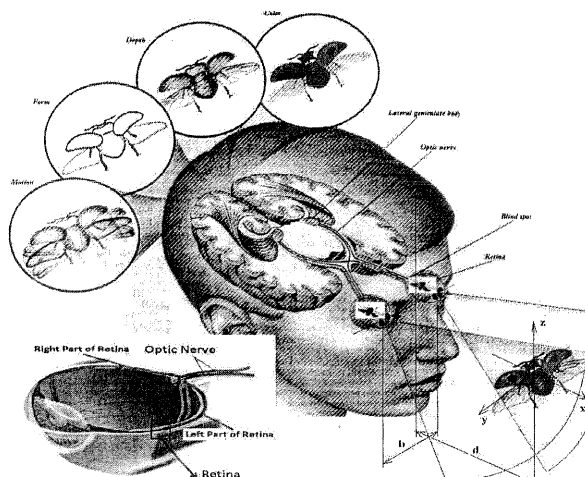
Росен П. Спиров, Георги А. Ангелов

Резюме: Статията представя разработка на бинокулярен модел за стерео зрение на база двойка стерео ТВИС и FPGA за цифрова обработка и съвместяване на изображения и откриване на обекти при динамични условия в реално време.

Ключови думи: обработка на изображения, откриване на обекти, FPGA, стерео изображения, роботика

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Анатомията на зрителния апарат на човека е обект за фундаментални изследвания от векове. В научната литература съществуват множество модели, представящи зрителната система на човека / фиг.1/.



Фиг.1.Схема на зрителната система на човека

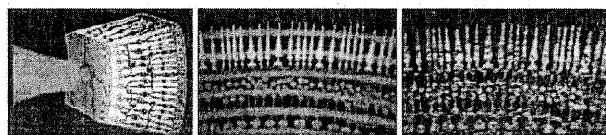
Функционирането ѝ и днес поставя много въпроси. Анатомията на човешкото око разкрива начина и пътя на възприемане на зрителната информация, нейната обработка, анализиране и интерпретация [1].



Фиг.2. Анатомия на зрителния тракт при човека

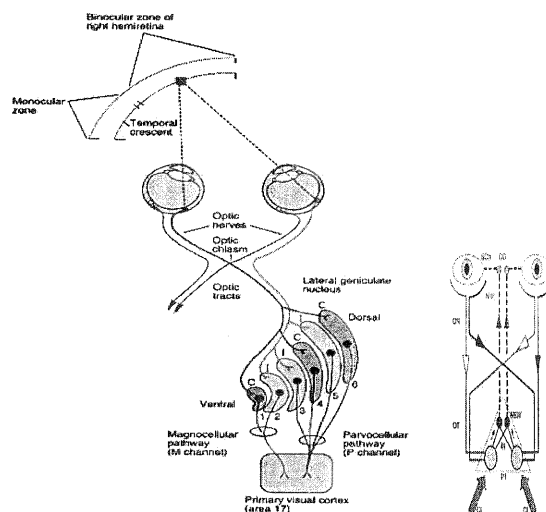
Човешкото око възприема зрителната информация като преобразува зрителните образи чрез ретината. в потоци нервно-

токови импулси, предавани чрез снопа на зрителния нерв към съответните дялове



Фиг.3. Анатомия на ретината и преобразуване на зрителната информация

Обзорът е индивидуално визуално пространство с лява и дясна част. За всяка част от него отговаря за един неврон и това е неговата невронна приемна област. Зрителните сигнали от ретината достигат областта от мозъка LGN [6].

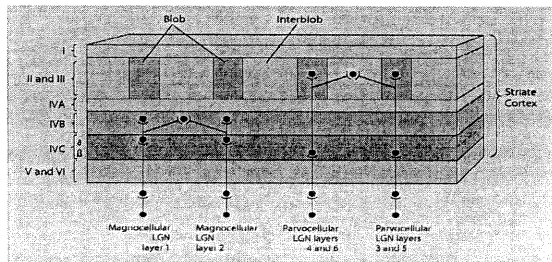


Фиг.4.Зрителен тракт и система за адаптация на очите

Тази област се състои от 6 нива, като. Вътрешните са 2 *magnocellular* и външни 4 нива- *parvocellular*. Междуслойното ниво *interlaminar* е изградено от други малки клетки - *koniocellular*. Тези слоеве приемат

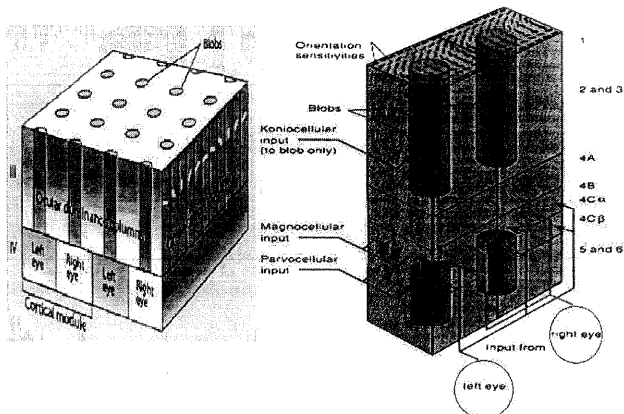
входната информация от различните типове ганглийни клетки на ретината.

Процеса на въвеждане на информация от всяко око протича с редуване към различните по вид слоеве. Първият кортиков синапсис на неврона пренася визуалната информация в средния дял на тилната лобална част на мозъка в т. н. Brodman-ова карта.



Фиг.5 Функциониране на кортиковия дял

Отделянето на М и Р пътища се извършва в кортекса. Аксоните от двата региона се терминират в слой 4 на гънките на кортекса, ако (а) терминални зони на аксоните в този слой има разклонение на всеки един и (б) Р-пътя повличащ 2-рия синапсис пренасящ информация в по-външните слоеве 2 и 3. Невроните с еднаква селективна способност се групират в колонии, според доминиращото око и предпочетената ориентация.



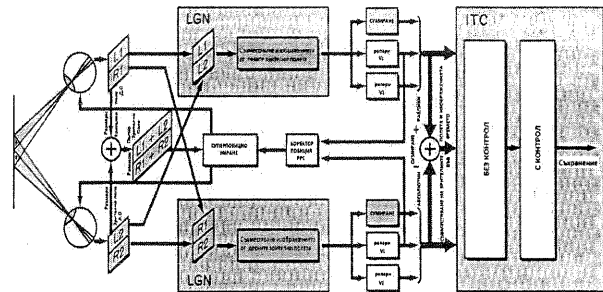
Фиг.6. Организация на Кортиковите модули

Ориентацията на колоните регулярно се пресича от блобове. Кортиковите модули съдържат пълен набор ориентири за двете очи.

II. Анализ и модел на бинокулярния тракт

Сензорните елементи на електронните видео системи са обикновено видео камери, които пресъздават функцията на човешките очи, а градивните блокове в определена степен имитират функцията на зрителния тракт на

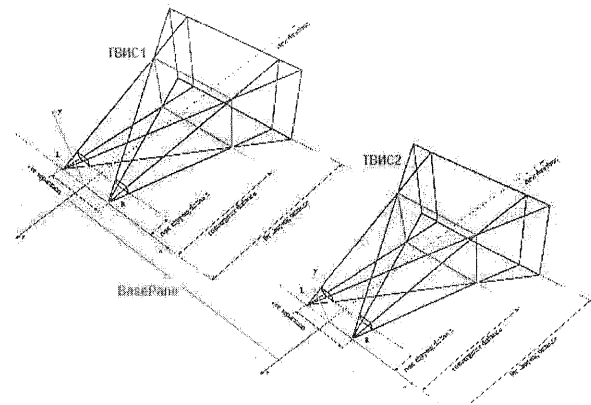
човека [5]. Предложената реализация на бинокулярна ТВ система следва представения бинокулярен модел на зрителния тракт на човека, представен с блок-схемата на фиг.5.



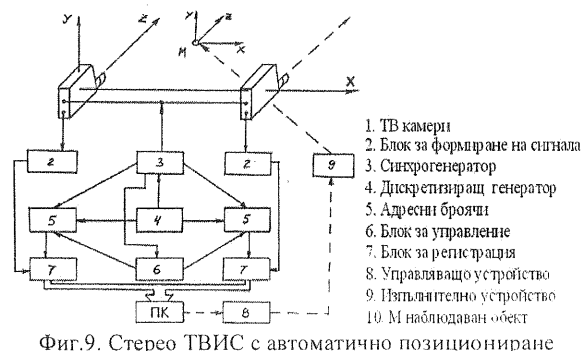
Фиг.7 Блок-схема на бинокулярен модел

На практика това представлява вдвояна двойка следящи ТВ измервателни системи с обща база и база за ляво и дясно визуално пространство.

Всяка двойка ТВИС осъществява измерване на параметрите на относителното движение на обектите спрямо себе си с помоща на стереометоди в получените изображения от двата датчика по разположението на обектите в растрите им и в последствие спрямо другата двойка стерео ТВИС анонсирайки различни стерео точки в бинокулярна система за наблюдение и контрол.



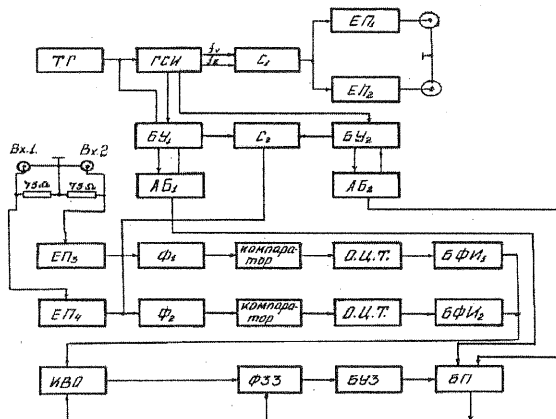
Фиг.8 Формиране на панорамно визуално поле на бинокулярната ТВИС



Фиг.9. Стерео ТВИС с автоматично позициониране

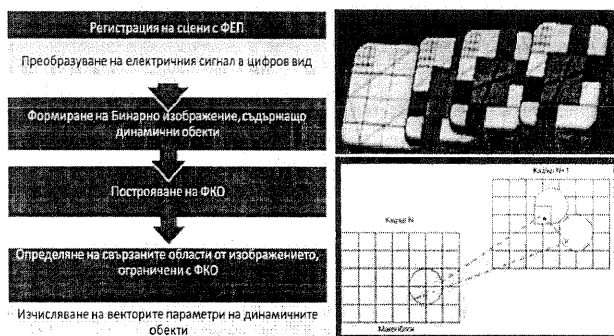
III. ТЕХНИЧЕСКА РЕАЛИЗАЦИЯ

Блок-схемата на едната двойка стерео ТВИС [4], има вида от фиг.9, а синтезираната разширена блок-схема има вида от фиг. 10.



Фиг.10 Разширена блокова схема на ТВИС

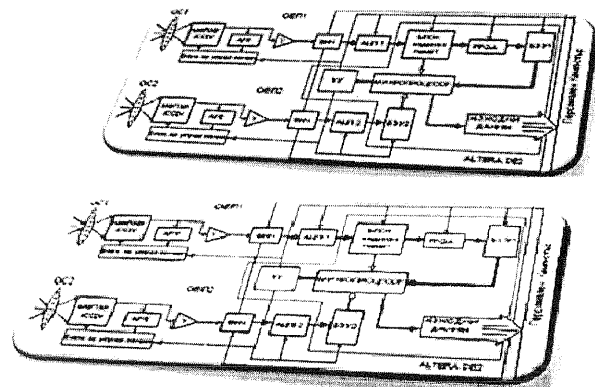
Тактовият генератор /ТГ/ осигурява тактови импулси към синхрогенератора и адресните броячи по хоризонтал и вертикали. Следващият блок е генератора на синхронизиращи импулси /ГСН/. В изхода му се получават сигнали за синхронизиране на двете видеокамери и импулси за управление на адресните броячи. Следва блок за селектиране на отчетите за запис и обмен на информация с ПК. В следващото стъпало се формират РСИ. В третото стъпало от редовата и полукадровата честота се получава сигнал четност на полукадра и се формират ПКСИ. Суматорът създава комплексния синхро импулс SYNC. Логиката за селектиране на наблюдавания обект маркира попадане на елементи от изображението му в няколко от редовете на ТВ разивка, като от поредицата отчети за запис се извежда един.



Фиг. 11. Алгоритъм

От маркерите на обекта се определят координатите му и се следи изменението им. Блокът за формиране на защитна зона съдържа схеми за закъснение, формиране на защитна зона и възстановяване.

Алгоритъмът на работа застъпва няколко етапа [3] на цифрова обработка на изображенията, представени схематично на фиг.11. Етапите на всяка от различните обработки анонсират архитектурата на цифровото FPGA устройство и изчисляването на параметрите на динамичните обекти.



Фиг. 12. Блок-схема на бинокулярната видео система

От ОЕП видеосигналите се преобразуват в цифров вид. От изхода на АЦП 2 кода се записва в буферно запамятащо устройство (БЗУ2), а от изхода на АЦП1 цифровият сигнал се подава и записва в блока на кадровата памет, запомнящ N кадри. За постигане на висока скорост на обработка на данните от изображенията е необходимо извършване на паралелни изчисления в реално време [2]. Затова е използван ресурса на FPGA и периферията на борда Altera De2.

IV. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ И РЕЗУЛТАТИ

Интересно е да се определят пределните граници на отдалеченост и скоростта на динамичния обект. Това може да се осъществи с отчитане ъгъла на наблюдение на ОЕП и относителната отдалеченост:

$$W_0 = 2L - \lg \alpha \quad (1)$$

Минималното и максимално възможни разстояния са: $L_{\min} = \frac{W_0 f}{W_m}$; $L_{\max} = \frac{W_0 f W_p}{W_m}$ (2)

Отделяне на динамичен обект в сцената на наблюдение в присъствие на фонов шум:

$$X = \frac{X_{об} K_{сш}}{1 + K_{сш}} + \frac{X_{ц}}{1 + K_{сш}} \quad (3)$$

Използва се методика за определяне на $K_{сш}$, като [6]:

1. Поелементно се сумират стойностите на пикселите: $\sum_{i=1}^m S_Y^i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij}$; $\sum_{i=1}^m S_X^i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij}$ (4)

2. Формират се подинтервали, с промяна в последователността.

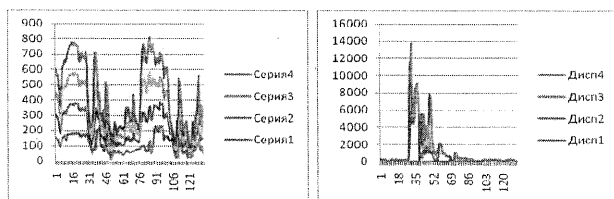
3. Определя се прагова стойност за сигнала.

4. Определят се средни стойности за сигнала и шума:

$$S_{сигнал}^X = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K S^X \geq S_N, S_{шум}^X = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K S^X \geq S_{ш} \quad (5)$$

5. Определя се: $K_{сш} = \frac{K_{сш}^X + K_{сш}^Y}{2} = \frac{1}{2} \left[\frac{S_{сигнал}^X}{S_{шум}^X} + \frac{S_{сигнал}^Y}{S_{шум}^Y} \right]$ (6)

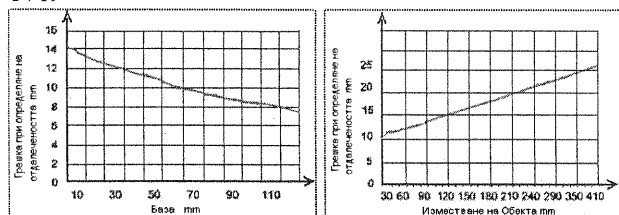
Еlegantно решение за увеличаване на стойността на $K_{сш}$ е използване на филтъра на Калман. От фиг.13 се вижда наличие на динамичен обект в изображението при пиковите в графиките на стойностите на яркостта и дисперсията.



Фиг.13 Яркостта $E(n)$ и дисперсията $\sigma(n)$ за пикселите

Експерименталните данни са предоставят възможност да се направи анализ на пространствените координати на обекта и да се определи грешката при изчисляването на отдалечеността в зависимост от големините съответно на всяка от базите и отместването Δx , изобразени на фиг.14.

След обработката с филтъра на Калман грешката при определяне на координатите на центъра на обекта се получава по-малка от 6%.



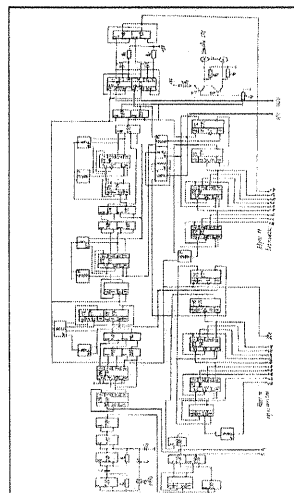
Фиг.14 Грешка при определяне на отдалечеността на обект от базата и от отместването Δx

Таблица 11. Експериментални резултати

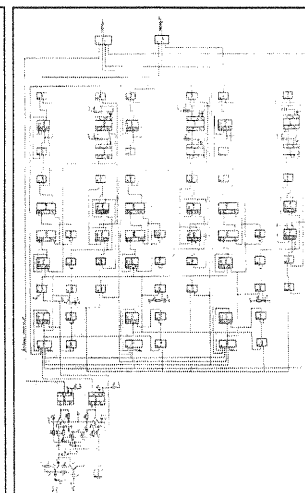
Вероятност за откриване		Вероятност за лъжлива тревога	
Статич.фон	Динам.фон	Статич.фон	Динам.фон
0,98	0,98	0,12	0,19

Прави впечатление че дълбочинната информативност на изображенията повишава способността за откриване на динамични обекти при динамичен фон и уверено спада вероятността за лъжлива тревога, близка вече в порядъка на статичния фон.

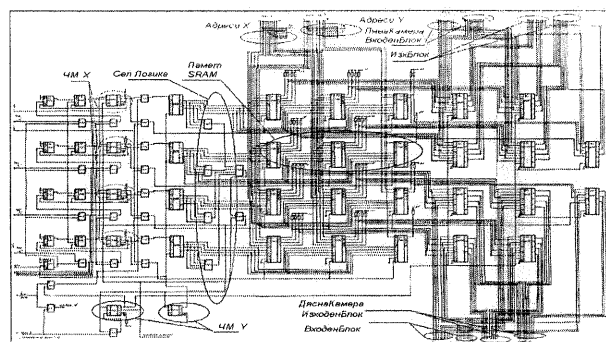
Всяка от двойките ТВИС на бинокулярната видео система съдържа набор от входен, изходен и цифров блок за първична обработка на изображенията и калибриране на всяка ТВИС, представени с ел.схеми от следващите фигури.



Фиг.15 Изходен блок



Фиг.16 Входен блок



Фиг.17 Управляващ блок

Записът на информацията за пикселите в стереокадъра се основава на разделянето му на четен полукадър и нечетен отместен в зависимост от базата на ТВИС, респективно за другата ТВИС. Съвместяването на получените двойки стерео кадри се реализира постфактум с цифрова обработка на изображенията по пиксели за левите

полукадри и десните съответно, отчитайки общата база между двете стерео ТВИС. Така полученото бинокулярно визуално изображение съдържа дълбочинна информативност в перспекцията на панорамно реално обкръжаващо пространство, на базата на поетапно съвместяване обзора на 4 ТВ камери.

V. Заключение

1. Предложения бинокуларен стерео модел с модифицирана стерео ТВИС е реализиран успешно.
2. Анализа на полученото първо бинокулярно визуално изображение показва панорамна информативност на изображението в дълбочинна и създава визуална перспекция за реалност на наблюдаваните обекти.
3. Постигнато е съществено разширяване на динамичния диапазон на работа на оптоелектронните преобразуватели. Това чувствително повишава вероятността за откриване на обекти при динамичен фон.

В следващият етап ще бъде усъвършенствана представената бинокулярната ТВИС по отношение различните режими и работата на FPGA борда Altera DE2 в реално време. Особено важен е етапът на съвместяване на получените двойки стерео кадри и последващите цифрови обработки при интерпретирането им следвайки представен анатомичен модел. В допълнение трябва да се отбележи, че модифицираната стерео ТВИС предоставя големи възможности за моделиране и изследване на синтезирано бинокулярното зрение, както и разработване на бинокулярни системи за визуализация, развойна дейност и множество приложения.

Литература:

- [1] Alexander S.T, Adaptive Signal Processings Theory and Applications, N.Y.:Springer-Verlag2006
- [2] Jentz B, J. Rotem, FPGA coprocessors to optimize high-performance digital video surveillance systems, 2006.
- [3] Limb J.O, J. A. Murphy, Measuring the speed of moving objects from television signals // IEEE Trans.-1975.-Vol. COM 23.-№4.-P.411-414.
- [4] Мамиев Г .В. Стереотелевизионные устройства отображения информации-М: Радио и связь 2005
- [5] Быков Р.Е., Гуревич СБ. Анализ и обработка объемных изображений. М.:Радио и связь 2004.
- [6] Спиров Р, Грънчарова Н, Ангелов Г. „Адаптивна Стерео ТВИС Система с FPGA“, “Метрология и Метрологично Осигуряване”, Созопол. 13-17.09.2014, ISSN 1313-9126.

За контакти:

д-р инж. Росен П. Спиров,
ОУЛ по Електроника, ТУ-Варна,
9010, Варна
ул. Студентска № 1, 606Е,
e-mail: rosexel@abv.bg

Георги А. Ангелов
ТУ-Варна, кат.ЕТМ, ФЕ,
9010, Варна, ул. Студентска № 1,
e-mail: valledy@abv.bg