

## РАСПРЕДЕЛЁННАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ РЕГИСТРАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СОСТАВОВ

Казанский Н.Л., Попов С.Б.

Институт систем обработки изображений РАН,  
Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва  
(национальный исследовательский университет)

### Аннотация

Рассматриваются преимущества распределённой архитектуры систем технического зрения (СТЗ) регистрации железнодорожных составов. Отмечается, что такое решение обеспечивает «прозрачное» для пользователя наращивание функциональности СТЗ и повышение качества работы, формирование новых интеллектуальных качеств системы на основе возможности проведения апостериорной многовариантной обработки хранимых видеоданных в фоновом итерационном режиме. Основные принципы таких интеллектуальных СТЗ были успешно апробированы при создании распределённой системы технического зрения регистрации железнодорожных составов цистерн.

**Ключевые слова:** машинное зрение, распределённая обработка, распознавание алфавитно-цифровой информации, интеллектуальное хранение данных.

### Введение

Развитие интеллектуальных логистических систем на транспорте приводит к возрастанию цены ошибок, связанных с человеческим фактором. Именно человек становится основным источником ошибок и потерь времени в процессе функционирования таких систем. Снизить эти потери возможно путём автоматизации процесса ввода информации об обрабатываемых объектах. Например, на железнодорожных узлах это возможно путём установки системы технического зрения (СТЗ) считывания номеров контейнеров, вагонов и цистерн.

На мировом рынке (по данным журнала Vision Systems Design) около тридцати фирм предлагают программные продукты распознавания символьной информации. Основные решаемые задачи: считывание штрих-кодов и алфавитно-цифровой маркировки на продуктах и упаковке, распознавание автомобильных номеров [1, 2]. При этом отмечается, что применение подобных систем на железнодорожных станциях и терминалах связано со значительной сложностью их адаптации в связи с необходимостью решения следующих проблем: наличие различных начертаний цифр, разнообразие цветовых сочетаний цифры и фона, искажения номеров, вызванные неперпендикулярностью оси зрения к плоскости поверхности, на которой расположен номер (особенно это характерно для цистерн), разнообразный характер загрязнений поверхности объекта, необходимость работы как при искусственном, так и естественном освещении, причём последнее сопровождается значительными изменениями условий освещённости в течение суток.

В отличие от систем распознавания автомобильных номеров, предназначенных для работы с достаточно компактным и чётко очерченным регистрационным номером, СТЗ считывания номеров вагонов должны локализовать и распознать номера контейнеров, вагонов и цистерн, цифры которых могут быть распределены и сгруппированы на поверхности ваго-

на (или контейнера, или цистерны) произвольным образом. Ситуацию спасает то, что при мониторинге железнодорожного транспорта есть возможность одновременно контролировать обе стороны поезда и использовать для верификации результата кодовую защиту системы нумерации подвижного состава и контейнеров, что потенциально может существенно улучшить результаты и повысить степень достоверности распознавания.

Тем не менее, учитывая высокую степень ответственности и сильное загрязнение значительной части подвижного состава, в большинстве СТЗ задача стопроцентного автоматического распознавания не ставится, требуется добиться как можно большего количества автоматически распознанных номеров вагонов, цистерн и, в конечном счёте, снизить нагрузку на оператора, предоставив ему удобную среду для визуального контроля и редактирования автоматически сформированного списка вагонов. Лучшие образцы таких систем на мировом рынке заявляют точность распознавания на уровне 98% [3, 4]. Исследования, проведённые по заказу Министерства транспорта Канады, менее оптимистичны – точность немного более 90% [5].

В России разработано несколько систем технического зрения, обеспечивающих мониторинг объектов подвижного состава железнодорожного транспорта с автоматическим распознаванием номеров вагонов, цистерн и платформ: аппаратно-программный комплекс ARSCIS [6], система распознавания номеров вагонов «Транзит-Инспектор» – разработка российской компании «Интеллектуальные Системы Безопасности» (ISS) [7], система распознавания и идентификации номеров вагонов «КАУ-В» (группа компаний «ТВЕМА») [8], система оптической идентификации номеров вагонов «ШТРИХ-Sense R» (ЗАО «ШТРИХ-М») [9], система распознавания номеров «Авто-Интеллект» (компания ITV/AxxonSoft) [10], система технического зрения для регистрации железнодорожных составов цистерн [11] совмест-

ной разработки фирмы «ПКС» и Института систем обработки изображений РАН (ИСОИ РАН). Доля верно распознанных номеров в данных системах, по разным оценкам, составляет от 90 до 95%.

Лучшие результаты показывают системы, которые способны одновременно контролировать обе стороны поезда. В некоторых системах для работы с цистернами используются варианты с четырьмя видеокамерами (по две с каждой стороны), которые отдельно снимают как саму цистерну, так и раму вагона. Однако для оптимального использования всего объёма поступающих видеоданных необходимо перейти на качественно новый уровень аппаратных и алгоритмических решений, обеспечивающих значительное повышение интеллектуальности СТЗ на железнодорожном транспорте. Увеличение количества одновременно обрабатываемых потоков видеоданных, усложнение алгоритмов в сочетании с увеличением разрешающей способности видеокамер влечёт за собой существенное повышение требований к производительности компьютеров, на которых строятся СТЗ. Одним из основных направлений решения этой проблемы является использование распределённой архитектуры, предлагаемой в настоящей статье.

Именно такой путь был выбран при создании распределённой системы технического зрения регистрации железнодорожных составов, которая является дальнейшим развитием СТЗ, описанной в работах [11–13]. Переход на распределённую архитектуру связан с появлением новых требований к системе, которые было сложно реализовать в рамках клиент-серверной архитектуры первого поколения СТЗ [12]. В первую очередь, это требование работы в режиме, близком к реальному времени, т.е. информация о вагоне должна формироваться и быть доступной для контроля сразу после его прохождения через видеокамеры, что обусловлено наличием реверсивного характера движения состава перед видеокамерами (неполное прохождение состава, движение «вперёд-назад»). Остальные требования связаны с повышением допустимой скорости прохождения поездов и возможностью «прозрачного» наращивания архива видеоданных, а также перспективой модернизации системы при добавлении видеокамер.

### **1. Функциональные характеристики системы**

Распределённая система технического зрения регистрации железнодорожных составов обеспечивает комплексное решение задачи автоматизации ввода информации о железнодорожных составах цистерн, работу в составе автоматизированной системы учёта и налива железнодорожных составов цистерн на нефтеналивном терминале. Программное обеспечение системы технического зрения (ПО СТЗ) предназначено для автоматизированного формирования в электронном виде первичных данных о железнодорожных цистернах (называемых далее вагонами, вагон-цистернами или просто цистернами) входящих

составов (поездов), поступающих на контролируемые пути. К первичным данным относятся номера вагонов и другая информация, размещённая непосредственно на вагоне, цистерне или раме.

Основные функции системы:

- автоматическое обнаружение момента начала прохождения поезда через камеры и фиксацию этого времени;
- определение направления движения поезда;
- автоматическое обнаружение момента завершения прохождения поезда через камеры и фиксацию этого времени;
- запись видеоданных процесса прохождения поезда с каждой стороны в видеофайлы специального формата;
- определение количества вагонов в составе и автоматическая индексация кадров видеоданных в соответствии с порядковым номером вагон-цистерны в составе, то есть формирование для каждого вагона в составе списка номеров соответствующих ему кадров – повагонной карты кадров;
- автоматическое распознавание номеров вагонов с признаком успешного или неуспешного распознавания;
- повагонная визуализация состава: быстрое перемещение по списку вагонов состава и одновременный просмотр кадров в пределах вагона с обеих сторон;
- визуальный контроль результатов распознавания с возможностью редактирования и заполнение других первичных данных о вагон-цистернах;
- автоматическое заполнение первичных данных вагон-цистерны в случае, если этот вагон уже проходил через данную СТЗ и оператор ранее заполнил эти данные;
- редактирование повагонной карты кадров видеоданных;
- хранение всех изменений, внесённых пользователем в процессе редактирования;
- генерация файла заданного формата с данными о вагон-цистернах проходящего состава для передачи информации внешним системам;
- формирование и печать отчётов заданного формата по данным о вагон-цистернах проходящего или любого прошедшего ранее состава.

Отличительными особенностями системы второго поколения являются:

- распределённая архитектура: видеосервер для управления двумя видеокамерами, подсистема автоматического распознавания номеров, несколько независимых рабочих мест оператора, подсистема формирования печатных отчётов о проходящем составе цистерн, подсистема удалённого мониторинга СТЗ;
- формирование списка вагонов состава и распознавание номеров в режиме, близком к реальному времени;

- повышенная надёжность разбиения состава на вагоны, обеспечение устойчивости этого процесса к реверсивному характеру движения состава;
- координированная работа видеокамер с обеих сторон проходящего состава;
- формирование номера вагона по результатам процедуры распознавания номера с каждой стороны цистерны и верификации с использованием кодовой защиты системы нумерации подвижного состава и контейнеров;
- использование открытого интерфейса подсистемы формирования печатных отчётов о проходящем составе цистерн, возможность интеграции в автоматизированные системы учёта;
- мониторинг системы технического зрения, в том числе визуальный контроль работы видеосервера и формирование сообщений об аппаратно-программных сбоях и проблемах с освещением;
- многоуровневая распределённая система архивирования видеоданных, время доступа к которым зависит от срока хранения.

Использование распределённой архитектуры при реализации системы позволило повысить допустимую скорость движения состава до 40 км/ч и сократить время обработки вагона до нескольких секунд. Это время существенно зависит от скорости движения состава и настроек системы. Настройки позволяют улучшать качество распознавания за счёт увеличения времени обработки.

Система значительно снижает нагрузку на транспортного оператора, предоставляя удобную среду для контроля и редактирования автоматически сформированного списка цистерн. Система технического зрения устойчиво работает при наличии широкого спектра мешающих факторов: различные габариты цистерн, различные промежутки между цистернами, произвольное расположение номера на железнодорожной цистерне, экстремальные условия освещённости (прямое солнечное излучение – высокий контраст, засветка отдельных участков; недостаточная освещённость – слабый контраст, повышенный шум на изображении), значительный уровень загрязнения цистерн, наличие нестандартного начертания цифр номера на некоторых цистернах.

Система внедрена на Уфимском нефтеперерабатывающем заводе и активно используется в составе автоматизированной системы учёта налива нефтепродуктов.

## **2. Структура программного обеспечения системы**

ПО СТЗ состоит из двух комплексов:

- комплекс системы регистрации составов вагон-цистерн, или – комплекс видеосервера;
- комплекс автоматизированного рабочего места транспортного оператора (АРМ ТО).

Комплексы ПО СТЗ территориально разнесены и взаимодействуют между собой по локальной сети.

При переходе на распределённую архитектуру состав основных программных модулей системы практически не изменился, но существенным образом поменялись способ их взаимодействия, размещение (распределение) по компьютерам, возможности масштабирования системы как по числу видеокамер, так и по вычислительной мощности.

Из комплекса ПО видеосервера программный модуль распознавания номеров был перемещён в комплекс АРМ ТО. Это связано с необходимостью формирования информации о вагоне сразу после его прохождения через видеокамеры и повышением частоты ввода кадров (для увеличения допустимой скорости прохождения поездов). Однако в условиях старой архитектуры одновременная работа программных модулей записи видеоданных и распознавания номеров была практически невозможна в связи с высокой нагрузкой процессора при распознавании номеров. Поэтому в рамках распределённой архитектуры ПО СТЗ модули распознавания номеров были дополнены модулем автоматической обработки состава и вынесены на отдельные компьютеры в комплекс АРМ ТО. Комплекс видеосервера в настоящее время обеспечивает только запись кадров проходящих составов, управляя работой видеокамер и формируя видеофайлы поездов. Комплекс видеосервера состоит из трёх взаимодействующих между собой консольных приложений: программа управления и две программы для работы с видеокамерами. Блок-схема комплекса видеосервера представлена на рис. 1.

Комплекс АРМ ТО включает в себя собственно интерактивное приложение рабочего места транспортного оператора, приложение диагностического монитора и запускаемые в фоновом режиме приложение автоматической обработки состава, приложение подсистемы печати отчётов о составе и приложение управления архивом видеоданных. Все эти приложения могут запускаться на любом наборе компьютеров в рамках локальной сети предприятия. Блок-схема модулей приложения автоматической обработки состава и приложения рабочего места транспортного оператора представлены на рис. 2.

Приложение, реализующее АРМ ТО, имеет три режима работы.

В режиме работы со списком составов (поездов) оператору доступен просмотр списка прошедших составов с отображением признаков их обработки. Из него возможен переход только в режим обработки списка вагонов путём выбора необходимого состава из списка. В этом режиме возможен просмотр и редактирование номеров вагонов, а также ручное заполнение другой первичной информации о вагоне (тип цистерны, ёмкость, вес тары, код страны).

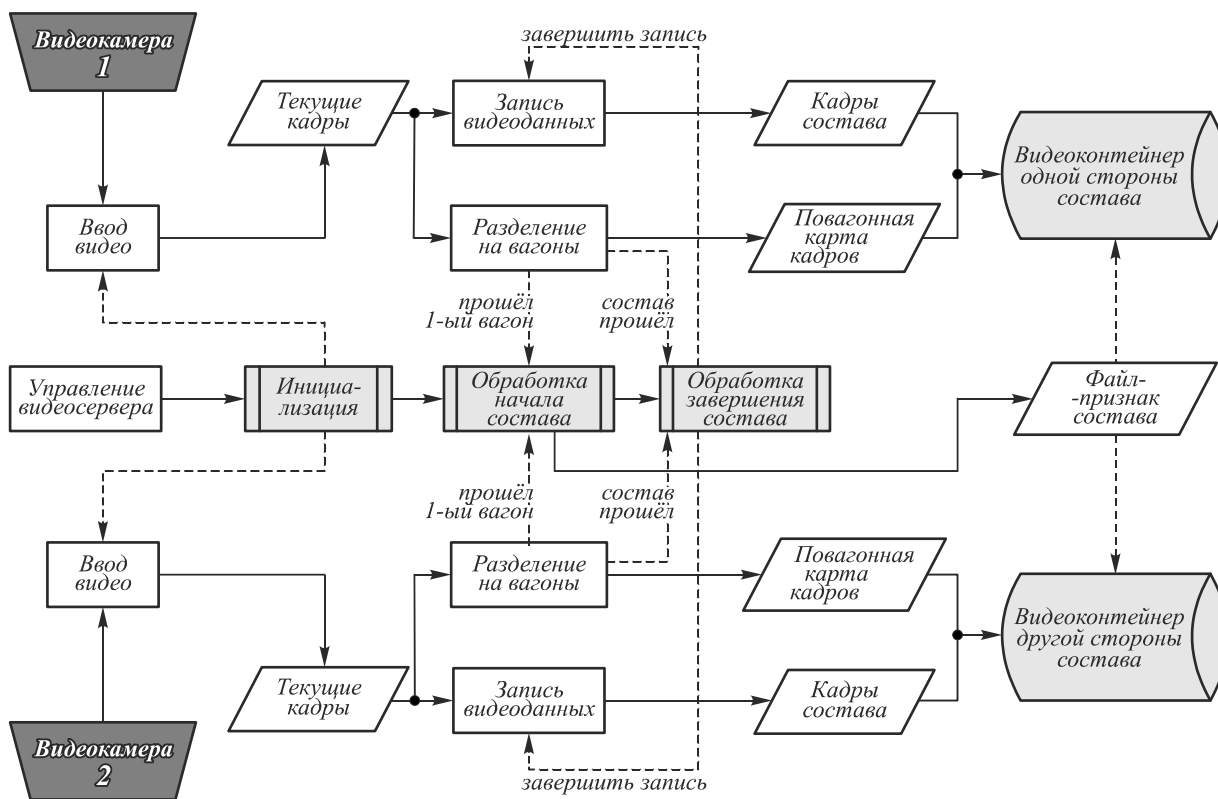


Рис. 1. Блок-схема комплекса программного обеспечения видеосервера

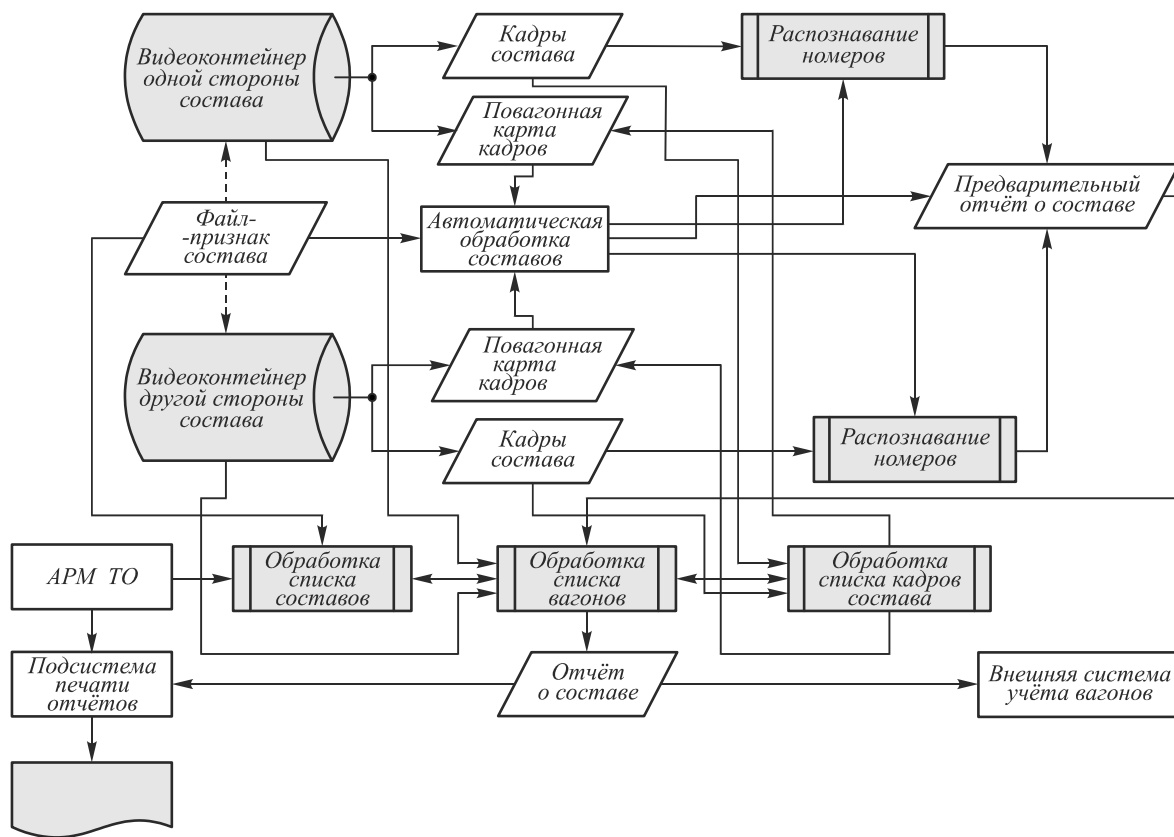


Рис. 2. Блок-схема программных модулей приложения автоматической обработки состава и приложения рабочего места транспортного оператора

Если оператор обнаруживает, что автоматическое разбиение на вагоны выполнено неправильно, то он переходит в режим кадровой обработки видеоданных состава.

Этот режим является вспомогательным, так как используется при нарушении нормальных условий работы СТЗ (например, недостаточность освещения фоновых щитов или яркая контрастная засветка) и является средством устранения последствий форс-мажорной ситуации. Здесь оператор просматривает две последовательности кадров всего состава (от каждой видеокамеры), Указывая на наличие или отсутствие фоновых щитов на конкретном кадре или последовательности кадров. После каждого такого изменения выполняется переформирование повಾಗонной карты кадров.

На рис. 3–5 представлены интерфейсы всех трёх режимов работы приложения АРМ ТО.

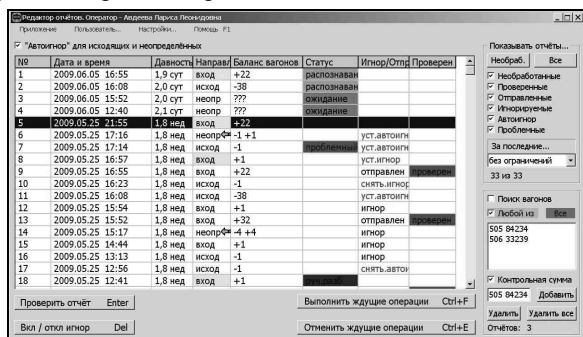


Рис. 3. Интерфейс приложения АРМ ТО в режиме работы со списком составов (поездов)

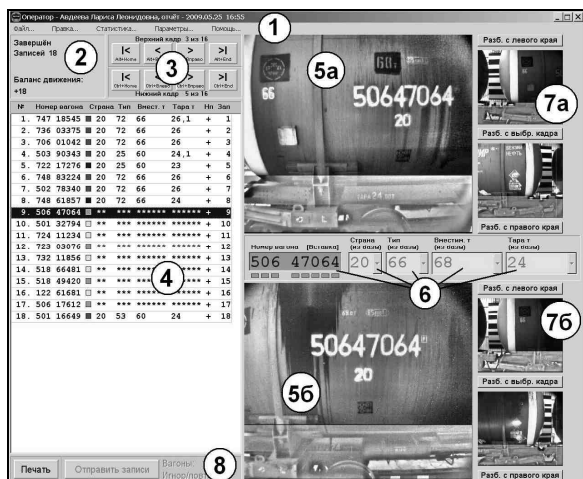


Рис. 4. Приложение АРМ ТО в режиме обработки списка вагонов состава. Основные элементы интерфейса:

- 1 – заголовок и главное меню;
- 2 – текущее состояние отчёта;
- 3 – управление просмотром кадров текущего вагона;
- 4 – список вагонов;
- 5а и 5б – кадры текущего вагона;
- 6 – поля редактирования номера, кода страны, типа, вместимости и веса тары вагона;
- 7а и 7б – пограничные кадры вагона и кнопки перехода в режим обработки списка кадров состава для ручного редактирования разбиения видеозаписей на вагоны;
- 8 – панель печати и отправки записей отчёта выходящей системой контроля

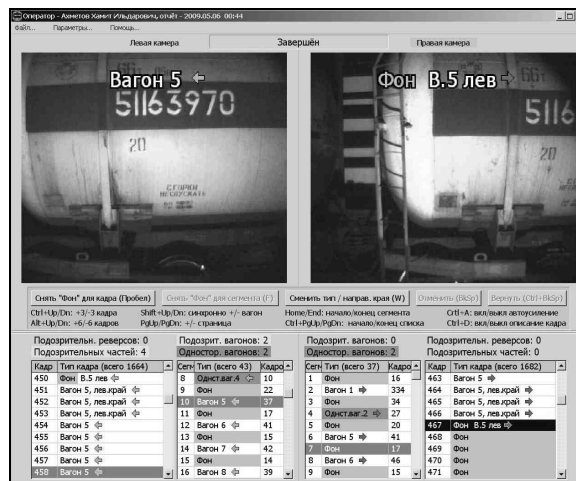


Рис. 5. Приложение АРМ ТО в режиме кадровой обработки видеоданных состава

Отдельное приложение обеспечивает мониторинг системы технического зрения, в том числе визуальный контроль работы видеосервера и формирование сообщений об аппаратно-программных сбоях и проблемах с освещением. Интерфейс этого приложения показан на рис. 6.



Рис. 6. Интерфейс программы диагностического монитора

Дополнительно в составе системы реализовано управление архивацией данных и контроль свободного дискового пространства системы. Эти функции выполняет отдельное приложение, которое запускается по расписанию в то время, когда в расписании движения поездов наступает технологический перерыв.

Программа архивации данных и контроля свободного дискового пространства системы предназначена для организации распределённого хранения видеоданных на нескольких серверах. Хранение осуществляется по каскадному принципу: рабочее хранилище, с которым работает комплекс видеосервера, и последовательность архивных хранилищ, каждое из которых содержит видеоданные за определённый период времени. По мере заполнения рабочего хранилища данные переносятся в архив первого уровня, для чего в нём предварительно освобождается место путём передачи данных в архив второго уровня, и далее этот процесс повторяется по

всему каскаду архивов. На последнем уровне наиболее старые данные удаляются.

В настоящее время для архивов последних уровней проводится апробация технологии прагматической компрессии видеоданных поездов. В соответствии с ней последовательность видеок кадров проходящего поезда преобразуется в последовательность синтезированных панорамных изображений отдельных вагонов. Применение этой технологии приводит к уменьшению объёма файлов более чем на 85% (коэффициент сжатия более 7), причём выходные данные имеют хорошее качество и прекрасно подходят для зрительного восприятия. На рис. 7 показан результат работы данной технологии.



Рис. 7. Результат работы технологии прагматической компрессии – синтезированный панорамный снимок вагона

После запуска комплекса видеосервера выполняется инициализация управляющей программы и инициализация рабочих программ видеокамер. После этого программы ввода с видеокамер переходят в режим обнаружения фонового щита. При обнаружении щита они переходят в режим ожидания появления состава.

Таким образом, если в момент запуска комплекса видеосервера перед видеокамерами проходит состав, он не будет записан, система дожждётся полного прохождения состава и только после этого перейдёт в режим ожидания появления состава.

В режиме ожидания рабочие программы видеокамер постоянно контролируют наличие в кадре фонового щита и периодически формируют (обновляют) диагностические сообщения и изображения текущего кадра видеокамер с помощью общей информационной среды системы. Это позволяет удалённой программе диагностического монитора отслеживать работоспособность видеокамер и состояние освещения, уведомлять оператора о возникших неполадках путём визуального и звукового оповещения.

При появлении состава перед видеокамерой открывается фоновый щит, рабочая программа распознаёт это событие, фиксирует время и формирует сообщение об обнаружении поезда. Модуль записи видеоданных создаёт видеофайл в информационной среде системы.

После полного прохождения первого вагона перед видеокамерой рабочая программа уведомляет об этом управляющую программу. При получении этого уведомления от любой рабочей программы модуль обработки начала состава запрашивает информацию от обеих рабочих программ об именах видеофайлов, которые пишутся в этот

### 3. Описание функционирования системы

Система с помощью двух видеокамер осуществляет наблюдение с двух сторон за железнодорожными составами, проходящими через пост видеонаблюдения. В поле зрения каждой видеокамеры за контролируемым железнодорожным путём расположен фоновый щит. По наличию/отсутствию его в кадре система распознаёт присутствие перед видеокамерой состава и промежутки между вагон-цистернами. Эталонное изображение фонового щита для каждой из видеокамер формируется на этапе настройки системы и загружается в программу записи поездов при её запуске.

момент, создаёт сигнальное сообщение о появлении поезда, в котором размещается информация об именах видеофайлов.

В процессе прохождения состава выполняется разбиение состава на вагоны, определение направления движения вагона в каждый конкретный момент и автоматическая индексация кадров видеоданных в соответствии с порядковым номером вагона в составе (формирование повагонной карты кадров). Информация о разбиении по вагонам и направлении движения последовательно записывается в файлы видеоданных вместе с кадрами изображений.

После полного прохождения состава через пост видеонаблюдения видеофайлы закрываются. Рабочие программы переходят в режим ожидания появления состава.

После появления в информационной среде системы сигнального сообщения о поезде запускается подсистема распознавания АРМ ТО, в списке поездов появляется строка, соответствующая текущему составу с отметкой, что отчёт находится в стадии автоматического распознавания номеров вагонов, и оператор уведомляется об этом с помощью текстового и голосового сообщения. Как только в отчёте будет сформирована информация хотя бы по одному вагону, то отчёт можно редактировать, сохранять, выводить на печать и отсылать записи о вагонах вышестоящей системе.

Таким образом, оператор получает информацию о движущемся через систему видеонаблюдения составе после полного прохождения первого вагона перед одной из видеокамер.

Транспортный оператор может войти в режим контроля и редактирования данного отчёта или проигнорировать его, если поезд его не интересует.

Оператор может дожидаться окончания автоматического распознавания номеров вагонов или перейти в режим просмотра и редактирования информации о вагонах состава сразу после уведомления о появлении нового поезда. При этом в режиме работы оператора со списком вагонов обрабатываемого состава обеспечивается автоматическое обновление списка вагонов по мере прохождения поезда через систему видеонаблюдения и выполнения автоматического распознавания номеров вагонов.

В режиме просмотра и редактирования информации о вагонах состава оператор имеет возможность проверить число вагонов в поезде и либо подтвердить, либо отредактировать номера вагонов. При этом используются видеоданные с двух видеокамер, полученные от комплекса видеосервера, т.е. для каждого вагона оператор видит два кадра (с каждой камеры), содержащих номер вагона.

Результатом этого процесса является проверенный отчёт о прохождении состава, который сохраняется в файле. На основе этого отчёта формируется файл согласованного формата с первичными данными о вагон-цистернах проходящего состава, который передаётся вышестоящей системе.

В любой момент, до завершения проверки всех вагонов в составе, информация по обработанным вагонам может быть отправлена вышестоящей системе.

При записи видеоданных состав автоматически разбивается на вагоны, однако полностью исключить ошибки разбиения нельзя. Эти ошибки обычно проявляются в том, что возникают вагоны, у которых видеокдры присутствуют только с одной стороны, несмотря на наличие видеоданных с двух видеокамер. Для исправления этой ситуации используется вспомогательный режим покадровой обработки видеоданных.

Одновременно с рассмотренными программами в системе функционирует программа диагностического монитора, которая считывает служебные данные о работе системы технического зрения, показывает текущие (обновляемые с интервалом в несколько секунд) кадры с видеокамер, а также, в случае необходимости, уведомляет о недоступности диагностических данных или отсутствии их обновления.

#### **4. Выводы**

Архитектурное разделение программных комплексов распределённой регистрации видеоданных и распознавания номеров, а также переход на распределённую систему хранения и архивации – всё это в комплексе обеспечивает не только решение поставленных при разработке задач, но и «прозрачное» для пользователя наращивание функциональности СТЗ, повышение качества работы, формирование новых интеллектуальных качеств системы.

Наличие в системе оператора, который подтверждает или корректирует окончательный результат,

открывает дополнительные возможности по совершенствованию качества работы технологии распознавания. Зная правильный результат, можно путём апостериорной многовариантной обработки хранимых видеоданных в фоновом итерационном режиме оценить качество формируемых результатов, подобрать параметры алгоритмов обработки.

Выделение под хранилище данных отдельных вычислительных мощностей позволяет расширить цели апостериорной обработки видеоданных. Такая обработка позволяет анализировать и выявлять дополнительную информацию о размещённых в системе данных, находить особые кадры, которые представляют интерес для последующего просмотра, интерпретации и т.п., формировать аннотированный список выявленных неоднородностей процесса наблюдения [14], обеспечивающий быстрый доступ к ним оператора. Последующий анализ этой информации разработчиками СТЗ также позволяет совершенствовать алгоритмы обработки и распознавания.

Данная информация совместно с новыми методами прагматической компрессии для видеоданных позволяет реализовать новую многоуровневую систему архивирования, обеспечивающую существенное снижение объёма хранимых данных без потери критически важной информации. Данная система архивирования реализует важный принцип избирательности памяти в зависимости от срока хранения – чем дольше хранится информация, тем меньше подробностей она содержит, при сохранении основной, критической информации.

Новые методы автоматизации процесса анализа результатов распознавания и выявления неоднородностей (артефактов) в видеоданных [15] позволяют сформировать «обратную связь» для алгоритмов и параметров настройки СТЗ, проводить их адаптацию на основе накопленной информации – чем дольше функционирует СТЗ, тем более интеллектуальной она становится.

Адаптивность алгоритмов распознавания формируется за счёт развития теории распознавания алфавитно-цифровой информации на основе модифицированного алгоритма сравнения объекта с эталоном в метрике Хаусдорфа [12], в частности, путём разработки методов автоматического формирования или коррекции алфавита (набора шаблонов) подсистемы распознавания алфавитно-цифровой информации, методов формирования специализированных алфавитов, адаптированных к окружающей обстановке (условиям освещения, времени года, положению солнца и т.п.), а также использования других методов распознавания [16].

Распределённая архитектура системы позволяет обеспечить дальнейшее повышение скорости обработки видеопотоков в реальном времени за счёт масштабируемости вычислений на аппаратно-программных платформах многопроцессорных распределённых вычислительных систем, в том числе с

использованием технологии CUDA на аппаратных средствах ускорения обработки информации NVIDIA [17].

### Заключение

В настоящее время взрывной рост интереса демонстрируют три технологии: машинное зрение, облачные вычисления и беспроводная передача данных. Интеграция этих трёх технологий даёт значительный синергетический эффект и позволяет существенно расширить рынок применения систем технического зрения (СТЗ) за счёт значительного снижения времени и сложности, а значит, и стоимости внедрения, повышения качества услуг, минимизации совокупной стоимости владения.

Использование распределённой архитектуры программного обеспечения при проектировании СТЗ существенно облегчает переход к перспективным технологиям на основе облачных вычислений. В сочетании с расширением номенклатуры IP-камер высокого разрешения, в том числе с возможностью беспроводного подключения к коммуникационной сети, перенос программного обеспечения СТЗ в «облако» увеличивает эффективность работы предприятий за счёт технологического упрощения автоматизации рабочих мест и бизнес-процессов.

### Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ поддержки ведущих научных школ НШ-4128.2012.9 и грантов РФФИ 10-07-00553, 11-07-13164, 11-07-12051.

### Литература

1. **Lecky, N.** Machine Vision Gets Moving: Part III // Vision Systems Design. – 2011. – Vol. 16, N 11. – P. 7-11.
2. **Wilson, A.** License plate recognition software targets embedded systems // Vision Systems Design. – 2012. – Vol. 17, N 1. – P. 12-13.
3. Train OCR Portal // <http://www.camco.be/camco/en/products/train-ocr-portal>
4. Rail Automation // <http://www.htsol.com/Products.asp?id=83>.
5. AEI/OCR system verification. Technical Report TP 14143E // DTI Telecommunications, 2003.
6. **Алиев, Э.В.** Оптическая идентификация объектов подвижного состава в задачах управления железнодорожными перевозками / Э.В. Алиев, Е.Н. Веснин, Л.Л. Малыгин, А.Е. Михайлов, В.А. Царёв // Автоматизация в промышленности. – 2009. – № 5. – С. 49-54.
7. Транзит-Инспектор: распознавание номеров вагонов // <http://www.iss.ru/products/transit/>
8. Комплекс распознавания номеров вагонов «КАУ-В» // [http://www.tvema.ru/ru/productList\\_3776.html](http://www.tvema.ru/ru/productList_3776.html)
9. Автоматизированная система взвешивания и идентификации железнодорожных вагонов // [http://www.shtrih-m.ru/production/produce\\_658.html](http://www.shtrih-m.ru/production/produce_658.html)
10. Распознавание номеров вагонов // [http://www.itv.ru/products/intellect/additional\\_modules/rw/](http://www.itv.ru/products/intellect/additional_modules/rw/)
11. **Буланов, А.П.** Система технического зрения для регистрации железнодорожных составов цистерн / А.П. Буланов, С.Г. Волотовский, Н.Л. Казанский, С.Б. Попов, Р.В. Хмельёв, С.М. Шумаков // Автоматизация в промышленности. – 2005. – № 6. – С. 57-59.
12. **Волотовский, С.Г.** Система технического зрения для распознавания номеров железнодорожных цистерн с использованием модифицированного коррелятора в метрике Хаусдорфа / С.Г. Волотовский, Н.Л. Казанский, С.Б. Попов, Р.В. Хмельёв // Компьютерная оптика. – 2005. – Вып. 27. – С. 177-184.
13. **Volotovskii, S.G.** Machine Vision System for Registration of Oil Tank Wagons / S.G. Volotovskii, N.L. Kazanskiy, S.B. Popov, R.V. Khmelev // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2005. – Vol. 15, N 2. – P. 461-463.
14. **Казанский, Н.Л.** Система технического зрения для определения количества гель-частиц в растворе полимера / Н.Л. Казанский, С.Б. Попов // Компьютерная оптика. – 2009. – Т. 33, № 3. – С. 325-331.
15. **Kazanskiy, N.L.** Machine Vision System for Singularity Detection in Monitoring the Long Process / N.L. Kazanskiy, S.B. Popov // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). – 2010. – Vol. 19, N 1. – P. 23-30.
16. **Glumov, N.I.** Pattern detection and recognition in images / N.I. Glumov, V.V. Myasnikov, V.V. Sergeyev // Computer Image Processing, Part II: Methods and algorithms / edited by Victor A. Soifer; A.V. Chernov [et al.] – VDM Verlag, 2010. – Chapter 9. – P. 297-387. – ISBN 978-3-639-17545-5.
17. **Izotov, P.Yu.** CUDA-Enable Implementation of a Neural Network Algorithm for Handwritten Digit Recognition / P.Yu. Izotov, N.L. Kazanskiy, D.L. Golovashkin, S.V. Sukhanov // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). – 2011. – Vol. 20, N 2. – P. 98-106.

### References

1. **Lecky, N.** Machine Vision Gets Moving: Part III // Vision Systems Design. – 2011. – Vol. 16, N 11. – P. 7-11.
2. **Wilson, A.** License plate recognition software targets embedded systems // Vision Systems Design. – 2012. – Vol. 17, N 1. – P. 12-13.
3. Train OCR Portal // <http://www.camco.be/camco/en/products/train-ocr-portal>
4. Rail Automation // <http://www.htsol.com/Products.asp?id=83>.
5. AEI/OCR system verification. Technical Report TP 14143E // DTI Telecommunications, 2003.
6. **Aliyev, E.V.** Optical identification of objects of rolling stock in the tasks of management of railway transportation / E.V. Aliyev, E.N. Vesnin, L.L. Malygin, A.U. Mikhailov, V.A. Tsarev // Automation in industry. – 2009. – N 5. – P. 49-54. – (In Russian).
7. Transit-Inspector: recognition of train cars numbers // <http://www.iss.ru/products/transit/> – (In Russian).
8. System of recognition of train cars numbers «KAU-V» // [http://www.tvema.ru/ru/productList\\_3776.html](http://www.tvema.ru/ru/productList_3776.html) – (In Russian).
9. Automated system of weighing and identification of railway wagons // [http://www.shtrih-m.ru/production/produce\\_658.html](http://www.shtrih-m.ru/production/produce_658.html) – (In Russian).
10. Recognition of train cars numbers // [http://www.itv.ru/products/intellect/additional\\_modules/rw/](http://www.itv.ru/products/intellect/additional_modules/rw/) – (In Russian).
11. **Bulanov, A.P.** Vision System for Registration of Railway Tank-cars / A.P. Bulanov, S.G. Volotovskii, N.L. Kazanskiy, S.B. Popov, R.V. Khmelev, S.M. Shumakov // Automation in industry. – 2005. – № 6. – P. 57-59. – (In Russian).



12. Volotovskii, S.G. Machine Vision System for the Recognition of Numbers of Railway Tank-cars with the Use of Modified Correlator in the Hausdorff Metric / S.G. Volotovskii, N.L. Kazanskiy, S.B. Popov, R.V. Khmelev // Computer Optics. – 2005. – Vol. 27. – P. 177-184. – (In Russian).
13. Volotovskii, S.G. Machine Vision System for Registration of Oil Tank Wagons / S.G. Volotovskii, N.L. Kazanskiy, S.B. Popov, R.V. Khmelev // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2005. – Vol. 15, N 2. – P. 461-463.
14. Kazanskiy, N.L. Machine Vision System for Determining the Number of Gel Particles in a Solution of Polymer / N.L. Kazanskiy, S.B. Popov // Computer Optics. – 2009. – Vol. 33, N 6. – P. 325-331. – ISSN 0134-2452. – (In Russian).
15. Kazanskiy, N.L. Machine Vision System for Singularity Detection in Monitoring the Long Process / N.L. Kazanskiy, S.B. Popov // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). – 2010. – Vol. 19, N 1. – P. 23-30.
16. Glumov, N.I. Pattern detection and recognition in images / N.I. Glumov, V.V. Myasnikov, V.V. Sergeyev // Computer Image Processing, Part II: Methods and algorithms / edited by Victor A. Soifer; A.V. Chernov [et al.] – VDM Verlag, 2010. – Chapter 9. – P. 297-387. – ISBN 978-3-639-17545-5.
17. Izotov, P.Yu. CUDA-Enable Implementation of a Neural Network Algorithm for Handwritten Digit Recognition / P.Yu. Izotov, N.L. Kazanskiy, D.L. Golovashkin, S.V. Sukhanov // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). – 2011. – Vol. 20, N 2. – P. 98-106.

## THE DISTRIBUTED VISION SYSTEM OF THE REGISTRATION OF THE RAILWAY TRAIN

N.L. Kazanskiy, S.B. Popov

*Image Processing Systems Institute of the RAS,*

*S.P. Korolyov Samara State Aerospace University (National Research University)*

### Abstract

We consider the advantages of the distributed architecture of the machine vision systems (MVS) for registration of the trains. It is noted that this solution provides transparent increasing the functionality of MVS and improvement its quality, the formation of new intellectual properties of the system based on the possibilities of a posteriori multivariate iterative processing of stored video in the background. The basic principles of such intelligent vision systems have been successfully tested to create a distributed vision system of railway tanks registration.

*Key words:* machine vision, distributed processing, character recognition, intelligent data storage.

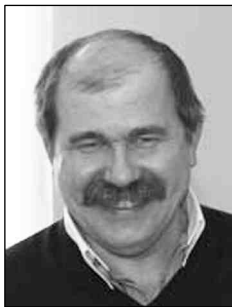
### Сведения об авторах



**Казанский Николай Львович**, 1958 года рождения. В 1981 году с отличием окончил Куйбышевский авиационный институт (КуАИ, ныне – Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва – СГАУ) по специальности «Прикладная математика». Доктор физико-математических наук (1996 год), профессор, работает заместителем директора по научной работе и заведующим лабораторией дифракционной оптики Института систем обработки изображений РАН (ИСОИ РАН), профессором кафедры технической кибернетики СГАУ. Руководитель научно-образовательного центра компьютерной оптики, созданного совместно ИСОИ РАН и СГАУ, заведующий базовой (СГАУ в ИСОИ РАН) кафедрой высокопроизводительных вычислений. Является членом международных научных обществ *SPIE* и *IAPR*. Казанский Н.Л. – специалист в области дифракционной оптики, математического моделирования, обработки изображений и нанопотоники. В списке научных работ Н.Л. Казанского 240 статей, 7 монографий, 35 авторских свидетельств и патентов. Страница в интернете: <http://www.ipsi.smr.ru/staff/kazansky.htm>.

E-mail: [kazansky@smr.ru](mailto:kazansky@smr.ru).

**Nikolay Lvovich Kazanskiy** (b. 1958) graduated with honours (1981) from the S. P. Korolyov Kuibyshev Aviation Institute (presently, S. P. Korolyov Samara State Aerospace University (SSAU)), majoring in Applied Mathematics. He received his Candidate in Physics & Maths (1988) and Doctor in Physics & Maths (1996) degrees from Samara State Aerospace University. He is the vice-director for research and the head of Diffractive Optics laboratory at the Samara Image Processing Systems Institute of the Russian Academy of Sciences (IPSI RAS), holding a part-time position of professor at SSAU's Technical Cybernetics sub-department. He is the manager of the Research & Education Center of Computer Optics established jointly by SSAU and IPSI RAS, holding the chair of SSAU's base sub-department of High-Performance Computing at IPSI RAS. He is a SPIE and IAPR member. He is co-author of 240 scientific papers, 7 monographs, and 35 inventions and patents. His current research interests include diffractive optics, mathematical modeling, image processing, and nanophotonics. Homepage: <http://www.ipsi.smr.ru/staff/kazansky.htm>.



**Попов Сергей Борисович**, доктор технических наук, доцент Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва; старший научный сотрудник Учреждения Российской академии наук Институт систем обработки изображений РАН. Области научных интересов: моделирование, разработка и исследование программных средств распределённой и параллельной обработки крупноформатных изображений; разработка алгоритмов и программного обеспечения систем технического зрения; разработка алгоритмов повышения качества цветных слабоконтрастных изображений.

E-mail: [spop@smr.ru](mailto:spop@smr.ru).

**Sergey Borisovich Popov**, Doctor in Tech. sc.; Associate Professor of the Samara State Aerospace University; senior researcher at the Image Processing Systems Institute of RAS. His areas of research are parallel and distributed image processing, computer vision, color image processing.

*Поступила в редакцию 13 июня 2012 г.*