

На правах рукописи



Прилуцкий Сергей Викторович

**МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЕ  
УСТРОЙСТВО РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Специальность: 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники  
и систем управления

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Курск – 2011

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» на кафедре «Вычислительная техника» в совместной научно-исследовательской лаборатории Центра информационных технологий в проектировании РАН и Юго-Западного государственного университета «Информационные распознающие телекоммуникационные интеллектуальные системы».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
заслуженный деятель науки РФ  
Титов Виталий Семенович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Ильин Анатолий Александрович  
  
кандидат технических наук  
Векленко Юрий Алексеевич

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО "Рязанский государственный  
радиотехнический университет"

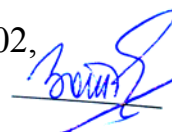
Защита состоится «1» июля 2011 г. в 14.00 на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.105.02 при ГОУ ВПО Юго-Западный государственный университет по адресу: 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Юго-Западного государственного университета.

Автореферат разослан «28» мая 2011 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94, ЮЗГУ, ученому секретарю диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.105.02.

Ученый секретарь совета по защите  
докторских и кандидатских диссертаций Д 212.105.02,  
доктор технических наук, профессор



И.В.Зотов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Рост интереса к использованию оптико-электронных устройств обработки и распознавания изображений, входящих в состав систем управления различного назначения, обусловлен рядом причин, к основным из которых относятся высокая информативность получаемой по изображению информации и доступность оптико-электронных устройств для массового потребителя. Не исключением являются системы управления транспортными средствами на основе информации о дорожной обстановке, получаемой посредством преобразования изображений от установленных на транспортном средстве оптико-электронных датчиков.

К настоящему времени разработан ряд методов обработки и распознавания изображений о дорожной обстановке, серийно производится значительное число бортовых автомобильных оптико-электронных устройств, обеспечивающих обнаружение препятствий на пути движения транспортного средства, предупреждение столкновений, предотвращение засыпания водителя.

Анализ показывает, что среди созданных подходов основное внимание уделено методам и устройствам предотвращения засыпания водителя и обнаружения препятствий. При этом недостаточное внимание уделяется созданию устройств анализа действий пешеходов, а также обнаружению потенциально опасных объектов: в частности, общественного транспорта на остановке, грузовых автомобилей.

Известно, что основными причинами дорожно-транспортных происшествий являются несоблюдение водителем скоростного режима, несвоевременное обнаружение предупреждающей информации, несоблюдение правил дорожного движения пешеходами, например, переход дороги в неположенном месте, выбегание из-за общественного транспорта. Сокращение числа происшествий с участием пешеходов возможно за счет создания устройств их своевременного обнаружения посредством преобразования визуальной информации.

Анализ известных методов и средств распознавания выявил недостаточную для практической реализации проработку оптико-электронных устройств, обеспечивающих своевременное распознавание символьной информации. В частности, не решена задача распознавания информации на дорожном знаке в условиях сложного освещения, ограниченных вычислительных ресурсов вычислительного устройства. Анализ также показал, что методы и устройства обнаружения пешеходов около проезжей части отсутствуют, известны лишь устройства обнаружения человека непосредственно перед автомобилем.

Информатизация современного общества обуславливает наличие множества информационных табло. Водитель не всегда успевает получить информацию об указателях улиц, опасных участках трассы вследствие

насыщенности информационных табло символьной информацией различного рода. В этой связи, целесообразным является автоматическое распознавание размещенной на табло символьной информации и отображение ее на бортовом дисплее или звуковым сообщением. При этом обработка информации в реальном времени накладывает дополнительные требования на устройство распознавания информации о дорожной обстановке.

Таким образом, к настоящему времени объективно сложилось **противоречие** между необходимостью повышения безопасности дорожного движения и ограниченными возможностями методов и автоматических устройств соответствующего назначения.

В этой связи **актуальной научно-технической задачей** является разработка оптико-электронных устройств информирования водителя транспортного средства о потенциально опасных объектах по направлению движения и обеспечивающих автоматическое считывание символьной информации с информационных табло.

Диссертационная работа выполнена в рамках Федеральной Целевой Программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» по проекту НК-425П-59 «Создание интеллектуальной оптико-электронной системы для очувствления и управления транспортным роботом» и госбюджетной НИР 1.1.05 "Исследование теоретических основ, методов и алгоритмов повышения качества обработки изображений в системе технического зрения" (№ гос. регистрации 01200508819, 2005 г.) выполняемым в Юго-Западном государственном университете.

**Целью работы** является разработка метода, алгоритмов и многофункционального оптико-электронного устройства распознавания дорожной информации с повышенной дальностью, обеспечивающего своевременное информирование водителя о потенциально опасных объектах.

В соответствии с поставленной целью научно-техническая задача диссертационной работы декомпозирована на следующие **основные задачи**:

1. Анализ возможностей существующих методов и устройств предупреждения дорожных происшествий, изыскание путей и обоснование необходимости построения многофункционального оптико-электронного устройства распознавания дорожной ситуации, извлечения символьной информации из информационных табло и предотвращения происшествий с участием пешеходов.

2. Разработка математической модели многофункционального оптико-электронного устройства распознавания дорожной информации.

3. Разработка метода и аппаратно-ориентированных алгоритмов извлечения информации о дорожной обстановке.

4. Разработка структурно-функциональной организации многофункционального оптико-электронного устройства распознавания дорожной информации и проведение экспериментальных исследований.

**Методы исследования.** Для решения поставленных в работе задач использовались методы распознавания образов, теория проектирования устройств ЭВМ, методы обработки и анализа растровых изображений, статистической обработки результатов измерений.

**Новыми научными результатами и положениями, выносимыми на защиту,** являются:

1) Математическая модель обработки изображений в многофункциональном оптико-электронном устройстве, отличительной особенностью которой является комплексный анализ дорожной обстановки и символьной информации в реальном масштабе времени в условиях ограничений на вычислительную мощность оптико-электронного устройства распознавания дорожной информации;

2) Метод извлечения символьной информации из изображений информационных табло, характеризующийся возможностью распознавания малоразмерных символов, включающий этапы обнаружения информационного табло, определения его типа, распознавания символьной информации, обеспечивающий большую дальность получения информации;

3) Аппаратно-ориентированный алгоритм обнаружения людей, находящихся вблизи проезжей части, позволяющий своевременно оповестить водителя о необходимости повышения внимания, и допускающий создание на его базе специализированного оптико-электронного датчика-обнаружителя, ;

4) Структурно-функциональная организация многофункционального оптико-электронного устройства распознавания дорожной информации, отличительная новизна которой заключается во введении модулей обнаружения людей, общественного транспорта, информационных табло и связей между ними, позволяющих реализовать устройство с использованием программируемых логических интегральных схем, реконфигурируемых под решение задач повышения безопасности управления транспортным средством.

**Объект исследований** – средства автоматизации управления наземным транспортным средством.

**Предмет исследований** – процессы обработки изображений в вычислительном устройстве анализа внешней по отношению к транспортному средству визуальной обстановке.

**Практическая ценность работы** состоит в следующем:

– структурно-функциональная организация многофункционального ОЭУ РДИ обеспечивает возможность его реализации как в виде специализированного вычислительного устройства повышенной вибрационной стойкости и надежности, так и на базе мобильной ПЭВМ, что позволяет варьировать такие показатели как стоимость, надежность, функциональность;

– разработанное аппаратно-программное обеспечение автоматического извлечения полезной для водителя информации о дорожной обстановке, позволяет своевременно информировать о потенциальных опасностях,

регистрировать текстовую информацию с дорожных указателей и информационных табло;

– метод и алгоритмы извлечения текстовой и символьной информации из окружающей обстановки могут быть применены при построении систем управления роботизированными транспортными средствами.

**Соответствие паспорту специальности.** Содержание диссертации соответствует п.1 «Разработка научных основ создания и исследования общих свойств и принципов функционирования элементов, схем и устройств вычислительной техники и систем управления» и п.2 «Теоретический анализ и экспериментальное исследование функционирования элементов и устройств вычислительной техники и систем управления в нормальных и специальных условиях с целью улучшения технико-экономических и эксплуатационных характеристик» паспорта специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на международных и российских конференциях, семинарах, симпозиумах: Международных научных конференциях «Распознавание», Курск, 2007, 2008, 2010гг; Всероссийской научно-технической конференции «Интеллектуальные и информационные системы», Тула, 2007-:-2010; «Математические методы распознавания образов», Москва, 2008, 2010; «Телевидение-2011», Sfygn-Gtnth,ehu2011г., на научно-технических семинарах кафедры «Вычислительная техника» Юго-западного государственного университета с 2005 по 2011гг.

Результаты работы внедрены во ФГУП «Курский НИИ» МО РФ, г. Курск (метод и устройство распознавания малоразмерных символов) и используются в учебном процессе Юго-западного государственного университета по учебной дисциплине «Структурно-топологическое проектирование ЭВМ» (принципы построения многофункциональных вычислительных устройств, аппаратно-ориентированные алгоритмы обработки изображений на современной элементной базе).

**Публикации.** Результаты проведенных исследований и разработок опубликованы в 8 печатных работах, в том числе 3 статьях в журналах, рекомендованных перечнем ВАК. Оригинальность технических решений защищена положительным решением о выдаче патента. Результаты апробированы на 9 российских и международных научно-технических конференциях.

В работах, опубликованных в соавторстве, лично соискателем разработаны: в [1,4] – метод обнаружения потенциально опасного транспортного средства; в [2] – подходы к автоматизации своевременного обнаружения снижения внимания водителя; в [3,5] – аппаратно-ориентированные алгоритмы обработки информации с учетом распределения загрузки и модульной архитектуры вычислительного средства опτικο-

электронного устройства; в [7] – структурно-функциональная организация оптико-электронного устройств распознавания информации для систем управления транспортными средствами, метод анализа внешней по отношению к транспортному средству информации, в [6,8] – устройство обнаружения людей на пути движения.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 108 наименований, изложена на 121 странице и поясняется 48 рисунками и 5 таблицами.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна и положения, выносимые на защиту, практическая ценность, результаты реализации работы.

**В первой главе** проведен анализ известных методов, устройств оценивания внешней визуальной обстановки в робототехнических транспортных средствах и устройствах помощи водителю.

Установлено, что повышение безопасности и удобства управления транспортным средством возможно при реализации оптико-электронным устройством следующих операций: обнаружение людей на проезжей части и вблизи ее; распознавание символьной информации на информационных табло, расположенных вдоль дороги; распознавание дорожных указателей.

В результате анализа научно-технической и патентной литературы выявлено:

- обнаружение людей возле проезжей части, представляет собой задачу обнаружения в условиях сложного фона, которая в общем виде решена, однако, из-за особенностей функционирования оптико-электронного устройства при движении транспортного средства требует значительной доработки;

- алгоритмы распознавания символьной информации известны, например, номерных знаков подвижного состава железнодорожного транспорта, но они ориентированы на распознавание при строго фиксированном шаблоне расположения символов. Алгоритмы считывания текстовой информации с произвольным расположением строк и слов в недостаточной степени развиты.

Таким образом, нет ни удовлетворяющих требованиям решений перечисленных частных задач, ни комплексного подхода к повышению информативности и безопасности управления транспортным средством.

Отметим, что ввиду достаточной проработки в соответствующих системах НПО «Модуль», ОАО «ГОСНИИАС», диссертационной работе А.В.Медведева решений в области обнаружения вероятных препятствий, определения их координат по ходу движения транспортного средства, данные вопросы в диссертации не рассматриваются.

**Во второй главе** разработана математическая модель  $M_{MVS}(I)$  оптико-электронного устройства распознавания дорожной информации ОЭУ РДИ, составляющими которой являются частные математические модели:

- ввода изображения  $M_{ВИ}(I)$ , отличающаяся выборочным извлечением кадров  $I_k$  изображения  $I$  в зависимости от степени изменения очередного кадра относительно предыдущего и тем самым снижающая вычислительную нагрузку на аппаратно-программные модули ОЭУ РДИ;

- обнаружения транспортных средств типа «общественный транспорт», «грузовой транспорт»  $M_{ТС}(M_{ВИ})$ , отличительной особенностью которой является ограниченный набор векторных  $E_{ТС\_vect}$  и ввод дополнительных растровых  $E_{ТС\_tex}$  эталонов для распознавания общественного транспорта с приоритетом изображений их задних и боковых частей, позволяющая существенно сократить перебор эталонов при распознавании;

- оценки скорости  $V_{отн}(M_{ТС})$  движения впереди расположенного транспортного средства посредством анализа изменения его габаритных размеров;

- обнаружения дорожных знаков  $M_{дз}(M_{ВИ})$  и табло  $M_{tb}(M_{ВИ})$ ;

- распознавания  $M_p(M_{дз})$  символьной и текстовой  $M_p(M_{tb})$  информации на знаках и табло, отличающейся достоверным распознаванием при малом размере символа на изображении;

- обнаружения и распознавания объекта типа «человек», «группа людей», «быстро идущий человек»  $M_{pl}(I)$ .

Математическая модель  $M_{ВИ}$  ввода последовательности  $\langle(I_k, t_k)\rangle$  изображений  $I_k$ , полученных в моменты времени  $t_k$ , записывается:

$$\langle(I_k, t_k)|_{k=1..n}\rangle = M_{ВИ}(\langle M_d(I_i, t_i) |_{i=1..m}\rangle), n < m, \quad (1)$$

изображение  $(I_i, t_i)$ , поступившее с ОЭД, помещается в последовательность  $\langle(I_k, t_k)|_{k=1..n}\rangle$  только, если оно отличается от предыдущего изображения  $(I_{i-1}, t_{i-1})$  на величину  $\Delta I$ , превышающую  $\Delta I_E$ , определяющую степень различия.

Величина  $\Delta I$  является абсолютной величиной нормированной поэлементной разности двух последовательных входных изображений  $(I_i, t_i)$  и  $(I_{i-1}, t_{i-1})$ , уменьшенных по горизонтали и вертикали в  $s$  раз и вычисляется

$$\Delta I = \frac{1}{X_s Y_s} |I_{s\_i} - I_{s\_i-1}|, X_s = X/s, Y_s = Y/s, \quad (2)$$

$$\Delta I = \frac{1}{X_s Y_s} \left| \sum_{x_s} \sum_{y_s} \frac{1}{s^2} \left( \sum_{j=0}^{s-1} I_i(x_s s + j, y_s s + j) - \sum_{j=0}^{s-1} I_{i-1}(x_s s + j, y_s s + j) \right) \right|, \quad (3)$$

где  $X, Y$  – размер поступающего с ОЭД изображения.

Каждый вводимый кадр подвергается процедуре  $M_d$  коррекции дисторсии посредством записи пикселей в их истинные позиции изображения с учетом однократно предварительно определенных корректирующих поправок и медианной фильтрации.



Математическая модель  $M_{TC}$  обнаружения транспортных средств типа «общественный транспорт», описываемых типом  $t_p$  и координатами  $c$  на изображении записывается

$$\langle (t_p, c_p) |_{q=1..Q} \rangle = M_{TC}(M_{oo}(\langle (I_k, t_k) |_{k=1..n} \rangle), E_{TC\_vect}, E_{TC\_tex}), \quad (4)$$

где  $q, Q$  – порядковый индекс и общее кол-во обнаруженных объектов,  $M_{oo}$  – функция обнаружения объектов на изображении,  $E_{TC\_vect}$ ,  $E_{TC\_tex}$  – наборы векторных и растровых эталонов. Функция  $M_r$  подтверждения обнаружения транспортного средства записывается

$$M_r = \sum_{i=1, j=1}^k \xi_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } (M[i, j] - N[i, j]) < P \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}, \quad (5)$$

где  $M[i, j]$  – среднее арифметическое значение яркостей соответствующей зоны для проекции эталона;  $N[i, j]$  – среднее арифметическое яркостей соответствующей зоны для изображения объекта поданного на вход,  $P$  – порог.

Обнаружение объектов (информационное табло, знак, автомобиль) основано на следующих особенностях: верхняя, нижняя и левая, правая границы объекта параллельны горизонтальной и вертикальной границам кадра (с небольшой погрешностью, определяемой перспективными и дисторсиальными искажениями ОЭД); вследствие движения на разностном изображении объекты видны как замкнутые прямоугольники пропорционально изменяющие свой размер и удаляющиеся от центра кадра.

Функция обнаружения объектов на изображении  $M_{oo}$  вычисляется посредством вычитания двух последовательных кадров изображения, пороговой обработки разностного изображения, обнаружения замкнутых прямоугольных объектов с границами, параллельными краям кадра и описываемых габаритным контейнером с отношением сторон  $k_{oo\_min} < k_{oo} \leq 1$

$$M_{oo}(\langle (I_k, t_k) |_{k=1..n} \rangle) = M_{oo}(M_p(M_s(\langle (I_k, t_k) \rangle, \langle (I_{k-1}, t_{k-1}) \rangle), p_s), k_{oo\_min}), \quad (6)$$

где  $M_s(\langle (I_k, t_k) \rangle, \langle (I_{k-1}, t_{k-1}) \rangle)$  – функция получения разностного изображения со сглаживанием,  $M_p$  – функция пороговой обработки изображения с порогом  $p_s$ ,  $k_{oo\_min}$  – минимальное отношение сторон габаритного контейнера объекта, при котором объект может принадлежать классу «транспорт», «табло», «знак», «человек».

Окончательное принятие решения об обнаружении объекта принимается посредством сопровождения объекта в течении двух последовательных кадров из  $\langle (I_k, t_k) |_{k=1..n} \rangle$ .

Оценка относительной скорости движения  $V_{отн}$  впереди расположенного ТС производится измерением изменения размера  $d_{tp\ q}(I_i)$  и  $d_{tp\ q}(I_{i-1})$  посредством сопоставления размера транспортных средств на двух последовательных кадрах  $I_i$ ,  $I_{i-1}$  изображения при определенном по результатам распознавания габаритном размере  $d_{et\ q}$  ТС:

$$V_{отн} = \frac{d_{ist}(d_{tp\ q}(I_i), d_{etq}, f_{ОЭД}, X, L_{хОЭД}) - d_{ist}(d_{tp\ q}(I_{i-1}), d_{etq}, X, L_{хОЭД})}{t_i - t_{i-1}} k_{dim}. \quad (7)$$

Математические модели обнаружения знаков  $M_z$  и табло  $M_{it}$  являются модификацией модели  $M_{oo}$  обнаружения объектов:

$$M_z = M_z(M_{oo}(\langle(I_k, t_k)|_{k=1..n}\rangle), Sp(M_{oo}(\langle(I_k, t_k)|_{k=1..n}\rangle) \in Sp_{e_z}), 0,9 < k_{oo} \leq 1,0), \quad (8)$$

$$M_{it} = M_{it}(M_{oo}(\langle(I_k, t_k)|_{k=1..n}\rangle), 0,2 < k_{oo} \leq 1,0). \quad (9)$$

Математическая модель  $M_{it\_det}$  получения детализированного изображения информационного табло основана на изменении фокусного расстояния и ориентации ОЭД на центр информационного табло так, чтобы табло занимало не менее 80% по длине кадра, аппаратного изменения яркости изображения и программного изменения контрастности полученного изображения

$$\langle f_{OЭД}, k_{AOЭД}, \Delta\alpha, \Delta\beta \rangle = M_{it\_det}((I_k, t_k), V, \Delta\alpha_{mv\_max}, \Delta\beta_{mv\_max}).$$

Обнаружение строк текста производится посредством нахождения начальной и конечной группы пикселей, расположенных на одной строке изображения, разбиение на символы осуществляется посредством нахождения неразрывных областей и нахождения среднего размера символа

Математическая модель обнаружения людей представляет собой набор правил сравнения эталонного описания вертикально стоящего и идущего человека.

Полученные функциональные зависимости, описывающие процесс функционирования ОЭУ РДИ, позволили разработать метод и аппаратно-ориентированные алгоритмы обработки изображений в интересах повышения информативности и автоматизации управления транспортным средством.

**В третьей главе** представлен метод извлечения символьной информации из изображений информационных табло; частные и обобщенный алгоритмы преобразования изображений в ОЭУ РДИ.

Метод извлечения символьной информации из информационных табло основан на комплексном анализе внешних по отношению к транспортному средству факторов на основе обработки поступающих изображений и заключается в:

- преобразовании поступающих с оптико-электронных датчиков изображений;
- обнаружении объектов с учетом относительного движения самого транспортного средства;
- предварительного отнесения объектов к классам «табло», «знак», «человек», «транспорт»;
- распознавания объектов указанных классов, извлечения дополнительной информации из объектов классов «табло», «знак» и оценки относительной скорости движения объектов классов «транспорт»;
- преобразования и выдачи полученной информации.

Отличительными особенностями метода, обеспечивающими преобразование изображений и извлечение требуемой информации в ОЭУ РДИ в реальном времени, являются

- передача на обработку только очередного изменившегося относительно предыдущего кадра изображения, что позволило снизить вычислительную нагрузку без потери информации;

- преобразование поступающей видеоинформации на основе комплексного подхода (аналогичные устройства обрабатывают лишь отдельные виды информации), заключающегося в едином алгоритме выделения объектов и последующем раздельном анализе объектов каждого обрабатываемого класса;

- использования дополнительного источника информации – оптико-электронного датчика с трансфокатором для получения изображений большей детализации, позволившим распознавать текстовую информацию на информационных табло;

- использование в большей части вычислений простых арифметических операций и операций побитового сдвига, что обеспечило перенос вычислений с центрального процессора на программируемые логические интегральные схемы;

- использование особенностей изображений, полученных при движении ОЭД, отличающихся высоким коэффициентом автокорреляции, что позволяет по их разностному изображению без ресурсоемких операций выделения контуров обнаружить движущиеся объекты и передать их на анализ;

- использование беспроводной технологии передачи данных, позволяющее разместить ОЭУ РДИ в существующих транспортных средствах без изменения их конструкции.

Обобщенный алгоритм преобразования изображений при функционировании ОЭУ РДИ представлен на рис. 1. В соответствии с алгоритмом производится ввод и предварительная обработка изображения, обнаружение объектов на изображении, и, далее, в зависимости от типа обнаруженного объекта: извлечение информации из информационного табло, обнаружение транспортных средств типа «общественный транспорт», «грузовой транспорт», обнаружение людей с последующей их селекцией на неподвижные и движущиеся, регистрацию полученных данных. Отличительной особенностью алгоритма является предварительное обнаружение объектов на основе единого подхода и последующие дополнительные операции распознавания и извлечения символьной информации, что обеспечивает снижение вычислительной сложности процедур преобразования изображений и возможность реализации большей части вычислений на аппаратном уровне.

Основными операциями аппаратно-ориентированного алгоритма обнаружения людей и групп людей, близко расположенных к проезжей части, являются обнаружение темных относительно фона объектов, расположенных близко к обочине и имеющих соответствующие габаритам человека размеры, распознавание посредством поэлементного сравнения предварительно приведенного к единому масштабу изображения анализируемого объекта с тремя множествами эталонных описаний «человек», «быстро идущий человек»,

«группа людей», позволяющего своевременно оповестить водителя о необходимости повышения внимания.

Отличительная особенность алгоритма заключается в том, что за счет малого размера элементов множеств эталонов и объема множеств эталонов, указанные операции могут быть реализованы на программируемой логической интегральной схеме, выполняются в реальном времени и допускают однокристалльную реализацию. Разделение классов «человек», «быстро идущий человек» осуществляется за счет характерных особенностей быстро идущего человека – широкого положения ног.

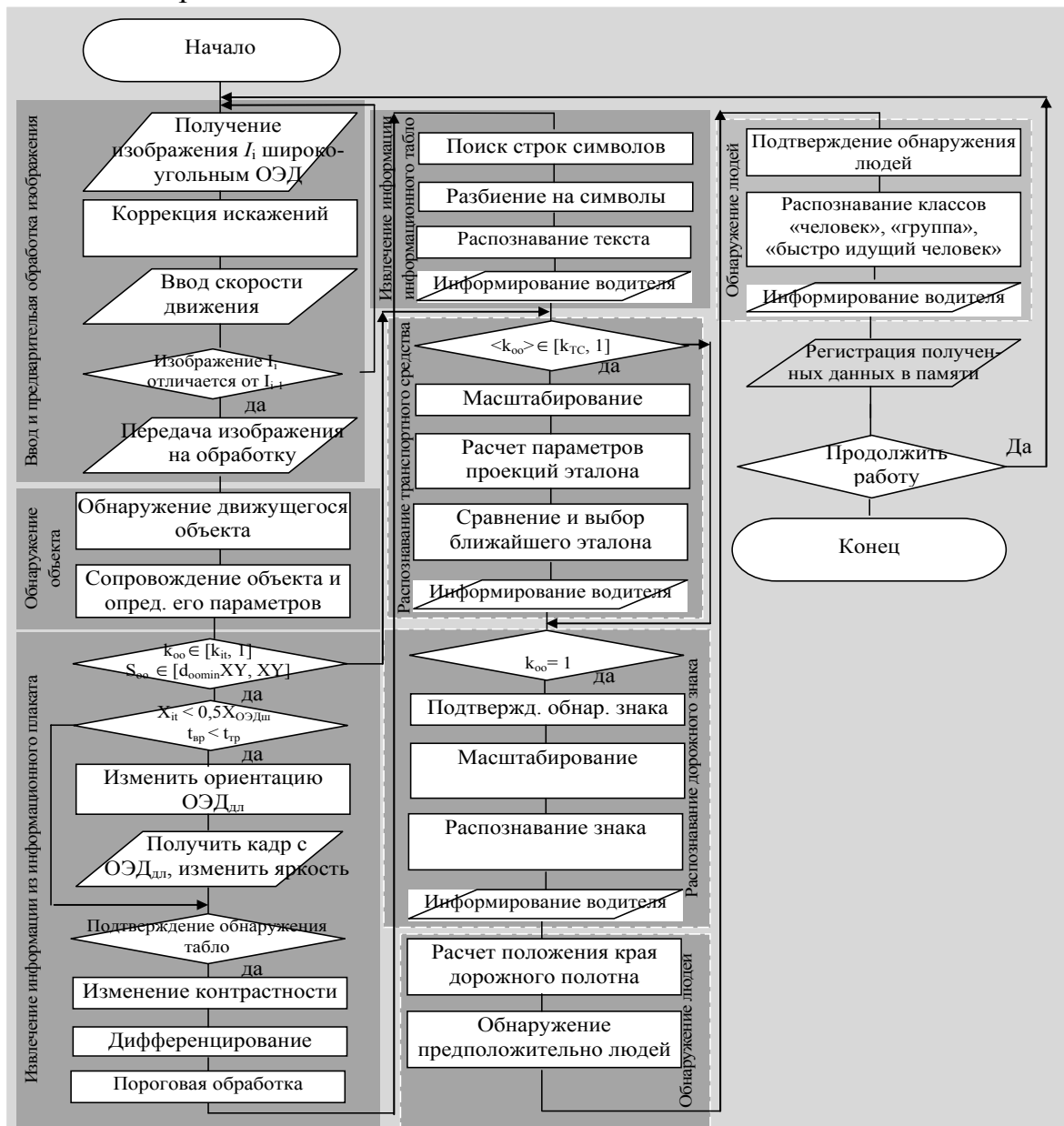


Рис. 1 – Обобщенный алгоритм преобразования изображений при функционировании ОЭУ РДИ

В своей совокупности метод и аппаратно-ориентированные алгоритмы

извлечения информации о внешней по отношению к транспортному средству обстановке позволяют распределить вычисления между различными аппаратными элементами ОЭУ РДИ и обеспечить своевременное обнаружение факторов риска как вследствие параллельности выполнения, так и за счет аппаратной реализации на отдельных вычислительных модулях.

Полученная во второй главе математическая модель, описывающая процесс функционирования ОЭУ РДИ, и рассмотренные в третьей главе подходы к обработке изображений позволили разработать структурно-функциональную организацию ОЭУ РДИ (рис. 2).

ОЭУ РДИ ИИ представляет собой два отдельных блока – блока ввода, предобработки и передачи изображения и блока обработки изображения.

Основными модулями блока ввода, предобработки и передачи изображения являются два оптико-электронных датчика – широкоугольный ОЭД<sub>1</sub> и длиннофокусный ОЭД<sub>2</sub> с фокусными расстояниями 8мм и 24-36мм соответственно, блок вычисления и коррекции дисторсии, модуль сравнения кадров, блок управления, блок ориентации, а также вспомогательные блоки – контроллеры передачи данных, АЦП, радиоприемные устройства (РПУ).

Блок обработки изображения включает блок РПУ для получения изображения широкоугольного ОЭД<sub>1</sub>, системный контроллер-вычислитель на базе микропроцессора, контроллер WiFi, совмещенный с РПУ для ввода детализированных изображений с ОЭД<sub>2</sub>, ОЗУ емкостью, достаточной для хранения трех кадров изображения и вспомогательных значительно меньших по объему данных, блоки обнаружения информационных табло и плакатов, масштабирования, считывания текста, обнаружения объектов, распознавания объектов, генерации проекции, оценки скорости объектов, обнаружения людей, обнаружения дорожных знаков, а также запоминающие устройства для хранения эталонных описаний объектов. Основная часть вычислений реализована на четырех программируемых логических интегральных схемах.

Отличительной особенностью функционирования ОЭУ РДИ является параллельное выполнение операций анализа дорожных знаков, информационных плакатов, обнаружения людей и анализа транспортных средств за счет использования независимых аппаратных модулей преобразования изображений и использования алгоритма управления маршрутизацией данных, что позволило реализовать комплексную обработку разнородной визуальной информации в реальном времени.

Функционально обособленный элемент ОЭУ РДИ – блок обнаружения людей из состава ОЭУ РДИ выделен в отдельное устройство - оптико-электронный датчик-обнаружитель людей на пути движения транспортного средства (положительное решение от 4.05.2011 о выдаче патента по заявке №2011111473). Отличительной новизной датчика-обнаружителя является низкая сложность его структурной организации, позволившая создать датчик в

виде автономного быстродействующего устройства с возможностью однокристалльной реализации.

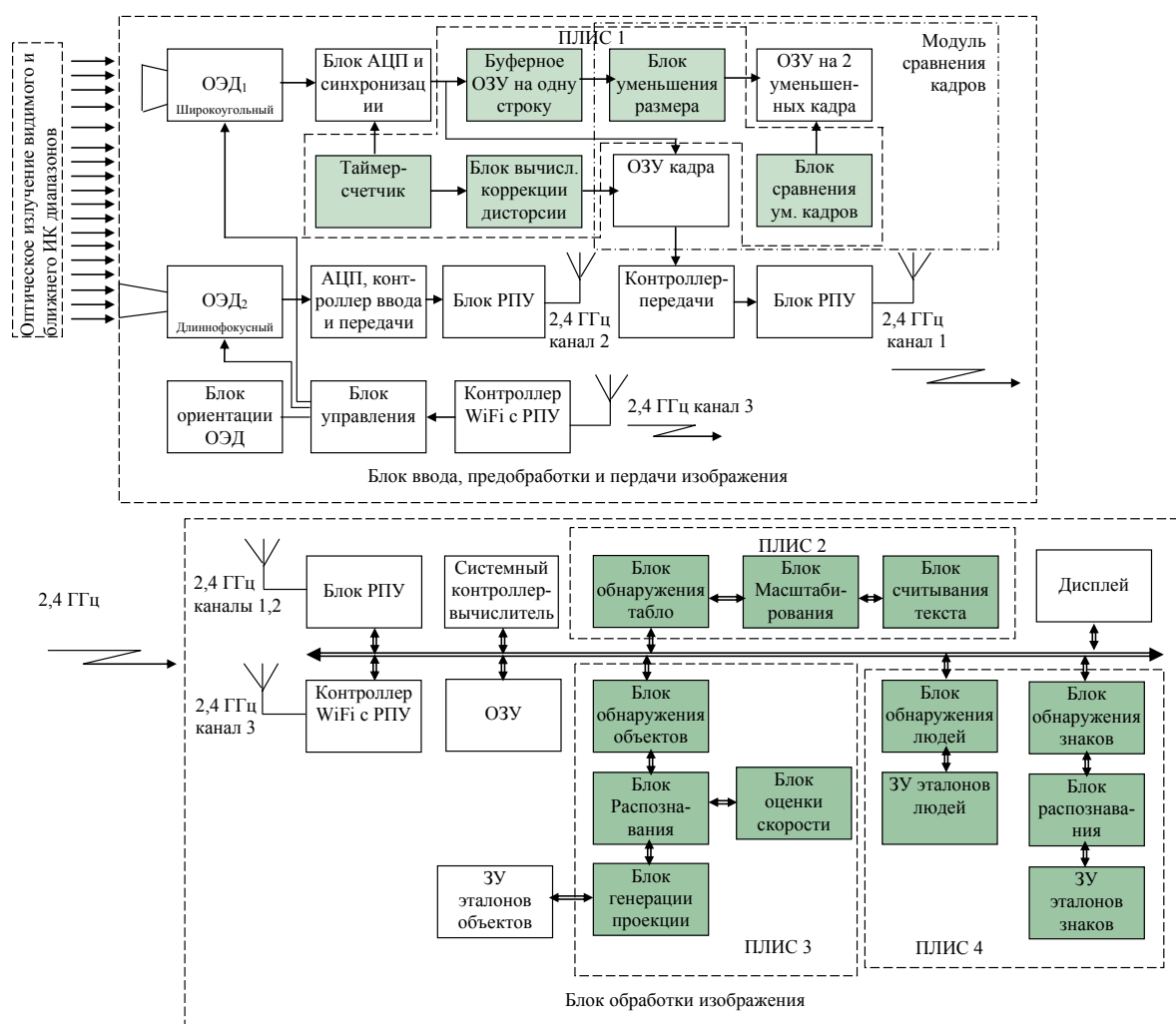


Рис. 2 – Структурно-функциональная организация ОЭУ РДИ

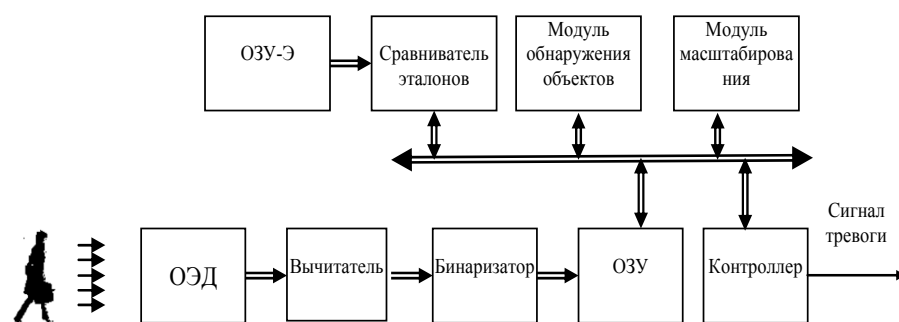


Рис. 3 – Структурно-функциональная организация датчика-обнаружителя (положительное решение о выдаче патента по заявке №2011111473)

В четвертой главе разделе приводится описание аппаратно-программного стенда для проверки адекватности полученной в результате

теоретических исследований математической модели ОЭУ РДИ ИИ, а также результаты экспериментальных исследований.

В состав аппаратно-программного стенда, используемого для проведения испытаний ОЭУ РДИ входят оптико-электронные датчики ОЭД<sub>1</sub>(WiFi камера WF204) и ОЭД<sub>2</sub> (веб-камера Logitech Sphere) с блоком ориентации и блоком управления и ввода изображения по каналу WiFi (OW-WM204M), ПЭВМ Dell XPS 1530, ОЭД<sub>3</sub> (аналоговая видеокамера) и макет датчика-обнаружителя людей (рис. 4).

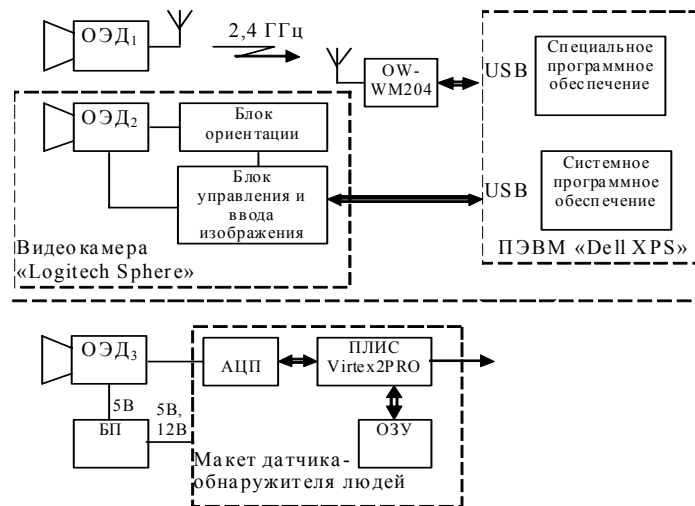


Рис. 4 – Структурно-функциональная схема аппаратно-программного стенда для проведения исследований ОЭУ РДИ

Исследование параметров ОЭУ РДИ проводилось в соответствии с разработанной методикой проведения экспериментальных испытаний. Согласно методике испытания проводились с использованием изображений, полученных при движении транспортного средства с установленными в нем оптико-электронными датчиками (рис. 4, 5).

Для сравнительного анализа полученных в ходе испытаний характеристик выбраны ближайшие по назначению устройства повышения безопасности дорожного движения и автоматизации управления транспортным средством.

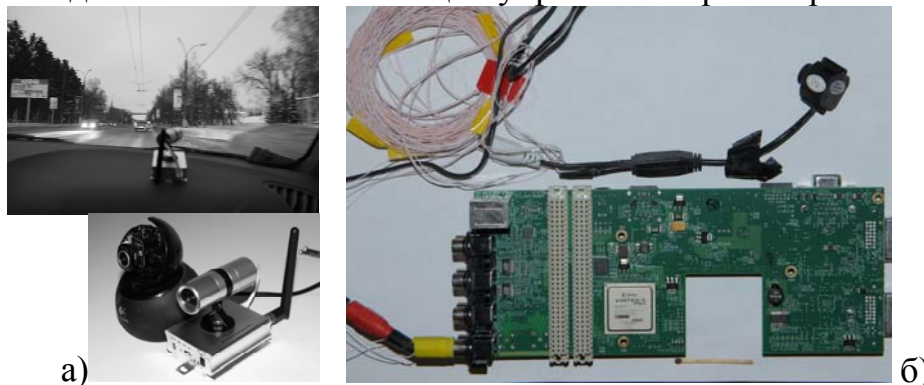


Рис. 5 – Фотографии элементов аппаратно-программного стенда: а) размещение ОЭД<sub>1</sub>, ОЭД<sub>2</sub> в ходе эксперимента, б) макет датчика-обнаружителя людей и ОЭД<sub>3</sub>

Таблица 1

## Сравнительная характеристика параметров ОЭУ РДИ

| № п.п. | Выполняемая функция   | Наличие функции, значение технической характеристики |                    |                    |                   |               |                 |
|--------|---|--|--------------------|--------------------|-------------------|---------------|-----------------|
|        |   | ОЭУ РДИ  | СТЗ Медведева      | СТЗ «Модуль»       | Daimler iPhone    | Opel Eye      | Volvo XC60      |
| 1.     | Обнаружение встречного препятствия  | есть   | есть               | есть               | Нет               | есть          | есть            |
| 2.     | Обнаружение препятствия за пределами полосы движения<br>- автомобиля<br>- человека  | есть<br>есть   | есть<br>нет        | есть<br>нет        | нет<br>Нет        | Нет<br>есть   | Есть<br>есть    |
| 3.     | Дальность обнаружения препятствия за пределами полосы движения<br>- автомобиля<br>- человека на трассе<br>- человека в городе | 210м<br>70м<br>16м                                   | 120м<br>нет<br>нет | 150м<br>нет<br>нет | Нет<br>Нет<br>10м | -<br>22<br>15 | 120<br>22<br>15 |
| 4.     | Частота обработки изображений   | 0-24Гц   | 24-30 Гц           | 10-30Гц            | неизвестно        | неизвестно    | неизв.          |
| 5.     | Размер кадра изображения, пикс.   | 720x576  | 640x480,           | 720x576            | неизвестно        | 640x480       | 720x576         |
| 6.     | Распознавание дорожных знаков<br>- наличие функции<br>- дальность распознавания, м  | Да<br>70   | нет                | нет                | есть<br>30        | есть<br>50    | есть<br>55      |
| 7.     | Считывание текстовой информации с информационных стендов и указателей   | да   | нет                | нет                | нет               | нет           | Нет             |

Анализ характеристик ОЭУ РДИ показывает, что оно превосходит количественные характеристики известных аналогичных устройств: дальность обнаружения человека в 3,1 раза, распознавания символьной информации в 2,1 раза. При этом набор выполняемых ОЭУ РДИ функций характеризует его как multifunctional и обеспечивает комплексный учет факторов риска.

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

При решении поставленной в диссертационной работе задачи были получены следующие результаты.

1. Основываясь на анализе существующих методов и устройств обработки и распознавания изображений вычислительными средствами систем управления транспортных объектов, разработана математическая модель оптико-электронного устройства распознавания дорожной информации, отличительной особенностью которой является комплексный анализ внешней по отношению к транспортному средству символьной и визуальной информации в реальном масштабе времени, позволившая синтезировать структурно-функциональную организацию оптико-электронного устройства распознавания дорожной информации и выполнить теоретический анализ процесса его функционирования.

2. Предложен метод извлечения символьной информации о внешней обстановке из информационных плакатов, отличающийся использованием операций анализа малоразмерных символов и масштабирования изображения



табло, обеспечивающий возможность распознавания символьной информации на большей дальности.

3. Создан аппаратно-ориентированный алгоритм распознавания транспортных средств типа «общественный транспорт», «грузовой автомобиль», отличающийся снижением вычислительной сложности за счет исключения из обработки более 50% проекций эталонов при распознавании, позволяющий своевременно обнаруживать расположенный вблизи полосы движения грузовой и общественный транспорт.

4. Разработан аппаратно-ориентированный алгоритм обнаружения людей, близко расположенных к проезжей части, отличительной особенностью которого является большая в 3,1 раза дистанция обнаружения человека, позволяющий своевременно оповестить о необходимости снижения скорости.

5. Предложена структурно-функциональная организация многофункционального вычислительного устройства, отличающегося введением модулей обнаружения людей, общественного транспорта, информационных табло и связей между ними, обеспечивающая возможность реконфигурировать устройство под решение различных задач системы управления транспортным средством.

6. Сравнительный анализ разработанного многофункционального ОЭУ РДИ показал, что оно **качественно** отличается от аналогов возможностью обнаружения людей вблизи проезжей части, своевременным предупреждением водителя о потенциально опасном объекте, считыванием текстовой информации с плакатов и указателей; **количественно** – увеличением дальности обнаружения человека в 3,1 раза, расстояния распознавания символьной информации в 2,1 раза.

### Список основных публикаций

#### Статьи в журналах, входящих в перечень ВАК РФ

1. Прилуцкий, С.В. Метод обнаружения препятствий перед транспортным средством с использованием бинокулярной системы технического зрения [Текст] /С.В. Прилуцкий, М.И. Труфанов // Изв. Вузов. Приборостроение. - 2010. - № 9. – С. 33- 37.

2. Прилуцкий, С.В. Способ предупреждения засыпания водителя транспортного средства [Текст] / С.В. Прилуцкий и др. // Биомедицинская радиоэлектроника. - 2010. - № 2. – С. 76- 80.

3. Прилуцкий, С.В. Распределённый алгоритм управления маршрутизацией пакетов в однокристалльных матричных мультипроцессорах с автоматическим восстановлением искажённых маршрутов [Текст] / С.В. Прилуцкий, В.В.Сусин, И.В.Зотов, В.С. Титов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение, №12, 2009. – С. 42-47.

### **Решение о выдаче патента**

4. Прилуцкий, С.В. Оптико-электронный датчик-обнаружитель людей на пути движения транспортного средства. Решение о выдаче патента от 4.05.2011 по заявке №2011111473.

### **Материалы конференций**

5. Прилуцкий, С.В. Оптико-электронное устройство распознавания типов транспортных средств / Вакун В.В., Прилуцкий С.В., Коростелев С.И. // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации. Распознавание - 2010 [Текст]: сб. материалов IX Междунар. конф. ред. кол.: С.Г. Емельянов [и др.]; Курск, гос. техн. ун-т. Курск, 2010. –С. 268-269.

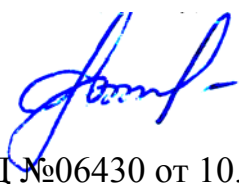
6. Прилуцкий, С.В. Метод предупреждения засыпания водителя [Текст] / В.С. Титов, М.И. Труфанов, А.И. Газов, С.В. Прилуцкий // Информационные технологии и математическое моделирование систем 2009-2010. Труды международной научно-технической конференции. – М.: Центр информационных технологий в проектировании РАН, 2010. – С. 312 – 315.

7. Прилуцкий, С.В. Классификация движущихся объектов на основе сравнения с 3D эталоном / В.В.Вакун, С.В.Прилуцкий // Медико-экологические информационные технологии – 2011: сборник материалов XII НТК, Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2011. – С. 235 – 236.

8. Прилуцкий, С.В. Аппаратно-ориентированный алгоритм обнаружения людей вблизи проезжей части и оптико-электронный датчик-обнаружитель на его основе / С.В.Прилуцкий // Медико-экологические информационные технологии – 2011: сборник материалов XII НТК, Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2011. – С. 237 – 238.



Соискатель



С.В. Прилуцкий

ИД №06430 от 10.12.01

Подписано к печати \_\_\_\_\_. Формат 60x84 1/16.

Печатных листов 1. Тираж 100 экз. Заказ \_\_\_\_\_.

Юго-западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

10,11,8,13,6,15,4,17,2,19  
20,1,18,3,16,5,14,7,12,9