

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042033**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.12.29

(21) Номер заявки
202190209

(22) Дата подачи заявки
2021.02.04

(51) Int. Cl. **B61L 3/00** (2006.01)
B61K 9/00 (2006.01)
B60K 31/00 (2006.01)
G05D 1/00 (2006.01)
G05D 13/00 (2006.01)
G06K 9/20 (2006.01)
G06K 9/46 (2006.01)
G06K 9/66 (2006.01)
G06K 9/72 (2006.01)
G06N 3/00 (2006.01)
G06N 3/02 (2006.01)
G06N 3/063 (2006.01)
G06N 3/067 (2006.01)
H04N 13/00 (2018.01)

(54) **БОРТОВАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ЛОКОМОТИВА ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРЕПЯТСТВИЙ**

(43) **2022.08.31**

(96) **2021000012 (RU) 2021.02.04**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО "РОССИЙСКИЕ
ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ" (ОАО
"РЖД") (RU)**

(72) Изобретатель:
**Охотников Андрей Леонидович,
Королев Иван Николаевич,
Дейлид Иван Анатольевич, Попов
Павел Александрович, Кудряшов
Сергей Васильевич, Лелюхин
Дмитрий Олегович, Раков Дмитрий
Алексеевич, Суханов Роман
Александрович (RU)**

(74) Представитель:
Наумова М.А. (RU)

(56) US-A1-20190258251

МАЩЕНКО П.Е. Метод визуального распознавания местности NetVLAD для локализации локомотива. Статья [онлайн]. Автоматика, связь, информатика 2020-10 [найдено 2021-06-22]. Найдено в <<https://www.locotech-signal.ru/wp-content/uploads/2020/10/%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82.pdf>>

Система "машинного зрения" для электропоездов передана РЖД для тестирования [онлайн]. ИА Красная Весна, 2019-06-26 [найдено 2021-06-22]. Найдено в <<https://rossaprimavera.ru/news/333fee90>>

ПОПОВ П. Применение систем машинного зрения для железнодорожного транспорта [онлайн]. JSC NIAS 2020-12-01 [найдено 2021-06-22]. Найдено в <https://www.all-over-ip.ru/hubfs/AoIP%20ADAPT/AoIP_1-12-2020_%D0%9F%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2.pdf> hsLang=ru>

(57) Изобретение относится к бортовым системам технического зрения железнодорожного транспорта. Технический результат заключается в повышении точности, достоверности и скорости обработки данных для определения и идентификации объектов-препятствий на пути движения поезда. Бортовая система технического зрения для определения и идентификации препятствий, содержит видеокамеры, лидары, тепловизоры, которые соответственно через блок обработки изображений, блок фильтрации и кластеризации и блок улучшения изображения и детекции соединены с соответствующими входами блока хранения и обработки информации, состоящего из модуля нейронной сети первого уровня, модуля статического обнаружения объекта, модуля динамического обнаружения объекта, модуля восстановления изображения, модуля определения метеоусловий, модуля обнаружения объектов от стереопар и модуля обнаружения объектов от лидаров, выходы блока хранения и обработки информации соединены с соответствующими входами вычислителя, состоящего из модуля нейронной сети второго уровня, блока комплексирования, включающего модуль слежения за объектами и модуль управления объектами, выход которого является выходом блока комплексирования и соединен с входом блока определения характеристик объекта, выход которого соединен с первым входом блока сравнения объектов и рельсовой колеи, второй вход которого соединен с выходом блока обнаружения рельсовой колеи, а дополнительный вход соединен с дополнительным

B1**042033****042033****B1**

выходом модуля нейронной сети второго уровня, а его выход подключен к входу блока формирования управляющих решений.

042033 B1

042033 B1

Изобретение относится к бортовым системам технического зрения локомотива (электропоезда) на железнодорожном транспорте и может быть использовано в составе системы автоматизированного/автоматического управления движением поездов.

Известна интеллектуальная система технического зрения беспилотного летательного аппарата, представляющая собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из бортового вычислителя на основе одноплатного компьютера с платой расширения на базе 32-разрядного контроллера для реализации возможности обработки сигналов в реальном масштабе времени с использованием нейронной сети, и инерционного измерительного блока, аппаратно расположенного на плате расширения; бортовой видеокамеры для получения видеопотока и передачи его в бортовой вычислитель по стандартному USB-интерфейсу, RGB-D-камеры для получения поля глубин в области видимости устройства и передачи его на бортовой вычислитель по стандартному USB-интерфейсу; полетного контроллера, связанного через разводку системы управления корпуса беспилотного летательного аппарата с платой расширения для распределения и передачи команд, управляющих частотой вращения двигателей и используемого для управления системой стабилизации беспилотного летательного аппарата, приемника радиосигналов для приема сигналов от сторонней системы управления и передачи их для обработки в бортовой вычислитель по стандартному последовательному интерфейсу связи S.BUS, вращающегося лазерного сканера-дальномера для определения расстояний до объектов окружающей среды и передачи этой информации в бортовой вычислитель по стандартному последовательному интерфейсу связи UART, стационарного лазерного дальномера для определения точечных расстояний до объектов окружающей среды и передачи этой информации в бортовой вычислитель по стандартному последовательному интерфейсу связи UART, причём инерционный измерительный блок состоит из гироскопа, определяющего угловую скорость вращения вокруг собственных осей X, Y и Z, акселерометра, определяющего величину ускорения свободного падения по осям X, Y, и Z, компаса, определяющего углы между собственными осями сенсора X, Y и Z и силовыми линиями магнитного поля Земли, барометра, определяющего атмосферное давление, высоту над уровнем моря и температуру, а управляющие сигналы на контроллеры скорости осуществляются методом широтно-импульсной модуляции (RU 195749 U1, В64С 13/10, 05.02.2020).

Недостатками данного устройства являются его ограниченность применения только для летательных аппаратов в воздушном пространстве с минимальной вероятностью встречи с препятствиями, а применяемые методы ограничивают применимость алгоритмов реконструкции изображения, основанные на использовании небольшого количества снимков.

Известен роботизированный пожарный комплекс с системой технического зрения, содержащий два и более пожарных робота, включающих в себя лафетный ствол с приводами вертикального и горизонтального наведения, насадок с приводом изменения угла распыливания струи, дисковый затвор с приводом, датчик давления и местный пульт управления, соединенные с блоком коммутации, устройство обнаружения загорания и устройство теленаблюдения, соединенные с устройством идентификации очага загорания и определения его координат, соединенным с устройством управления и отображения информации, в котором формируются управляющие команды по наведению пожарных роботов и пожаротушению, которое соединено с блоком коммутации и через приемно-контрольное устройство - с адресными пожарными извещателями, система технического зрения включает в себя двухканальные телекамеры с видеоканалом и телеканалом в ИК-диапазоне, установленные на пожарных роботах, соединенные со входом устройства идентификации очага загорания и определения его координат с программой цифровой обработки телесигнала в ИК-диапазоне и со входом устройства распознавания струи и определения ее координат с программой цифровой обработки видеосигнала, соединенных на выходе с устройством управления и видеомонитором (RU 2433847C1, А62С 31/00, 20.11.2011).

Недостатками данного устройства являются его ограниченность применения только для осуществления прицельного пожаротушения, применяемых датчиков и отсутствие применения нейронной сети, что снижает точность определения направления пожаротушения.

В качестве прототипа выбрана система выявления объектов в данных с датчиков, содержащая один или более компонентов датчиков, выполненных с возможностью получать первый поток данных с датчиков и второй поток данных с датчиков, при этом каждый из первого потока и второго потока содержат множество кадров с датчика, компонент выявления, выполненный с возможностью формировать сцепленную карту признаков на основании кадра с датчика первого типа и кадра с датчика второго типа и выявлять один или более объектов на основании сцепленной карты признаков, и систему автоматического вождения или систему содействия вождению транспортного средства, выполненные с возможностью выполнения маневра вождения на транспортном средстве на основании одного или более выявленных объектов, при этом одно или более из формирования и выявления содержит формирование или выявление с использованием нейронной сети с рекуррентной связью, которая подает информацию о признаках или объектах из предыдущих кадров (RU 2701051 C2, G06K 9/46, 24.09.2019).

Это техническое решение предназначено для управления автономным автомобильным транспортным средством и для содействия вождению и используется для обеспечения безопасности, уменьшения объема пользовательского ввода данных или его полного устранения. Система выявляет возможность существования аварии или удара, предотвращает аварию путем вмешательства и управления тормозами,

рулем транспортного средства или выполнения других маневр для уклонения или обеспечения безопасности. Выявление объектов на основании данных с датчиков часто необходимо, чтобы давать системам автоматического вождения или системам содействия вождению возможность безопасно идентифицировать и уклоняться от препятствий или ездить безопасно.

Недостатками данного устройства является невозможность его использования на рельсовом транспорте, поскольку оно не учитывает специфику, а также параметры движения поезда (повышенные скорости и увеличенный тормозной путь) в условиях скоростного и высокоскоростного движения, ограниченное применение нейронной сети с рекуррентной связью, которая содержит информацию о признаках или объектах из предыдущих кадров, методов и алгоритмов для улучшения изображений, обнаружения и идентификации объектов на основании данных от датчиков. Кроме того, оно выполнено без учета современных средств, методов и алгоритмов для обнаружения и идентификации препятствий в случае поддержки принятия решений машиниста или автоматического управления поездом в условиях ограниченного времени.

Технический результат заключается в повышении точности, достоверности и скорости обработки данных для определения и идентификации объектов-препятствий на пути движения поезда.

Технический результат достигается тем, что бортовая система технического зрения локомотива (электропоезда) для определения и идентификации препятствий на железнодорожном транспорте содержит видеочамеры, лидары, тепловизоры, которые соответственно через блок обработки изображений, блок фильтрации и кластеризации и блок улучшения изображения и детекции соединены с соответствующими входами блока хранения и обработки информации, состоящего из модуля нейронной сети первого уровня, модуля статического обнаружения объекта, модуля динамического обнаружения объекта, модуля восстановления изображения, модуля определения метеоусловий, модуля обнаружения объектов от стереопар и модуля обнаружения объектов от лидаров, выходы блока хранения и обработки информации, соединены с соответствующими входами вычислителя состоящего из модуля нейронной сети второго уровня, блока комплексирования, включающего модуль слежения за объектами и модуль управления объектами, выход которого является выходом блока комплексирования и соединен с входом блока определения характеристик объекта, выход которого соединен с первым входом блока сравнения объектов и рельсовой колеи, второй вход которого соединен с выходом блока обнаружения рельсовой колеи, а дополнительный вход соединен с дополнительным выходом модуля нейронной сети второго уровня, а его выход подключен ко входу блока формирования управляющих решений, состоящего из модуля формирования управляющего воздействия для реализации функции автоматизированного/автоматического управления поездом и модуля формирования информационного сигнала для информирования машиниста или диспетчера с правами удаленного/дистанционного доступа через блок связи и передачи данных, выход которого является выходом устройства.

На чертеже представлена функциональная схема бортовой системы технического зрения для определения и идентификации препятствий.

Бортовая система технического зрения для определения и идентификации препятствий содержит видеочамеры 1, лидары 2, тепловизоры 3, которые соответственно через блок 4 обработки изображений, блок 5 фильтрации и кластеризации и блок 6 улучшения изображения и детекции соединены с соответствующими входами блока 7 хранения и обработки информации, состоящего из модуля 8 нейронной сети первого уровня, модуля 9 статического обнаружения объекта, модуля 10 динамического обнаружения объекта, модуля 11 восстановления изображения, модуля 12 определения метеоусловий, модуля 13 обнаружения объектов от стереопар и модуля 14 обнаружения объектов от лидаров, выходы блока 7 хранения и обработки информации, соединены с соответствующими входами вычислителя 15 состоящего из модуля 17 нейронной сети второго уровня, блока 16 комплексирования, включающего модуль 18 слежения за объектами и модуль 19 управления объектами, выход которого является выходом блока 16 комплексирования и соединен со входом блока 21 определения характеристик объекта, выход которого соединен с первым входом блока 22 сравнения объектов и рельсовой колеи, второй вход которого соединен с выходом блока 20 обнаружения рельсовой колеи, а дополнительный вход соединен с дополнительным выходом модуля 17 нейронной сети второго уровня, а его выход подключен ко входу блока 23 формирования управляющих решений, состоящего из модуля 24 формирования управляющего воздействия для реализации функции автоматизированного/автоматического управления поездом и модуля 25 формирования информационного сигнала для информирования машиниста или диспетчера с правами удаленного/дистанционного доступа через блок 26 связи и передачи данных, выход которого является выходом устройства.

Бортовая система технического зрения для определения и идентификации препятствий работает следующим образом.

После подачи питания на устройство видеочамеры 1, лидары 2, тепловизоры 3 (в единичном или в количестве по N штук в зависимости от типа тягового подвижного состава или задач локомотива) сканируют окружающую среду (внешнюю ситуацию) по направлению движения поезда, определяют параметры ситуационной информации перед локомотивом на предмет определения объектов-препятствий на пути в габаритах поезда и/или объектов инфраструктуры железнодорожного пути, а также отслеживают

рельсовую колею. Первичная информация от каждого датчика (сенсора) поступает в соответствующий блок, связанный с каждым типом датчика, для предварительной обработки данных путем применения вычислительных алгоритмов и методов с целью выявления сенсорных объектов. Так с выхода видеокамеры 1 на вход блока 4 обработки изображений передается информация для ее обработки, сегментации и детекции на формируемых картах изображений и 3D реконструкции изображений, включая обнаружение колеи (растры) с помощью статических методов анализа данных и аугментации, реализуемых модулем 9 статического обнаружения, модулем 13 обнаружения объектов от стереопар, модулем 12 определения метеоусловий и модулем 8 нейронной сети первого уровня, которые входят в состав блока 7 хранения и обработки информации, с выхода которого формируется объект видеокамеры. Причем обнаружение рельсовой колеи осуществляется по результатам семантической сегментации колеи. Предварительно глубокие нейронные сети должны быть обучены в равных условиях, с разделением на обучающую и валидационную части. Исходное изображение от датчика (сенсора) проходит этапы - наложение маски колеи; аугментация изображения; предсказание нейронной сети, обученной на исходных данных; предсказание нейронной сети, обученной на аугментированных данных.

С выхода лидара 2 на вход блока 5 фильтрации и кластеризации передается информация в виде данных для ее фильтрации и кластеризации из облака точек с помощью методов и алгоритмов, используемых совместно с модулем 8 нейронной сети, модулем 14 обнаружения объектов от лидаров и модулем 10 динамического обнаружения, которые входят в состав блока 7 хранения и обработки информации, с выхода которого формируется объект лидара.

С выхода тепловизора 3 на вход блока 6 улучшения изображения и детекции передаются данные в виде тепловых контуров для их обработки, улучшения изображения и детекции. По результатам обработки объекта тепловизора с применением методов и алгоритмов, заложенных в модуле 8 нейронной сети первого уровня, модуле 11 восстановления изображения, модуле 10 динамического обнаружения, которые входят в состав блока 7 хранения и обработки информации, с выхода которого формируется объект тепловизора.

Информация о сформированных объектах видеокамер, лидаров и тепловизоров поступают на входы вычислителя 15, входы которого являются входами блока 16 комплексирования, состоящего из модуля 18 вычисления слежения за объектами и модуля 19 управления объектами. Блок 16 комплексирования объединяет полученные данные сенсорных объектов видеокамер 1, лидаров 2 и тепловизоров 3 и модуля 17 нейронной сети второго уровня с целью определения и прогнозирования состояния (траектории) объекта-препятствия, причем данные сенсорных объектов от видеокамер и тепловизоров первоначально обрабатываются нейронной сетью в модуле 17, а затем комплексироваются с сенсорными данными от лидаров. Задача рационального объединения и обработки информации от различных измерителей решается с помощью линейного алгоритма фильтра Калмана. Главный эффект от комплексирования заключается в получении принципиально новой информации - глобального объекта, которая не может быть получена только датчиками одного типа. Такой подход разгружает каналы передачи информации от больших (избыточных) потоков данных, идущих непосредственно от датчиков, и позволяет снизить требования к вычислительной мощности вычислительного устройства верхнего уровня структуры системы управления движением поезда.

С выхода блока 16 комплексирования информация поступает в блок 21 определения характеристик объекта, где с помощью алгоритмов и методов (фильтр Калмана, формирование матрицы ассоциаций, венгерский алгоритм) прогнозируется траектория объекта с привязкой к цифровой карте и идентифицируется глобальный объект (препятствие) с его параметрами (класс, траектория и скорость). Информация о глобальном объекте и его траектории поступает в блок 22 сравнения объектов и рельсовой колеи, где сравнивается с образами объектов (для их идентификации), формируемые в модуле 17 нейронной сети второго уровня и координатами рельсовой колеи (для определения габарита), формируемые в блоке 20 обнаружения рельсовой колеи. Полученная из блока 22 сравнения объектов и рельсовой колеи информация в случае подтверждения наличия объекта-препятствия в габарите движения поезда и его идентификации передается на вход блока 23 формирования управляющих решений, состоящего из модуля 24 формирования управляющего воздействия и модуля 25 формирования информационного сигнала.

Модуль 24 формирования управляющего воздействия формирует сигнал для систем управления поездом о служебном или аварийном торможении. Модуль 25 формирования информационного сигнала направляет служебное сообщение на устройство индикации (на чертеже не показано) в кабине машиниста (со звуковым оповещением) или на терминал диспетчера в Центре дистанционного контроля и управления о возможной аварийной ситуации для формирования управляющих воздействий по безопасному управлению поездом через блок 26 связи и передачи данных.

Таким образом, бортовая система технического зрения для определения и идентификации препятствий может быть использована для реализации возможных сценариев управляющих воздействий, полученных с ее выхода, которая в процессе автоматизированного управления используются для помощи машинисту, а в случае реализации системы управления движением поезда в автоматическом режиме - как самостоятельное реагирование на внешнюю ситуацию при движении поезда. При движении поезда устройство определяет и идентифицирует возможные препятствия на пути движения локомотива и со-

общает машинисту информацию о наличии такого препятствия и/или в автоматическом режиме определяет порядок реагирования на возникшую ситуацию –осуществляет служебное или аварийное торможение.

Устройство позволяет оценивать окружающую обстановку за счет ее постоянного сканирования на предмет появления на железнодорожных путях или в габарите поезда опасных предметов (объектов) без учета физиологического и психического состояния машиниста, а также в сложных погодных условиях, что повышает уровень безопасности движения поездов при автоматизированном управлении, а также обеспечивает движение поезда в автоматическом режиме.

Предлагаемая бортовая система технического зрения локомотива для определения и идентификации препятствий позволяет повысить точность обнаружения препятствий для предварительного предупреждения об аварийных ситуациях, снижает частоту ложных тревог и пропущенных тревог, а также реализует всепогодное определение препятствий и предупреждение столкновений с ними различными видами рельсового транспортного средства.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Бортовая система технического зрения для определения и идентификации препятствий, содержащая видекамеры, лидары, тепловизоры, которые соответственно через блок обработки изображений, блок фильтрации и кластеризации и блок улучшения изображения и детекции соединены с соответствующими входами блока хранения и обработки информации, состоящего из модуля нейронной сети первого уровня, модуля статического обнаружения объекта, модуля динамического обнаружения объекта, модуля восстановления изображения, модуля определения метеоусловий, модуля обнаружения объектов от стереопар и модуля обнаружения объектов от лидаров, выходы блока хранения и обработки информации, соединены с соответствующими входами вычислителя состоящего из модуля нейронной сети второго уровня, блока комплексирования, включающего модуль слежения за объектами и модуль управления объектами, выход которого является выходом блока комплексирования и соединен с входом блока определения характеристик объекта, выход которого соединен с первым входом блока сравнения объектов и рельсовой колеи, второй вход которого соединен с выходом блока обнаружения рельсовой колеи, а дополнительный вход соединен с дополнительным выходом модуля нейронной сети второго уровня, а его выход подключен к входу блока формирования управляющих решений, состоящего из модуля формирования управляющего воздействия для реализации функции автоматизированного/автоматического управления поездом и модуля формирования информационного сигнала для информирования машиниста или диспетчера с правами удаленного/дистанционного доступа через блок связи и передачи данных, выход которого является выходом устройства.

