

УДК 681.3

**СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ
ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ**

*канд. техн. наук, доц. Р.П. БОГУШ,
В.Ю. ЛЫСЕНКО, А.В. ВОЛКОВ, Н.В. БРОВКО
(Полоцкий государственный университет)*

Разработана автоматизированная система обработки видеоинформации для интеллектуального видеонаблюдения. Захват видеопотока и извлечение кадра для обработки в программной реализации осуществляется на основе технологии DirectShow. Для обнаружения движения используется метод вычитания фонового кадра, требующий значительно меньших вычислительных затрат по сравнению с методом вычисления оптического потока. Для получения фонового кадра применяется модифицированный алгоритм на основе смеси нормальных распределений, который обеспечивает достаточную производительность при хорошем качестве изображения кадра фона. Локализация объектов осуществляется на основе волнового алгоритма, сопровождение выполняется с применением фильтра Калмана. Для эффективного использования вычислительных ресурсов современных многоядерных процессоров реализована технология параллельной обработки данных OpenMP. Описаны основные функциональные возможности системы.

Введение. Системы обработки видеоинформации все шире применяют для охраны различных объектов, контроля и управления дорожным движением, мониторинга на железнодорожном транспорте и в других отраслях [1 – 4]. Среди особенностей развития систем видеонаблюдения на современном этапе выделяют [3]: стремительное совершенствование аппаратной базы и вычислительной техники, что обусловило появление видеокomпьютерных систем и, как следствие, существенно ослабило ограничения на сложность и емкость методов обработки видеоданных в них; все большее распространение систем видеонаблюдения, сопровождающееся значительным усложнением решаемых ими задач.

Для повышения качества функционирования таких систем необходима максимальная автоматизация процессов обработки и анализа видеоданных, т.е. придание им интеллектуальных свойств. Простейшая интеллектуальная система способна лишь привлекать внимание оператора при наличии движения на динамической сцене. Однако в большинстве случаев этого недостаточно – требуется предоставить оператору информацию об объекте интереса, полученную на основе автоматического анализа видеоданных. В качестве информации об объекте оператора может интересовать время появления движущегося объекта на динамической сцене, его траектория движения и время жизни, линейные размеры, пространственные координаты и др. Подобную информацию необходимо не только предоставить оператору, но и обеспечить ее сохранность в удобном виде и с минимальными затратами памяти. Это возможно путем формирования информационного кадра, включающего в себя изображение объекта и данные о нем, или записью видеоряда при наличии движущегося объекта в кадре с отображением основных параметров. Таким образом, современная тенденция развития систем видеонаблюдения предполагает создание автоматизированных многофункциональных комплексов, обладающих интеллектом [1, 3].

Однако для систем видеонаблюдения актуальным является разрешение противоречий между вычислительной сложностью алгоритмов обработки, качеством формируемых изображений и аппаратными возможностями современной техники [3, 4]. Многомерный характер видеоинформации накладывает существенные ограничения на скорость и качество ее обработки. Поэтому большинство современных интеллектуальных систем обработки видеоинформации в реальном времени используют специализированные аппаратные средства, что накладывает существенные ограничения на гибкость и универсальность таких систем. Несмотря на то, что научным проблемам синтеза систем видеонаблюдения, их адаптации к внешним условиям, повышению качественных показателей, помехоустойчивости и точности измерения параметров движущихся объектов, уменьшения вычислительных затрат алгоритмов посвящены работы многих отечественных и зарубежных ученых, задача создания интеллектуальных систем видеонаблюдения, использующих универсальные вычислительные средства, не решена в полной мере.

Целью работы является комбинирование и синтез алгоритмов обработки видеоинформации и разработка на их основе инструментальной системы, эффективно использующей вычислительные ресурсы современных многопроцессорных компьютеров.

1. Общая структура системы видеонаблюдения

Структура автоматизированной системы видеонаблюдения, представлена на рисунке 1 и включает видеокамеру, блок обработки видеoinформации, устройство хранения и устройство отображения видеoinформации. Блок обработки видеoinформации такой системы состоит из двух подсистем: 1) подсистемы обнаружения движения и 2) подсистемы сопровождения движущихся объектов.

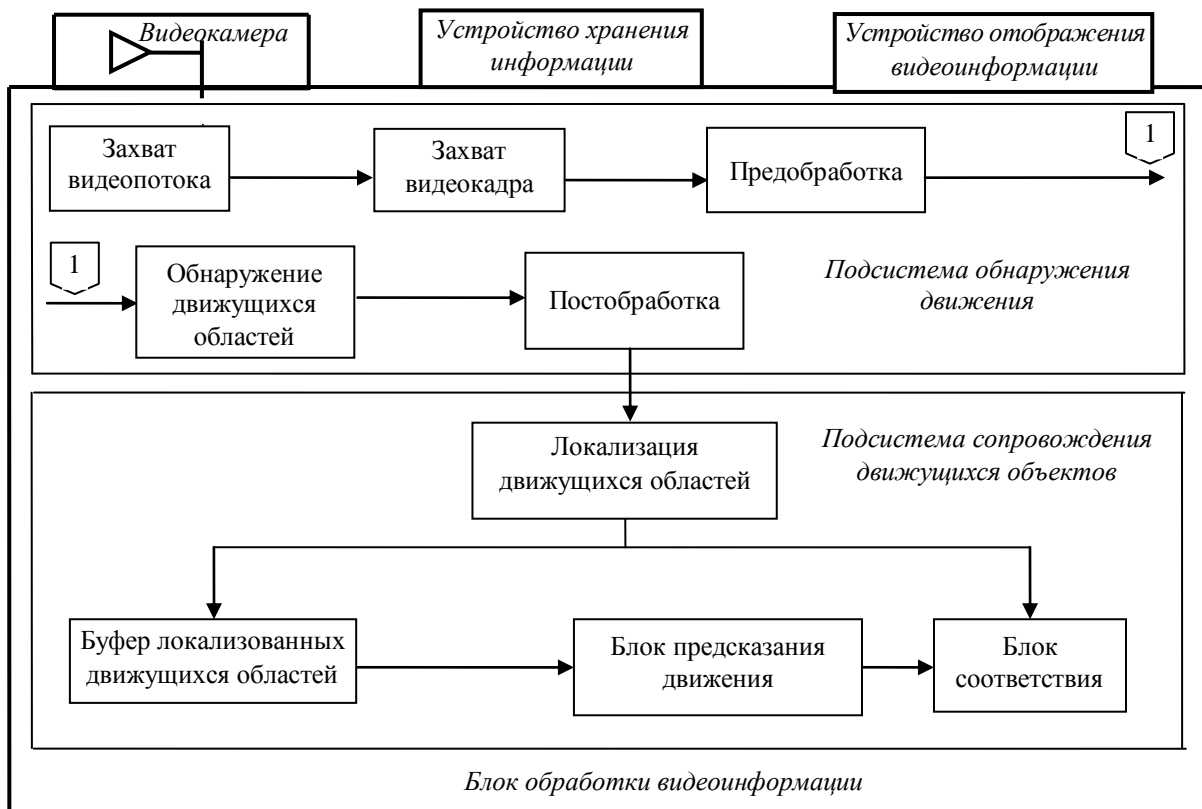


Рис. 1. Структура автоматизированной системы видеонаблюдения

Основные задачи *подсистемы обнаружения движения* – захват видеопотока, захват видеокadra, предварительная обработка видеокadров, классификация пикселей кадра на два класса: 1) пиксели заднего плана (фон), 2) пиксели переднего плана (пиксели, принадлежащие движущимся объектам), постобработка.

К задачам *подсистемы сопровождения движущихся объектов* относятся:

- локализация объектов – из множества пикселей переднего плана выделяется множество движущихся областей, т.е. множество связанных областей изображения, принадлежащих одному движущемуся объекту;

- сопровождение (трассировка) объектов – межкадровое связывание (прослеживание от кадра к кадру) сегментированных движущихся областей путем предсказания положения объекта на текущем кадре по известному положению на предыдущем кадре.

Результатами данного этапа также могут являться такие характеристики движущегося объекта, как траектория движения, координаты или другие цифровые параметры.

Интеллектуальность системы заключается в автоматическом обнаружении, локализации, сопровождении динамических объектов, в определении момента появления движущегося объекта, его времени жизни.

2. Обработка видеoinформации

2.1. Захват видеокadra. Для захвата видеопотока (из медиафайла или устройства захвата видео) и извлечения кадра для обработки в программной реализации используется технология DirectShow [5], которая позволяет Windows-приложениям управлять широким спектром устройств ввода аудио и видеoinформации (цифровыми видеокамерами, веб-камерами, DVD-приводами и платами ТВ-тюнеров) и обеспечивает программную поддержку множества форматов – от AVI до Windows Media [5]. Кроме этого, DirectShow является расширяемой технологией и позволяет сторонним разработчикам поддерживать собственные специализированные устройства, форматы и компоненты обработки. Технология DirectShow

основана на модели компонентных объектов (Component Object Model – COM) и позволяет строить программы из исполняемых файлов, которые не связываются со своим проектом, а регистрируются в операционной системе. Причем они будут доступны любой программе исполняющейся на данном компьютере, т.е. их использование в своей программе производится без операций сборки модуля. В технологии DirectShow COM-объекты называют фильтрами, каждый из которых выполняет некоторую операцию над мультимедиа потоком (чтение из файла; получение данных из устройств ввода аудио и видеоинформации; декодирование потока данных некоторого формата и т.д.).

Фильтр захвата видеопотока вводит данные в поток. Эти данные он может получать из файла или какого-либо устройства захвата, причем любое устройство с правильно реализованным WDM-драйвером автоматически предоставляется для приложения как DirectShow фильтр источника. Фильтр захвата видеокadra выделяет из потока один кадр. Для доступа к данным к фильтру захвата видеокadra необходимо присоединить объект обратного вызова, в котором можно производить обработку кадра, а затем передать обработанный кадр следующему в цепочке фильтру.

2.2. Обнаружение движения. Среди известных методов обнаружения движения в последовательности кадров: метод межкадровой разности, метод оптического потока и метод вычитания фона. Для программной реализации на универсальных вычислительных машинах наиболее эффективен метод вычитания фона, так как он обладает улучшенными качественными характеристиками по сравнению с методом межкадровой разности и требует значительно меньших вычислительных затрат по сравнению с методом вычисления оптического потока.

Метод вычитания фона предполагает определение сходства между элементами изображения входного кадра видеопотока с фоновым кадром. Оптимальный фоновый кадр не содержит движущихся объектов. Сравнение фонового и текущего входного кадра видеопоследовательности возможно путем нахождения разности между элементами изображения данных кадров, или на основании функции схожести, вычисленной для фрагментов изображений этих же кадров. Таким образом, очевидно, что качество изображения фонового кадра в значительной степени оказывает влияние на эффективность функционирования автоматизированной системы детектирования движения в целом. Однако построение оптимального фонового изображения связано с рядом трудностей: изменение освещенности в наблюдаемой сцене; нестабильность фона, например, движение листвы деревьев, остановка и начало движения объектов; наличие теней, вычислительными затратами.

Для программной реализации использовался подход, предлагающий модификацию алгоритма формирования фона на основе смеси нормальных распределений [6]. К достоинствам данного алгоритма относят [6]:

- адаптацию к медленному изменению освещенности (смена дня и ночи);
- возможность детектирования оставленных предметов;
- устойчивость к белому шуму;
- высокую точность определения движущихся объектов;
- детектирование объектов, движущихся с малой скоростью;
- высокую производительность.

Кроме этого, анализ ряда литературных источников показал, что данный алгоритм обеспечивает достаточную производительность, при удовлетворительной точности формирования кадра фона, по сравнению с другими алгоритмами.

Формирование бинарной маски движения осуществляется на основании аддитивной минимаксной функции схожести, вычисленной для фрагментов изображений этих же кадров. Постобработка бинарной маски движения выполняется с целью удаления шума, для этого эффективны операции морфологической обработки изображений.

2.3. Локализация и сопровождение движущихся объектов. Алгоритм локализации объектов использует полученную бинарную маску движения на предыдущем шаге. Реальным объектам в маске обычно соответствуют пиксели, которые образуют связанные группы, поэтому объект определяется как группа связанных пикселей в маске движения с основными параметрами [4]: линейные размеры минимального прямоугольника, который можно описать около пикселей группы; координаты центральной точки прямоугольника; количество пикселей, входящих в группу и др. Локализация объектов происходит при последовательном обходе пикселей маски движения. Если в бинарной маске обнаружен низкий уровень яркости, запускается процедура поиска пикселей, связанных с данным, которым также соответствуют низкие уровни яркости в бинарной маске. Найденные пиксели помечаются, чтобы избежать повторного их обнаружения. Алгоритм поиска может быть рекурсивным или волновым. Недостатком рекурсивного поиска является возможное переполнение стека при рекурсивном вызове процедуры поиска, причем вероятность переполнения здесь велика, поскольку максимально возможное количество рекурсивных вызовов может достигать величины, близкой количеству пикселей. Поэтому более эффективным является

волновой метод, который существенно сокращает количество итераций поиска и затраты памяти на хранение промежуточных результатов между итерациями.

Для сопровождения движущихся объектов на видеопоследовательности используются модификация предложенного алгоритма в [7] и фильтр Калмана [8]. Основная отличительная особенность модифицированного алгоритма – применение минимаксной функции схожести [9] при поиске движущихся фрагментов в обрабатываемых кадрах.

3. Программная реализация

Для реализации модуля обработки видеoinформации разработана диаграмма классов (рис. 2).

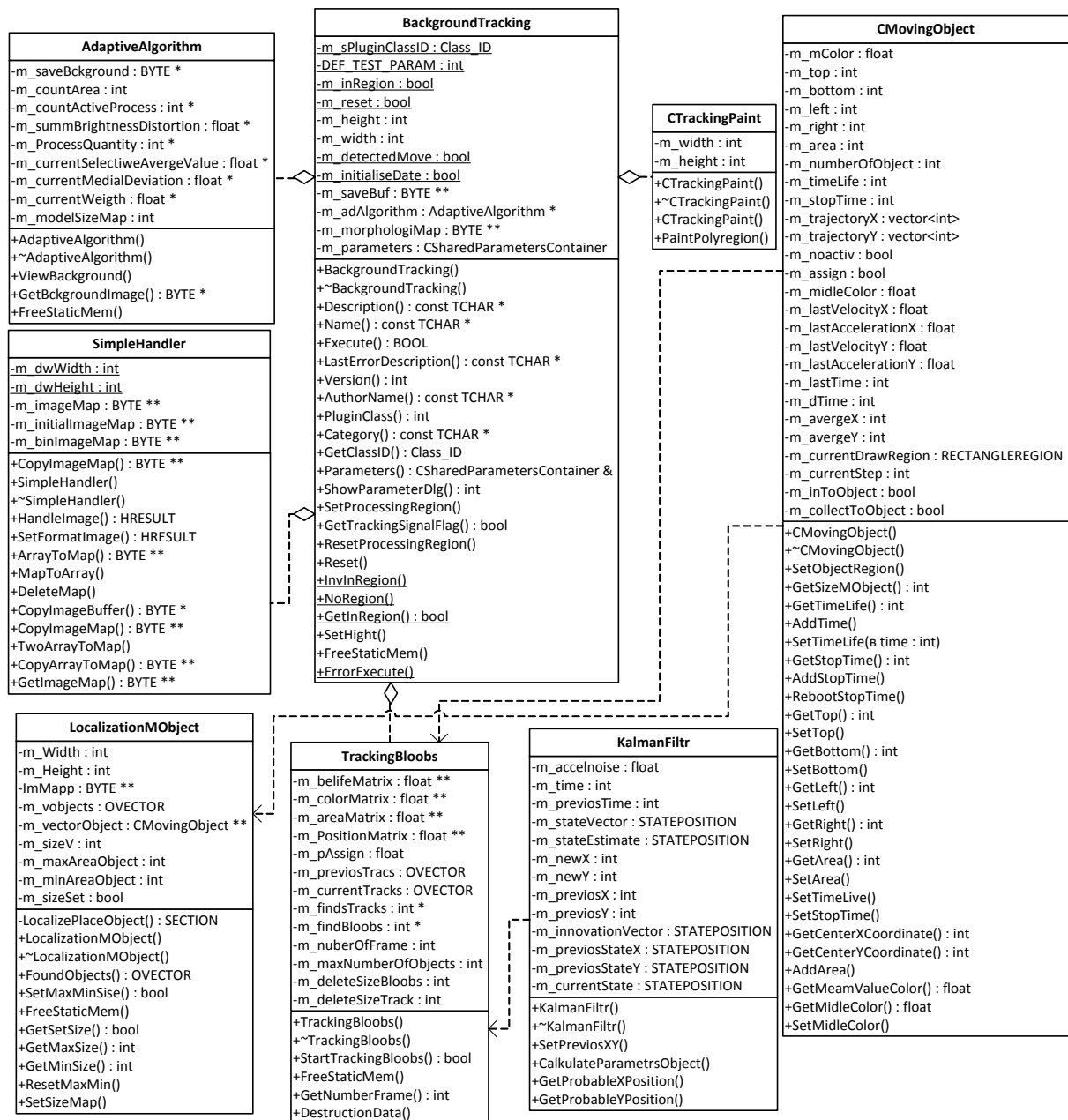


Рис. 2. Диаграмма классов модуля обработки видеoinформации

Рассмотрим **основные классы** представленного модуля.

AdaptiveAlgorithm – производит формирование кадра фона и маски движения:

- Конструктор AdaptiveAlgorithm производит инициализацию свойств класса и выделение памяти под обрабатываемые данные;
- Деструктор ~AdaptiveAlgorithm производит освобождение выделенной памяти;

- Метод ViewBackground осуществляет обработку видеоряда и формирует фоновый кадр и кадр-маску;
- GetBckgroundImage возвращает указатель на сформированный кадр-маску;
- Метод FreeStaticMem производит сброс значений свойств класса.

BackgroundTracking – реализует взаимодействие программного модуля с основной программой и производит обработку поступающих видеоданных средствами методов классов SimpleHandler, AdaptiveAlgorithm, LocalizationMObject, TrackingBloobs.

KalmanFiltr – реализует методы, осуществляющие вычисление предполагаемого положения объекта на следующем кадре с использованием фильтра Калмана:

- KalmanFiltr инициализирует данные класса;
- SetPreviosXY описывает позицию объекта на предыдущем шаге;
- CalculateParametrsObject определяет предполагаемую позицию объекта на данном шаге;
- методы GetProbableXPosition, GetProbableYPosition возвращают предполагаемую позицию объекта.

LocalizationMObject – реализует методы локализации, сортировки и сбора информации об объектах, обнаруженных на бинарной карте движения:

- метод FoundObjects осуществляет локализацию и сбор информации об объектах, отображенных на бинарной маске движения;
- SetMaxMinSize установка максимального и минимального размера, локализуемых объектов;
- SetSizeMap устанавливает размер обрабатываемой бинарной маски движения;
- GetSetSize устанавливает вариант прорисовки области объекта;
- методы GetMaxSize, GetMinSize возвращают максимальный и минимальный размер объектов.

CMovingObject – хранит данные об обнаруженных, движущихся объектах:

- Конструктор CMovingObject производит инициализацию свойств класса, определяющих характеристики движущегося объекта;
- PaintObjectRegion реализует прорисовку области объекта;
- RebootStopTime обнуляет время хранения данных об объекте;
- AddTime увеличивает время существования объекта;
- AddStopTime увеличивает время остановки объекта;
- AddArea увеличивает площадь объекта;
- GetSizeMObject возвращает размер объекта;
- GetTop возвращает верхнюю координату объекта;
- GetLeft возвращает левую координату объекта;
- GetRight возвращает правую координату объекта;
- GetBottom возвращает нижнюю координату объекта;
- GetTimeLife возвращает время существования объекта;
- GetStopTime возвращает время, прошедшее после остановки объекта;
- GetArea возвращают площадь объекта;
- GetCenterXCoordinate, GetCenterYCoordinate возвращают координаты центра объекта;
- GetMeamValueColor возвращает среднее значение цвета объекта;
- методы SetBottom, SetTop, SetLeft, SetRight устанавливают нижнюю, верхнюю, левую и правую границы объекта;
- SetArea устанавливает площадь объекта.

SimpleHandler – реализует методы вспомогательных операций обработки изображений:

- CopyArrayToMap, CopyImageBuffer, CopyImageMap копируют изображение;
- HandleImage преобразует изображение к градациям серого цвета;
- SetFormatImage устанавливает размер обрабатываемого изображения;
- методы GetWidth, GetHeigth возвращают размер изображения;
- ArrayToMap преобразует битовую карту изображения из двумерной в одномерную;
- MapToArray преобразует битовую карту изображения из одномерной в двумерную;
- DeleteMap очищает память, выделенную под изображение;
- GetImageMap возвращает указатель на изображение.

TrackingBloobs – реализует методы, позволяющие сопровождать детектированные объекты.

- Конструктор TrackingBloobs производит инициализацию свойств класса;
- DestructionData обнуляет данные о сопровождаемых объектах;
- метод StartTrackingBloobs осуществляет сопровождение найденных движущихся объектов.

CTrackingPaint – отвечает за прорисовку области выделения и области найденного объекта.

К основным функциональным характеристикам разработанной системы следует отнести:

- автоматическую адаптацию для достаточно широкого диапазона условий съемки при наружном и внутреннем видеоконтроле;
- возможность выбора зоны детектирования в кадре;
- звуковое и визуальное оповещение при обнаружении движущегося объекта;
- возможность задания пользователем граничных размеров движущихся объектов;
- запись видео на жесткий диск – непрерывно или при обнаружении движения, возможность сохранения информационных кадров в виде отдельных изображений с указанием даты и времени обнаружения движения и выделением объектов;
- возможность отображения траектории движения;
- возможность выделения объектов рамкой фиксированного размера;
- расширение функциональных возможностей путем подключения дополнительных программных модулей-плагинов;
- выбор устройства захвата видео (USB камера или другие).

Интерфейс (рис. 3) является глобальной надстройкой, обеспечивающей вывод результатов, отображение и контроль за обработкой видеоряда.

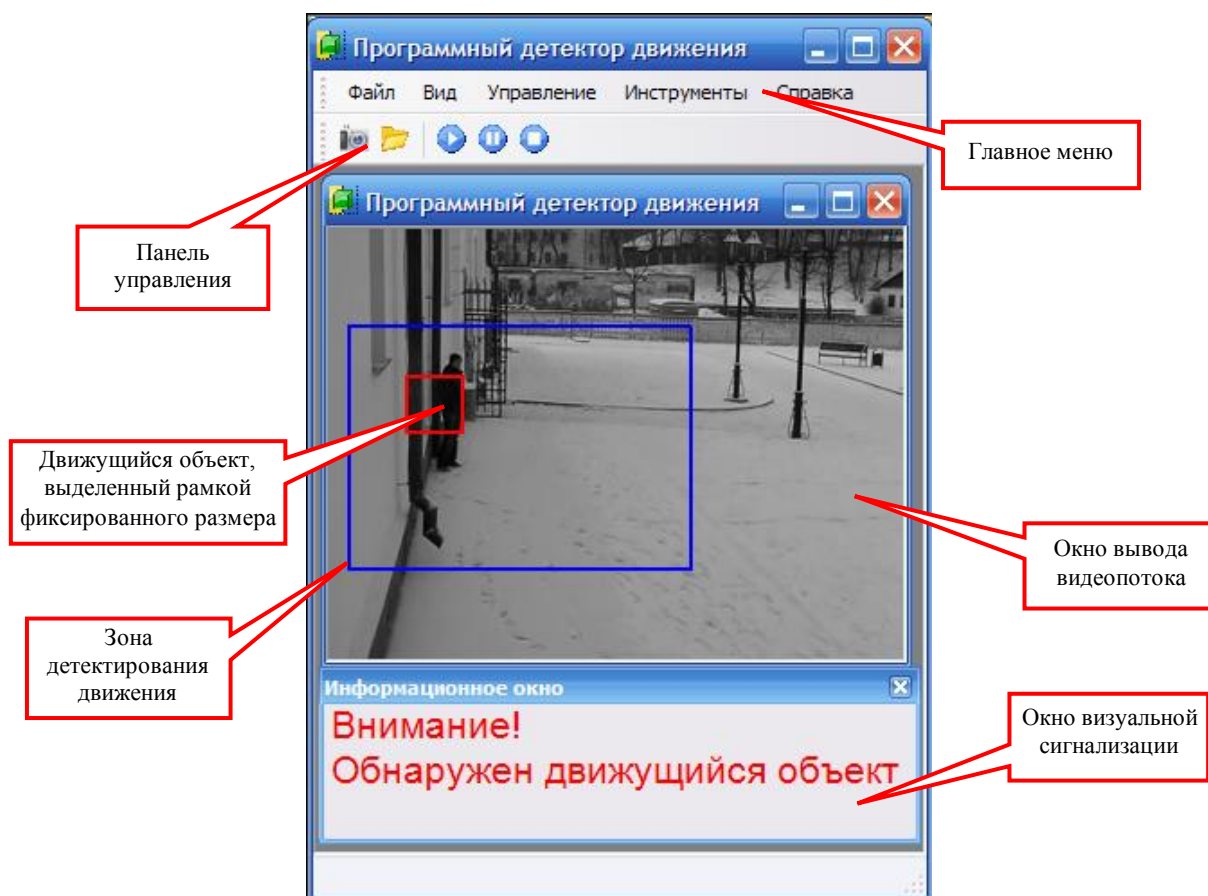


Рис. 3. Главная форма разработанной системы

Для эффективного использования вычислительных ресурсов современных многоядерных процессоров реализована технология параллельной обработки данных OpenMP, который реализует параллельные вычисления с помощью многопоточности, где «главный» поток создает набор подчиненных потоков, между которыми и распределяется задача. Предполагается, что потоки выполняются параллельно на машине с несколькими процессорами, причем количество процессоров не обязательно должно быть больше или равно количеству потоков. Такой подход позволяет повысить эффективность системы обработки видеoinформации в целом.

Заключение. В работе представлена автоматизированная система обработки видеoinформации для интеллектуального видеонаблюдения. К основным достоинствам системы можно отнести:

- обработку видеoinформации, которая осуществляется программно, т.е. не требуется установка дополнительных плат в системный блок, тем самым обеспечивается гибкость и универсальность системы;
- эффективно используются вычислительные ресурсы современных многоядерных процессоров;
- за счет перспективных алгоритмов обработки видеопоследовательностей обеспечивается достаточно устойчивое детектирование движения при различных условиях съемки;
- обеспечивается возможность расширения функциональных характеристик системы путем подключения дополнительных программных модулей – плагинов.

Разработанная система может использоваться для решения различных прикладных задач – охраны периметров с небольшим количеством движения: склады, базы, стоянки и другие объекты; охраны частных владений; контроля движущихся транспортных средств и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ламовский, Д.В. Методы и алгоритмы обработки и анализа динамических изображений для идентификации лиц и мониторинга людских потоков в системах видеонаблюдения: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.15 / Д.В. Ламовский; Бел. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2009. – 22 с.
2. Интеллектуальное видеонаблюдение – залог безопасности города [Electronic resource]. – 2010. – Mode of access: <http://www.iss.ru/media/smi/1364/?print=Y>. – Date of access: 20.09.09.
3. Обухова, Н.А. Методы видеонаблюдения, сегментации и сопровождения движущихся объектов: автореф. ... дис. д-ра техн. наук: 05.12.04 / Н.А. Обухова; Санкт-Петербургский гос. электротехн. ун-т «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина). – М., 2008. – 34 с.
4. Нгуен, Л.Х. Алгоритмы обработки изображений в телевизионных измерительных системах контроля движения транспортных средств: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.11.16 / Л.Х. Нгуен; Тульский гос. ун-т. – Тула, 2007. – 20 с.
5. Programming Microsoft DirectShow for Digital Video and Television / Mark D., Persce. – Microsoft Corporation, 2003.
6. Нужный, С.П. Детектор движения в цифровой системе охранного видеонаблюдения / С.П. Нужный, Н.И. Червяков // Электронный Интернет-журнал Graphicon [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: www.graphicon.ru/2007/proceedings/Papers/Paper_7.pdf, свободный. – Дата доступа: 15.06.08.
7. Baldini, G. A simple and robust method for moving target tracking / G. Baldini, P. Campadelli, D. Cozzi [Electronic resource]. – 2004. – Mode of access: www.macs.hw.ac.uk/bmvc2006/papers/354.pdf. – Date of access: 12.03.08.
8. Форсайт, Д. Компьютерное зрение. Современный подход / Д. Форсайт, Ж. Понс; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.
9. Bogush, R. Minimax Criterion of Similarity for Video Information Processing / R. Bogush, S. Maltsev // IEEE Proc. of Int. Conf. on Control and Communications, SIBCON-2007, Tomsk, April 20 – 21, 2007.

Поступила 24.02.2010

INFORMATION PROCESSING SYSTEM FOR INTELLIGENT VIDEO SURVEILLANCE

R. BOGUSH, V. LYSENKO, A. VOLKOV, N. BROVKO

In this paper, we have introduced an effective computer system for intelligent video surveillance. Video sequence capture and extract of a frame for processing it is carried out on the basis of DirectShow technology. For moving objects detection we use background subtraction. The most widely adopted approach for moving object detection is based on background subtraction. We use background model initialization for background model initialization, therefore image are formed high quality, also provides reduction of calculation complexity. Moving and tracking objects detection algorithms are modified on the basis of additive minimax similarity function and Kalman filter. We apply OpenMP technology for parallel computing. Main functional capabilities of system are presented.