Бортовые информационно - управляющие системы, обеспечивающие автоматизацию движения автомобилей в колонне на примере большегрузных автомобилей

**Человек:** Предметом данной статьи являются бортовые информационно управляющие системы, обеспечивающие движение большегрузных автомобилей в колонне при наличии водителя только в первой машине, а также системы круиз-контроля, включая адаптивные и интеллектуальные. Целью статьи является формирование указанной бортовой системы большегрузного автомобиля, включающей в себя как набор алгоритмов и ключевых функций, реализующих движение в колонне, так и перечень используемых категорий датчиков. Все рассмотренные функции упорядочены иерархически на трех уровнях: стратегическом, тактическом и операционном. В исследовании собрана как теоретическая, так и практическая информация, предоставленная авто-производителями, раскрывающая сущностное содержание бортовых информационных системы и круиз-контроля. Новизна проведенного исследования заключается в том, что доработана модель интеллектуального круиз-контроля, обеспечивающая движение большегрузных автомобилей в колонне при наличии водителя только в первом автомобиле. Предлагаемая модель включает в себя иерархическую архитектуру бортовой информационно-управляющей системы, ключевые алгоритмы и датчики для ее реализации.

**Key words:** бортовая информационно-управляющая система, алгоритм управления, датчик, движение в колонне, беспилотное движение, круиз-контроль, адаптивный круиз-контроль, интеллектуальный круиз-контроль, большегрузный автомобиль, иерархическая архитектура

=================================

**FastText\_KMeans\_Clean:** Обобщенная структурная схема системы управления автомобилем в режиме круиз-контроля представлена на рис. 3. На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, , Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия, АТр − автоматическая (автоматизированная) трансмиссия автомобиля, НР − нечеткий регулятор, ПР − процессор режимов автомобиля, ЦК − цифровая карта дороги, (Хг, Уг) − глобальные координаты местоположения автомобиля, определяемые по спутниковым данным. · верхний, стратегический, сценарный;. На рисунке 9 представлены все рассмотренные выше датчики и алгоритмы управления, входящие в бортовую информационно-управляющую систему, реализующую движение большегрузных автомобилей в колонне, при условии, что водитель находится только в первой машине. На рисунке 10 представлена структура системы управления автомобиля с бортовой управляющей системой, обеспечивающей движение большегрузных автомобилей в колонне. Ключевым отличием от движения с использованием системы интеллектуального круиз-контроля заключается в том, что за счет синхронизации на втором уровне бортовой информационно-управляющей системы, посредством решений, принимаемых процессором и нечетким регулятором, осуществляется прямое воздействие на колеса.

**Key words part:** 0.8620689655172413

=================================

**FastText\_KMeans\_Raw/:** В алгоритмах управления большегрузными автомобилями при движении в колонне также существенную роль играет возможность выбора типа груза или его отсутствия на программном уровне, что также позволяет адаптировать динамику движения автомобиля к текущим задачам. · верхний, стратегический, сценарный;. Ключевым отличием от движения с использованием системы интеллектуального круиз-контроля заключается в том, что за счет синхронизации на втором уровне бортовой информационно-управляющей системы, посредством решений, принимаемых процессором и нечетким регулятором, осуществляется прямое воздействие на колеса. На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия, АТр − автоматическая (автоматизированная) трансмиссия автомобиля, НР − нечеткий регулятор, ПР − процессор режимов автомобиля, I - стратегические задачи, датчики и алгоритмы их реализующие; II – тактические задачи, датчики и алгоритмы их реализующие; III – локальные задачи, датчики и алгоритмы их реализующие.

**Key words part:** 0.8620689655172413

=================================

**FastText\_PageRank\_Clean/:** Пропускная способность шины CAN составляет около Кбит/с. 4. наличие многоуровневой иерархической структуры;. Схема управления адаптивного круиз-контроля. · поток видеоинформации VR под передним мостом;. · верхний, стратегический, сценарный;. · средний, тактический, ситуационный;. · нижний, оперативный, локальный. На первом уровне (I) отражены стратегические задачи, на втором (II) – тактические, а на третьем (III) – локальные.

**Key words part:** 0.5517241379310345

=================================

**FastText\_PageRank\_Raw/:** Пропускная способность шины CAN составляет около Кбит/с. 4. наличие многоуровневой иерархической структуры;. Схема управления адаптивного круиз-контроля. · поток видеоинформации VR под передним мостом;. · верхний, стратегический, сценарный;. · средний, тактический, ситуационный;. · нижний, оперативный, локальный. На первом уровне (I) отражены стратегические задачи, на втором (II) – тактические, а на третьем (III) – локальные.

**Key words part:** 0.5517241379310345

=================================

**Mixed\_ML\_TR/:** Бортовая информационно-управляющая система состоит из сбора информации об обстановке; обработке данной информации по алгоритмам, соответствующим состоянию объекта, среды и условий движения транспортного средства; выработки сигналов управления и управления объектом [17]. На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, , Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия, Р − регулятор скорости (система круиз-контроля), АТр − автоматическая (автоматизированная) трансмиссия автомобиля. На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, , Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия, АТр − автоматическая (автоматизированная) трансмиссия автомобиля, НР − нечеткий регулятор, ПР − процессор режимов автомобиля, ЦК − цифровая карта дороги, (Хг, Уг) − глобальные координаты местоположения автомобиля, определяемые по спутниковым данным. Бортовая информационно-управляющая система, обеспечивающая автоматизацию движения большегрузных автомобилей в колонне, стоится на основе существующих разработок в области интеллектуального круиз-контроля, развивая их. Отметим также, что, несмотря на синхронизацию, на более низком уровне в каждом большегрузном автомобиле постоянно функционирует система адаптивного и/ или интеллектуального круиз-контроля, включающая в себя нечеткий регулятор. На рисунке 9 представлены все рассмотренные выше датчики и алгоритмы управления, входящие в бортовую информационно-управляющую систему, реализующую движение большегрузных автомобилей в колонне, при условии, что водитель находится только в первой машине. Важно отметить, что в первую очередь реализуются процессы наиболее низкого уровня, а лишь затем более высокого. Структура системы управления автомобиля с бортовой управляющей системой, обеспечивающей движение большегрузных автомобилей в колонне. На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия, АТр − автоматическая (автоматизированная) трансмиссия автомобиля, НР − нечеткий регулятор, ПР − процессор режимов автомобиля, I - стратегические задачи, датчики и алгоритмы их реализующие; II – тактические задачи, датчики и алгоритмы их реализующие; III – локальные задачи, датчики и алгоритмы их реализующие.

**Key words part:** 0.8965517241379308

=================================

**MultiLingual\_KMeans/:** На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, , Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия, АТр − автоматическая (автоматизированная) трансмиссия автомобиля, НР − нечеткий регулятор, ПР − процессор режимов автомобиля, ЦК − цифровая карта дороги, (Хг, Уг) − глобальные координаты местоположения автомобиля, определяемые по спутниковым данным. Выходными параметрами системы являются: оцифрованная траектория движения мобильного объекта T, оценка погрешности ∆ позиционирования АТС, поток видеоинформации VR под передним мостом АТС, координаты K текущего местоположения АТС, углы наклона Gt={p, r} дорожного полотна. Бортовая информационно-управляющая система, обеспечивающая автоматизацию движения большегрузных автомобилей в колонне, стоится на основе существующих разработок в области интеллектуального круиз-контроля, развивая их. В алгоритмах управления большегрузными автомобилями при движении в колонне также существенную роль играет возможность выбора типа груза или его отсутствия на программном уровне, что также позволяет адаптировать динамику движения автомобиля к текущим задачам. Сигнал головной машине передается в случае, если произошло ДТП или же в случае разрыва колонны в результате выполняемого маневра. Отметим также, что, несмотря на синхронизацию, на более низком уровне в каждом большегрузном автомобиле постоянно функционирует система адаптивного и/ или интеллектуального круиз-контроля, включающая в себя нечеткий регулятор. Важно отметить, что в первую очередь реализуются процессы наиболее низкого уровня, а лишь затем более высокого. Кроме того, учитывая объем различных внешних параметров, датчиков и систем управления, необходимых для обеспечения движения большегрузных автомобилей в колонне, с водителем только в первом автомобиле, их совокупность отражена упрощенной схемой рисунка 6 и представлена в виде трехуровневой пирамиды.

**Key words part:** 0.8965517241379308

=================================

**Multilingual\_PageRank/:** Пропускная способность шины CAN составляет около Кбит/с. 4. наличие многоуровневой иерархической структуры;. Основной проблемой низкой эффективности таких регуляторов можно назвать недостаточность входящих данных [21]. Реализация данной системы представлена на рисунке 7. Для большегрузных машин, такое число должно быть соответственно увеличено. Измерения слоя воды, снега и льда реализуется за счет анализа интенсивности отраженного сигнала от их поверхности, а температуры – за счет измерения интенсивности потока инфракрасного излучения с помощью пирометра [23]. · верхний, стратегический, сценарный;. · средний, тактический, ситуационный;.

**Key words part:** 0.4482758620689655

=================================

**RuBERT\_KMeans\_Without\_ST/:** Целью данной статьи является разработка архитектуры бортовой информационно-управляющей системы, обеспечивающей автоматизацию движения большегрузных автомобилей в колонне при наличии водителя только в головной машине. Таким образом, система получает возможность прогнозирования дороги вне пределов видимости и действия дальномеров, на несколько километров вперед, что позволяет оптимизировать прикладываемое усилие, а также существенно экономить топливо. Отметим также, что, несмотря на синхронизацию, на более низком уровне в каждом большегрузном автомобиле постоянно функционирует система адаптивного и/ или интеллектуального круиз-контроля, включающая в себя нечеткий регулятор. · верхний, стратегический, сценарный;.

**Key words part:** 0.8275862068965517

=================================

**RuBERT\_KMeans\_With\_ST/:** На данный момент большая часть производителей автомобилей, используют технологии Controller Area Network (CAN), объединяющие различные системы автомобиля в единую сеть, включающую в себя как многообразные датчики, электронные управляющие устройства, микропроцессоры и микропроцессорные контроллеры [7] (рис. 1), так и систему управления ими. 3. наличие алгоритмов прогнозирования изменений окружающей среды и собственного поведения в динамически изменяющейся внешней среде;. Большая часть систем классического и адаптивного круиз-контроля работает по жестким алгоритмам в достаточно узком диапазоне изменения ряда дорожных параметров, практически не осуществляет оптимизацию эксплуатационных характеристик автомобиля. · вектор продольных и поперечных уклонов Gt={p, r} в моменты времени t от датчика угла наклона, установленного на задней оси. Ранее, уже указывалось, что в случае неисправности, водитель передает управляющее воздействие на автомобиль, однако данный тип воздействия скорее исключение, чем правило. Таким образом, следуя логике иерархической бортовой системы управления большегрузным магистральным автомобилем можно выделить три уровня решаемых системой задач [8]:. · нижний, оперативный, локальный. На рисунке 9 представлены все рассмотренные выше датчики и алгоритмы управления, входящие в бортовую информационно-управляющую систему, реализующую движение большегрузных автомобилей в колонне, при условии, что водитель находится только в первой машине.

**Key words part:** 0.8965517241379308

=================================

**RUBERT\_page\_rank\_Without\_ST/:** Общая схема сети контроллеров CAN на большегрузных магистральных автомобилях. 4. наличие многоуровневой иерархической структуры;. Датчики состояния дорожного полотна измеряют толщину слоя воды, снега и льда на поверхности дорожного полотна, а также его температуру. Данная система позволяет распознавать сигналы светофоров и иные внешние сигналы, влияющие на движение колонны. Важно отметить, что в первую очередь реализуются процессы наиболее низкого уровня, а лишь затем более высокого.

**Key words part:** 0.6206896551724138

=================================

**RUBERT\_page\_rank\_With\_ST/:** В то время как отстающая часть должна продолжать движение с заданной скоростью. Система распознавания образов необходима для поддержания целостности колонны. · верхний, стратегический, сценарный;. Важно отметить, что в первую очередь реализуются процессы наиболее низкого уровня, а лишь затем более высокого. При этом, в первую очередь реализуются процессы наиболее низкого уровня, а лишь затем более высокого.

**Key words part:** 0.4827586206896552

=================================

**RUSBERT\_KMeans\_Without\_ST/:** 2. наличие функций самонастройки, самоорганизации и самообучения;. В общем случае, закономерность описывается следующим образом: по мере увеличения скорости, обозреваемый угол сокращается, при этом анализируемое расстояние увеличивается [20, 25]. При этом, сам алгоритм воздействия на основные агрегаты автомобилей при нормальном стабильном движении не изменяется. Ключевым отличием от движения с использованием системы интеллектуального круиз-контроля заключается в том, что за счет синхронизации на втором уровне бортовой информационно-управляющей системы, посредством решений, принимаемых процессором и нечетким регулятором, осуществляется прямое воздействие на колеса. Таким образом, разрабатываемая бортовая информационно-управляющая система, реализующая движение большегрузных автомобилей в колонне, основана на существующих системах интеллектуального круиз-конроля, расширяя и дополняя их.

**Key words part:** 0.7931034482758621

=================================

**RUSBERT\_KMeans\_With\_ST/:** Можно говорить, о том, что движение в колонне большегрузных автомобилей представляет собой более развитую систему, базирующуюся на существующих алгоритмах круиз-контроля [7], что относится к классу интеллектуальных систем управления автомобилем [11]. Кроме того, датчик скорости обеспечивает формирование системы с обратной связью, что позволяет определить соответствие фактического значения скорости заданному. Как уж указывалось ранее, важной частью алгоритмов управления движением большегрузных автомобилей в колонне является выбор типа груза, что может накладывать ограничения на характер движения. Отметим также, что, несмотря на синхронизацию, на более низком уровне в каждом большегрузном автомобиле постоянно функционирует система адаптивного и/ или интеллектуального круиз-контроля, включающая в себя нечеткий регулятор. · средний, тактический, ситуационный;.

**Key words part:** 0.8275862068965517

=================================

**RUSBERT\_page\_rank\_Without\_ST/:** 2. наличие функций самонастройки, самоорганизации и самообучения;. 4. наличие многоуровневой иерархической структуры;. Реализация данной системы представлена на рисунке 7. · средний, тактический, ситуационный;. При этом, в первую очередь реализуются процессы наиболее низкого уровня, а лишь затем более высокого.

**Key words part:** 0.4137931034482759

=================================

**RUSBERT\_page\_rank\_With\_ST/:** 2. наличие функций самонастройки, самоорганизации и самообучения;. 4. наличие многоуровневой иерархической структуры;. Реализация данной системы представлена на рисунке 7. · средний, тактический, ситуационный;. При этом, в первую очередь реализуются процессы наиболее низкого уровня, а лишь затем более высокого.

**Key words part:** 0.4137931034482759

=================================

**Simple\_PageRank/:** На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, , Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия, Р − регулятор скорости (система круиз-контроля), АТр − автоматическая (автоматизированная) трансмиссия автомобиля. На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, , Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия, АТр − автоматическая (автоматизированная) трансмиссия автомобиля, НР − нечеткий регулятор, ПР − процессор режимов автомобиля, ЦК − цифровая карта дороги, (Хг, Уг) − глобальные координаты местоположения автомобиля, определяемые по спутниковым данным. В случае разрыва колонны, впереди идущие машины должны получить информацию от отстающих и несколько снизить скорость движения. В результате, достигается повышение быстроты реакции, а также корректировки движения колонны в целом, что позволяет сократить и удерживать на минимальном уровне расстояние между автомобилями. На рисунке 9 представлены все рассмотренные выше датчики и алгоритмы управления, входящие в бортовую информационно-управляющую систему, реализующую движение большегрузных автомобилей в колонне, при условии, что водитель находится только в первой машине. Кроме того, учитывая объем различных внешних параметров, датчиков и систем управления, необходимых для обеспечения движения большегрузных автомобилей в колонне, с водителем только в первом автомобиле, их совокупность отражена упрощенной схемой рисунка 6 и представлена в виде трехуровневой пирамиды.

**Key words part:** 0.8275862068965517

=================================

**TextRank/:** Целью данной статьи является разработка архитектуры бортовой информационно-управляющей системы, обеспечивающей автоматизацию движения большегрузных автомобилей в колонне при наличии водителя только в головной машине. На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, Тр − трансмиссия автомобиля, Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия. На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, , Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия, Р − регулятор скорости (система круиз-контроля), АТр − автоматическая (автоматизированная) трансмиссия автомобиля. На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, , Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия, АТр − автоматическая (автоматизированная) трансмиссия автомобиля, НР − нечеткий регулятор, ПР − процессор режимов автомобиля, ЦК − цифровая карта дороги, (Хг, Уг) − глобальные координаты местоположения автомобиля, определяемые по спутниковым данным. На рисунке 9 представлены все рассмотренные выше датчики и алгоритмы управления, входящие в бортовую информационно-управляющую систему, реализующую движение большегрузных автомобилей в колонне, при условии, что водитель находится только в первой машине. На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия, АТр − автоматическая (автоматизированная) трансмиссия автомобиля, НР − нечеткий регулятор, ПР − процессор режимов автомобиля, I - стратегические задачи, датчики и алгоритмы их реализующие; II – тактические задачи, датчики и алгоритмы их реализующие; III – локальные задачи, датчики и алгоритмы их реализующие.

**Key words part:** 0.8620689655172413

=================================

**TF-IDF\_KMeans/:** При этом, каждая подсистема шины CAN имеет собственную внутреннюю шину. На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, , Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия, Р − регулятор скорости (система круиз-контроля), АТр − автоматическая (автоматизированная) трансмиссия автомобиля. Схема управления адаптивного круиз-контроля. Данная система также должна обладать GPS/ GLONASS датчиком в каждой машине, позволяющим отследить ее местоположение; цифровой специализированной картой местности с возможностью прокладывания на ней маршрута; датчиками состояния дорожного полотна; набором датчиков и систем диагностики каждого автомобиля, включающих все основные агрегаты, а также уровень давления в шинах; набором дальномеров, не оставляющих слепых зон при движении автомобиля, а также системой распознавания образов. Одновременно, в случае смыкания колонны после разрыва, присоединения дополнительных машин, или же встраивания в колонну посторонних транспортных средств, система распознает автомобили, принадлежащие к данной колонне или не принадлежащие к ней, и принимает положительно/отрицательное решение о следовании за впереди идущим транспортным средством. Ключевым отличием от движения с использованием системы интеллектуального круиз-контроля заключается в том, что за счет синхронизации на втором уровне бортовой информационно-управляющей системы, посредством решений, принимаемых процессором и нечетким регулятором, осуществляется прямое воздействие на колеса. Структура системы управления автомобиля с бортовой управляющей системой, обеспечивающей движение большегрузных автомобилей в колонне.

**Key words part:** 0.8620689655172413

=================================

**Текст:** На данный момент большая часть производителей автомобилей, используют технологии Controller Area Network (CAN), объединяющие различные системы автомобиля в единую сеть, включающую в себя как многообразные датчики, электронные управляющие устройства, микропроцессоры и микропроцессорные контроллеры [7] (рис. 1), так и систему управления ими. Бортовая информационно-управляющая система состоит из сбора информации об обстановке; обработке данной информации по алгоритмам, соответствующим состоянию объекта, среды и условий движения транспортного средства; выработки сигналов управления и управления объектом [17].. . Рис. 1. Общая схема сети контроллеров CAN на большегрузных магистральных автомобилях. Данная система обрабатывает данные от GPS и GSM одновременно, а также измеряет расстояние до впереди идущего транспортного средства. При этом, каждая подсистема шины CAN имеет собственную внутреннюю шину. Так, к примеру, на легковых автомобилях Skoda функционируют подсистемы: CAN привода, CAN шасси, CAN extended, CAN комфорт и CAN информационно-командная. Пропускная способность шины CAN составляет около Кбит/с. Одновременно, в автомобили встроена вторая шина – LIN. Она более медленная (19,2 Кбит/с) и соединяет подушки безопасности, ремень безопасности, многофункциональное рулевое колесо, систему кондиционирования и магнитолу. Все эти функции, не смотря на их значимость в эксплуатации автомобиля, не столь чувствительны к скорости передачи данных, а также имеют более простую систему управления, используемую значительно реже [3]. Не смотря на высокую проработанность бортовых систем автомобилей, в том числе и грузовых, подобные системы на данный момент слабо изучены при движении машин в колонне и создании общей системы, позволяющей координировать действия автомобилей.. . Постановка задачи. Целью данной статьи является разработка архитектуры бортовой информационно-управляющей системы, обеспечивающей автоматизацию движения большегрузных автомобилей в колонне при наличии водителя только в головной машине.. Задача движения большегрузных автомобилей в колонне включает в себя некоторое количество более простых, вложенных задач, в частности:. · соблюдение и поддержка дистанции при движении с учетом получаемой информации о характере движения и окружающей среде;. · обеспечение целостности колонны при движении и восстановление целостности в случае ее размыкания;. · отслеживание препятствий и посторонних транспортных средства, встраивающихся в колонну, и при необходимости торможение или изменение траектории движения для избегания столкновения;. · подстройка режимов ускорения и торможения в зависимости от типа перевозимого груза или его отсутствия;. · экономия топлива за счет сокращения дистанции между автомобилями при синхронизации движения в колонне.. Можно говорить, о том, что движение в колонне большегрузных автомобилей представляет собой более развитую систему, базирующуюся на существующих алгоритмах круиз-контроля [7], что относится к классу интеллектуальных систем управления автомобилем [11]. Каждая система подобного класса должна соотноситься с основными принципами структурной организации интеллектуальных систем управления [15]:. 1. взаимодействие с окружающей внешней средой с использованием сети датчиков и информационных каналов связи;. 2. наличие функций самонастройки, самоорганизации и самообучения;. 3. наличие алгоритмов прогнозирования изменений окружающей среды и собственного поведения в динамически изменяющейся внешней среде;. 4. наличие многоуровневой иерархической структуры;. 5. стабильное функционирование при потере управляющих воздействий от высших уровней управляющей структуры.. . Обзор существующих наработок по структурным схемам круиз-контроля. Классическая структура управления автомобилем представляет собой совокупность воздействий, оказываемых водителем на исполнительные механизмы (ИМi), включающие в себя воздействие на тормозную систему, коробку передач, двигатель, а также руль (рис.2.).. . Рис. 2. Обобщенная структурная схема управления автомобиля. На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, Тр − трансмиссия автомобиля, Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия.. Важно указать, что фактическое воздействие на колеса осуществляется за счет всех четырех рассматриваемых исполнительных механизмов. При этом, воздействие от двигателя, в любом случае, структурно проходит через коробку передач. В то время как традиционные системы круиз-контроля грузовых автомобилей основаны на ПИД-алгоритмах. Обобщенная структурная схема системы управления автомобилем в режиме круиз-контроля представлена на рис. 3.. . Рис. 3. Структура системы управления автомобиля в режиме круиз-контроля. На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, , Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия, Р − регулятор скорости (система круиз-контроля), АТр − автоматическая (автоматизированная) трансмиссия автомобиля.. Ключевым отличием от структурной схемы управления автомобилем является ограниченность действий водителя, который может воздействовать исключительно на колеса или же на тормозную систему. В то время как регулятор, то есть круиз-контроль поддерживает заданную скорость, за счет воздействия на двигатель. Подобная система также включает в себя автоматическую коробку передач, подстраивающуюся под работу двигателя. Кроме того, датчик скорости обеспечивает формирование системы с обратной связью, что позволяет определить соответствие фактического значения скорости заданному.. Большая часть систем классического и адаптивного круиз-контроля работает по жестким алгоритмам в достаточно узком диапазоне изменения ряда дорожных параметров, практически не осуществляет оптимизацию эксплуатационных характеристик автомобиля. Использование нечеткого регулятора вместо ПИД-регулятора [26] также не решает оптимизационных задач, хотя и дает определенное улучшение динамических характеристик регулирования скорости автомобиля [4]. Основной проблемой низкой эффективности таких регуляторов можно назвать недостаточность входящих данных [21]. В действительности, многие версии круиз-контроля представляют собой закрытую систему, включающую в себя анализ препятствий при движении лишь в ближайшей зоне видимости и не рассматривающий заданный маршрут с учетом специфики рельефа [12]. Так, в Audi первоначально водитель должен был самостоятельно настраивать дистанцию до впереди идущего автомобиля, и лишь затем она стала частично-зависимой от скорости движения [1]. Позднее системы стали более адаптивными, в частности, скорость реакции системы может быть изменена согласно предпочтениям водителя в пределах конструктивных ограничений [10]. Общая схема автомобиля, снабженного системой адаптивного круиз-контроля, представлена на рисунке 4 [9, 22].. . Рис.4. Компоненты системы адаптивного круиз-контроля компании Bosch. На рисунке: 1 - ЕСU управления работой двигателя; 2 - блок проверки работы радиолокационного датчика; 3 - блок управления работай тормозов при включении круиз-контроля; 4 - контрольные приборы и блок индикации; 5 - блок управления двигателем при включении круиз-контроля; 6 - датчики; 7 - блок управления трансмиссией при включении круиз-контроля.. Схема адаптивного круиз-контроля компании Bosch представлена на рисунке 5 [5].. . Рис. 5. Схема управления адаптивного круиз-контроля. Таким образом, принципиально важна разработка интеллектуального круиз-контроля (рис.6) [2].. . Рис. 6. Структура системы управления автомобиля с интеллектуальным круиз-контролем. На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, , Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия, АТр − автоматическая (автоматизированная) трансмиссия автомобиля, НР − нечеткий регулятор, ПР − процессор режимов автомобиля, ЦК − цифровая карта дороги, (Хг, Уг) − глобальные координаты местоположения автомобиля, определяемые по спутниковым данным.. В системе интеллектуального круиз-контроля используется информация со специализированных географических карт, интегрируемая с данными GPS [27]. Специализированные географические карты включают в себя данные о склонах дороги, поворотах и иной спецификации дорог. В итоге аппаратура и бортовой вычислитель смогут распознать рельеф дороги и организовать оптимальный режим работы двигателя и выбрать наилучший скоростной режим автомобиля [7].. Входными параметрами системы, включающей в себя дорожные карты и связь со спутниками GPS/GLONASS, являются [6]:. · координаты широты, долготы и высоты K={x, y, z} местоположения транспортного средства по данным средств спутниковой навигации М1 и М2;. · вектор настроечных параметров R системы оцифровки траектории движения;. · параметры метода аппроксимации W={mi, d} где mi – алгоритм аппроксимации, d – диапазон аппроксимируемых координат траектории движения;. · поток видеоинформации VR под передним мостом;. · вектор значений сигналов Zt в моменты времени t от одометра;. · вектор продольных и поперечных уклонов Gt={p, r} в моменты времени t от датчика угла наклона, установленного на задней оси.. Выходными параметрами системы являются: оцифрованная траектория движения мобильного объекта T, оценка погрешности ∆ позиционирования АТС, поток видеоинформации VR под передним мостом АТС, координаты K текущего местоположения АТС, углы наклона Gt={p, r} дорожного полотна.. Таким образом, система получает возможность прогнозирования дороги вне пределов видимости и действия дальномеров, на несколько километров вперед, что позволяет оптимизировать прикладываемое усилие, а также существенно экономить топливо.. Реализация данной системы представлена на рисунке 7.. . Рис.7. Структурная схема системы оцифровки траектории движения автомобиля с использованием средств спутниковой навигацией. Важной отличительной особенностью современных дальномеров, используемых в системах круиз-контроля, является то, что в зависимости от скорости движения, изменяется угол анализа дорожной ситуации. В общем случае, закономерность описывается следующим образом: по мере увеличения скорости, обозреваемый угол сокращается, при этом анализируемое расстояние увеличивается [20, 25]. Именно поэтому, для обеспечения безопасного движения на высокой скорости, плотность дальномеров необходимо увеличивать. В современных системах круиз-контроля на легковых автомобилях устанавливается более 6 датчиков в передней и задней частях автомобиля. Для большегрузных машин, такое число должно быть соответственно увеличено.. . . Архитектура разрабатываемой бортовой информационно-управляющей системы, обеспечивающей движение автомобилей в колонне. Бортовая информационно-управляющая система, обеспечивающая автоматизацию движения большегрузных автомобилей в колонне, стоится на основе существующих разработок в области интеллектуального круиз-контроля, развивая их. Система предполагает наличие водителя исключительно в первой машине и движение всех остальных машин в режиме, не требующем действий человека. Данная система также должна обладать GPS/ GLONASS датчиком в каждой машине, позволяющим отследить ее местоположение; цифровой специализированной картой местности с возможностью прокладывания на ней маршрута; датчиками состояния дорожного полотна; набором датчиков и систем диагностики каждого автомобиля, включающих все основные агрегаты, а также уровень давления в шинах; набором дальномеров, не оставляющих слепых зон при движении автомобиля, а также системой распознавания образов. При этом, наиболее важной системой обеспечения интегрированности информации является объединение всех автомобилей в единую wi-fi сеть с большим радиусом действия. В алгоритмах управления большегрузными автомобилями при движении в колонне также существенную роль играет возможность выбора типа груза или его отсутствия на программном уровне, что также позволяет адаптировать динамику движения автомобиля к текущим задачам.. Рассмотрим некоторые особенности функционирования предложенного набора датчиков и систем. В первую очередь, отметим, что маршрут может быть перестроен в процессе движения как по причине изменения конечного или промежуточного пункта назначения, так и за счет изменения дорожных условий. К примеру, появлению препятствий на пути, требующих объезда с использованием альтернативной дороги. Особенностью движения автомобилей в колонне, является возможность разрыва колонны. В случае разрыва колонны, впереди идущие машины должны получить информацию от отстающих и несколько снизить скорость движения. В то время как отстающая часть должна продолжать движение с заданной скоростью. Отметим, что все машины продолжают следование по маршруту, а водитель получает оповещение о том, что часть колонны отстает, а также о количестве отстающих машин.. Датчики состояния дорожного полотна измеряют толщину слоя воды, снега и льда на поверхности дорожного полотна, а также его температуру. Измерения слоя воды, снега и льда реализуется за счет анализа интенсивности отраженного сигнала от их поверхности, а температуры – за счет измерения интенсивности потока инфракрасного излучения с помощью пирометра [23]. По результатам измерений температуры поверхности дорожного полотна, толщины слоя воды, снега, льда микропроцессором рассчитывается коэффициент сцепления колес автомобиля с поверхностью дорожного полотна.. Большая часть современных большегрузных автомобилей обладают системами диагностики всех основных агрегатов. Однако форма предоставления информации рассчитана на наличие водителя в машине. В то время как при движении в колонне, предполагается наличие водителя только в первой машине. Именно поэтому, получаемая с датчиков информация должна в первую очередь обрабатываться нечетким регулятором, определяющим уровень неисправности автомобиля, а затем подаваться водителю первой машины, с учетом сформированного уровня оценки неисправности. По аналогии с технологиями, предлагаемыми компанией Tesla, для управления их беспилотным автомобилем, бортовая информационно-управляющая система будет выводить информацию водителю первой машины на мультимедийный планшет с функцией мультитача [10]. Подобная система вывода является одной из наиболее универсальных, а также легко расширяемых и настраиваемых под текущие задачи движения. Таким образом, в случае изменения набора получаемых сигналов с датчиков, издержки для вывода нового набора водителю будут минимальны.. Для примера приведем алгоритм системы диагностирования тормозной системы по параметрам эффективности (рис.8) [14].. . Рис.8. Алгоритм системы диагностирования тормозной системы по параметрам эффективности. В случае, если произошел разрыв колонны, и датчики зафиксировали неисправность в автомобиле, движущемся без водителя, сигнал все равно передается водителю из первой машины и в случае отсутствия отклика, происходит остановка всей колонны.. Кроме того, одним из важнейших элементов бортовой информационно-управляющей системы является набором дальномеров, не оставляющих слепых зон при движении автомобиля. Дальномеры и информация, получаемая с них, является первичной при движении автомобиля в беспилотном режиме. Именно эта информация позволяет избегать столкновения или многих других проблем при движении. В случае, если система дальномеров фиксирует препятствие дальнейшему движению или его приближение, автомобиль останавливается или меняет траекторию движения. Сигнал головной машине передается в случае, если произошло ДТП или же в случае разрыва колонны в результате выполняемого маневра.. Система распознавания образов необходима для поддержания целостности колонны. Данная система позволяет распознавать сигналы светофоров и иные внешние сигналы, влияющие на движение колонны. Одновременно, в случае смыкания колонны после разрыва, присоединения дополнительных машин, или же встраивания в колонну посторонних транспортных средств, система распознает автомобили, принадлежащие к данной колонне или не принадлежащие к ней, и принимает положительно/отрицательное решение о следовании за впереди идущим транспортным средством. В случае встраивания посторонних транспортных средств в колонну, система активирует соответствующий алгоритм смыкания колонны.. Как уж указывалось ранее, важной частью алгоритмов управления движением большегрузных автомобилей в колонне является выбор типа груза, что может накладывать ограничения на характер движения.. Единая wi-fi сеть, обеспечивающая целостность информационного пространства колонны обеспечивает не только передачу информации о состоянии машин, но и управляющие воздействия. Ранее, уже указывалось, что в случае неисправности, водитель передает управляющее воздействие на автомобиль, однако данный тип воздействия скорее исключение, чем правило. В то время как сигналы о начале движения, торможении, ускорении и поворотах передаются от головной машины ко всем автомобилям в каждом случае. В результате, достигается повышение быстроты реакции, а также корректировки движения колонны в целом, что позволяет сократить и удерживать на минимальном уровне расстояние между автомобилями. По сути, подобная передача сигналов обеспечивает возможность синхронизации автомобилей. Отметим также, что, несмотря на синхронизацию, на более низком уровне в каждом большегрузном автомобиле постоянно функционирует система адаптивного и/ или интеллектуального круиз-контроля, включающая в себя нечеткий регулятор.. Таким образом, следуя логике иерархической бортовой системы управления большегрузным магистральным автомобилем можно выделить три уровня решаемых системой задач [8]:. · верхний, стратегический, сценарный;. · средний, тактический, ситуационный;. · нижний, оперативный, локальный.. На рисунке 9 представлена структурная иерархическая схема бортовой информационно-управляющей системы, реализующей движение большегрузных автомобилей в колонне. На первом уровне (I) отражены стратегические задачи, на втором (II) – тактические, а на третьем (III) – локальные.. . Рис.9. Структурная иерархическая схема бортовой информационно-управляющей системы, реализующей движение большегрузных автомобилей в колонне. На рисунке 9 представлены все рассмотренные выше датчики и алгоритмы управления, входящие в бортовую информационно-управляющую систему, реализующую движение большегрузных автомобилей в колонне, при условии, что водитель находится только в первой машине. Важно отметить, что в первую очередь реализуются процессы наиболее низкого уровня, а лишь затем более высокого. Иными словами, система избегания столкновения, реализующаяся за счет системы дальномеров и обработки данных с них, является приоритетной в сравнении с синхронизацией движения и следованию маршруту.. На рисунке 10 представлена структура системы управления автомобиля с бортовой управляющей системой, обеспечивающей движение большегрузных автомобилей в колонне. Отметим, что процессор и нечеткий регулятор на данной схеме рассматриваются как две части одного блока управления. Кроме того, учитывая объем различных внешних параметров, датчиков и систем управления, необходимых для обеспечения движения большегрузных автомобилей в колонне, с водителем только в первом автомобиле, их совокупность отражена упрощенной схемой рисунка 6 и представлена в виде трехуровневой пирамиды. При этом, сам алгоритм воздействия на основные агрегаты автомобилей при нормальном стабильном движении не изменяется. То есть, система управляет в автоматизированном режиме разгоном, торможением и траекторией движения. Ключевым отличием от движения с использованием системы интеллектуального круиз-контроля заключается в том, что за счет синхронизации на втором уровне бортовой информационно-управляющей системы, посредством решений, принимаемых процессором и нечетким регулятором, осуществляется прямое воздействие на колеса.. . Рис. 10. Структура системы управления автомобиля с бортовой управляющей системой, обеспечивающей движение большегрузных автомобилей в колонне. На структурной схеме: ИМi − исполнительные механизмы, Дв − двигатель, Кол − система колес, ДС − датчик скорости, ТС − тормозная система, Y − поперечная координата траектории движения автомобиля, Vx − продольная скорость движения автомобиля, G − коэффициент силовой передачи, В − тормозное воздействие, Fc − сила сопротивления движению автомобиля, fc − помеховые воздействия, АТр − автоматическая (автоматизированная) трансмиссия автомобиля, НР − нечеткий регулятор, ПР − процессор режимов автомобиля, I - стратегические задачи, датчики и алгоритмы их реализующие; II – тактические задачи, датчики и алгоритмы их реализующие; III – локальные задачи, датчики и алгоритмы их реализующие.. . Заключение. Таким образом, разрабатываемая бортовая информационно-управляющая система, реализующая движение большегрузных автомобилей в колонне, основана на существующих системах интеллектуального круиз-конроля, расширяя и дополняя их. Данная система, система позволяет обеспечивать движение в колоне при наличии водителя только в первом автомобиле, что существенно снижает издержки на перевозку грузов. При этом, синхронизация управляющих воздействий, подаваемых на двигатель, тормозную систему и колеса, позволяет сократить расстояние между автомобилями, что также влияет на снижение расхода топлива.. Важным элементом системы является ее иерархичность, где на верхнем уровне находятся стратегические задачи, на среднем – тактические, а на нижнем – локальные. При этом, в первую очередь реализуются процессы наиболее низкого уровня, а лишь затем более высокого..