

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **043594**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.06.05**

(21) Номер заявки  
**202190211**

(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) **УСТРОЙСТВО ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИИ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ ПО ДАННЫМ СТЕРЕОКАМЕР**

(43) **2022.08.31**

(96) **2021000010 (RU) 2021.02.04**

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

(72) Изобретатель:  
**Дейлид Иван Анатольевич, Суханов  
Роман Александрович, Апрышко  
Юлия Владимировна, Попов Павел  
Александрович, Мыльников Павел  
Дмитриевич, Охотников Андрей  
Леонидович (RU)**

(74) Представитель:  
**Наумова М.А. (RU)**

(56) US-A1-20190258251  
US-B2-9796400

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>>

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/hubs/AoIP%20ADAPT/AoIP\\_1-12-2020\\_%D0%9F%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2.pdf?hsLang=ru](https://www.all-over-ip.ru/hubs/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 обработки информации об окружающей обстановке скоростного электропоезда и может быть использовано в составе системы технического зрения для управления движением электропоездов. Технический результат изобретения заключается в повышении точности определения объектов на пути следования скоростного электропоезда за счет получения данных о пути, позволяющем провести ассоциацию объекта как в пределах изображения, так и в системе трехмерных координат. Устройство определения и фильтрации рельсовой колеи по данным стереокамер скоростного электропоезда содержит последовательно соединенные стереокамеру, блок захвата видеок кадров, блок семантической сегментации с подключенной к нему нейронной сетью, блок выбора ключевых точек, блок построения графа, блок построения 3D карты рельсовой колеи и блок определения координат рельсовой колеи, ко второму входу которого подключен блок цифровой карты пути, причем дополнительный выход блока захвата видеок кадров соединен со входом блока формирования карты глубины, выход которого подключен ко второму входу блока построения 3D карты рельсовой колеи, причем выходом устройства является выход блока определения координат рельсовой колеи.

**043594 B1**

**043594 B1**

Изобретение относится к бортовым системам обработки информации об окружающей обстановке скоростного электропоезда и может быть использовано в составе системы технического зрения для управления движением электропоездов.

Известно устройство для управления локомотивом, содержащее бортовую систему безопасности и вычислительный модуль, размещенные в кабине, и видеокамеры, установленные снаружи кабины, устройство снабжено блоком сопряжения, синхронизатором, телескопической штангой с приводом выдвижения и блоком обработки видеосигналов, к которому подключены выходы видеокамер, синхровыходы которых соединены с выходом синхронизатора, причем видеокамеры по две с каждой боковой стороны смонтированы на гироскопических платформах, закрепленных на свободных концах секций телескопической штанги, выход блока обработки видеосигналов подключен к вычислительному модулю, соединенному с бортовой системой безопасности, первый выход вычислительного модуля соединен через блок сопряжения с управляющим входом привода выдвижения телескопической штанги, второй выход вычислительного модуля соединен с входом запуска синхронизатора (RU 120619, B61C 17/12, 27.09.2012).

Недостаток устройства заключается в невозможности автоматической проверки впередилежащего участка железнодорожного пути.

Известно устройство для отображения видеоинформации о впередилежащем участке железнодорожного пути и передачи ее на локомотив, содержащее измеритель геометрических размеров, соединенный с установленным в аппаратуре управления локомотивом микропроцессором, к которому подключен дисплей и блок записи и обработки сигналов изображения, со входом которого соединен блок передачи сигналов изображения, устройство снабжено блоком формирования сигналов предупреждения и блоком формирования масштабной сетки, которые подключены к микропроцессору, оптической камерой, соединенной с входом блока передачи сигналов изображения, а измеритель геометрических размеров выполнен в виде лазерного радара, при этом оптическая камера и измеритель геометрических размеров установлены на гироскопической платформе (RU 133077, B61K 9/00, 10.10.2013).

Недостаток устройства состоит в том, что информация о геометрических размерах рельсовой колеи не передается в аппаратуру управления локомотивом.

В качестве прототипа выбрано устройство видеонаблюдения с транспортного средства, содержащее оптическую камеру на стабилизируемой платформе, блок обработки изображений, блок передачи сигналов изображения, микропроцессор с подключенными к нему блоком формирования сигналов предупреждения и дисплеем, блок сопряжения, блок спутниковой навигационной системы, блок инерциальной системы управления, блок цифровой карты местности, блок телеметрической аппаратуры, причем выход оптической камеры подключен через блок передачи сигналов изображения к первому входу блока сопряжения, а выходы блока спутниковой навигационной системы, блока инерциальной системы управления, блока цифровой карты местности и выходы датчиков стабилизируемой платформы соответственно подключены ко второму, третьему, четвертому и пятому входам блока сопряжения, первый выход которого подключен через блок обработки изображений к микропроцессору, а второй - к блоку телеметрической аппаратуры (RU 155530, B61K 9/00, 10.10.2015).

Недостатком рассматриваемого устройства является большой объем аппаратурных средств и вычислительной информации, отсутствие методов комплексирования данных от видеокамер, навигационных датчиков и цифровой карты.

Технический результат изобретения заключается в повышении точности определения объектов на пути следования скоростного электропоезда за счет получения данных о пути, позволяющем провести ассоциацию объекта как в пределах изображения, так и в системе трехмерных координат.

Технический результат достигается тем, что в устройство определения и фильтрации рельсовой колеи по данным стереокамер скоростного электропоезда, содержащее оптическую камеру и блок цифровой карты пути, согласно изобретению введены последовательно соединенные блок захвата видеок кадров, блок семантической сегментации с подключенной к нему нейронной сетью, блок выбора ключевых точек, блок построения графа, блок построения 3D карты рельсовой колеи и блок определения координат рельсовой колеи, ко второму входу которого подключен блок цифровой карты пути, дополнительный выход блока захвата видеок кадров соединен со входом блока формирования карты глубины, выход которого подключен ко второму входу блока построения 3D карты рельсовой колеи, при этом в качестве оптической камеры использована стереокамера, а выходом устройства является выход блока определения координат рельсовой колеи (ПК).

Устройство выполняет следующие основные функции:

- семантическая сегментация колеи на кадре;
- выбор ключевых точек из массива;
- создание графа ключевых точек;
- построение карты глубины;
- трансформация 2D графа в 3D;
- фильтр графа по априорной информации.

При формировании представления о пути следования скоростного электропоезда используется трехмерная информация о пути, получаемая за счет ассоциации данных о глубине и семантической сег-

ментации кадра, а для фильтрации используется не только информация об изображении, но и априорная информация о колее (ширина колеи, допустимые расстояния между соседними путями, возможные схемы развязок и стрелок на эксплуатируемом участке железной дороги и т.п.).

В результате функционирования устройства формируется однозначное определение координат рельсовой колеи для дальнейшего сравнения с координатами объекта-препятствия и определения возможного попадания препятствия в габарит следования электропоезда и применения в случае возникновения опасной ситуации необходимых управляющих действий по предотвращению столкновения, включая служебное или экстренное торможение.

На чертеже (фиг. 1) представлена функциональная схема устройства определения и фильтрации рельсовой колеи по данным стереокамер скоростного электропоезда.

Устройство определения и фильтрации рельсовой колеи по данным стереокамер скоростного электропоезда содержит последовательно соединенные стереокамеру 1 блок 2 захвата видеок кадров, блок 3 семантической сегментации с подключенной к нему нейронной сетью 4, блок 5 выбора ключевых точек, блок 6 построения графа, блок 7 построения 3D карты рельсовой колеи и блок 8 определения координат рельсовой колеи, ко второму входу которого подключен блок 9 цифровой карты пути, причем дополнительный выход блока 2 захвата видеок кадров соединен со входом блока 10 формирования карты глубины, выход которого подключен ко второму входу блока 7 построения 3D карты рельсовой колеи, причем выходом устройства является выход блока 8 определения координат рельсовой колеи.

Устройство определения и фильтрации рельсовой колеи по данным стереокамер скоростного электропоезда работает следующим образом. На фиг. 2 приведен алгоритм, поясняющий функционирование устройства.

#### 1. Захват видеок кадров.

Видеоряд (кадры) от стереокамеры 1 скоростного электропоезда, синхронизированный по времени и частоте, подается на вход блока 2 захвата видеок кадров, где происходит проверка кадров на соответствие условиям синхронизации, после чего данные поступают на вход блока 3 семантической сегментации для дальнейшей обработки.

#### 2. Сегментация колеи на кадре.

На вход блока 3 семантической сегментации данные поступают с выхода блока 2 захвата видеок кадров для решения задачи семантической сегментации, в класс которой входят различные объекты инфраструктуры, в том числе и рельсовая колея. В этом блоке при помощи заранее обученных моделей нейронной сети 4 происходит создание маски рельсовой колеи на кадре, используемой далее.

#### 3. Построение карты глубины.

Одновременно с выхода блока 2 захвата видеок кадров данные из видеоряда стереокамеры 1 путем трансформации с помощью программного обеспечения и алгоритмов стереосопоставления видеок кадров поступают на вход блока 10 формирования карты глубины, где происходит построение карты глубины, которая представляет собой информацию о дистанции от матрицы камеры до каждой точки видимого пространства на кадре.

#### 4. Выбор ключевых точек.

Данные с блока 3 семантической сегментации поступают на вход блока 5 выбора ключевых точек, где из данных семантической сегментации извлекается маска колеи по кадру, на которой вычисляются ключевые точки, в которых координаты абсциссы являются координатами средних точек колеи, а координаты ординаты выбираются с некоторым зависящим от угла наклона и фокусного разрешения камеры периодом. С выхода блока 5 получаем набор ключевых точек на кадре, являющихся проекцией точек центральной оси колеи на кадр.

#### 5. Создание графа ключевых точек.

С выхода блока 5 выбора ключевых точек на вход блока 6 построения графа поступают данные для построения графа ближайших соседей между ключевыми точками, в котором фильтруются (удаляются) те ребра графа, которые пересекают пространство кадра, не относящееся к колее в маске семантической сегментации колеи. Полученный после фильтрации граф является графом железнодорожных путей на кадре.

#### 6. Трансформация 2D графа в 3D.

С выхода блока 6 построения графа на один из входов блока 7 построения 3D карты рельсовой колеи поступает информация о 2D точках графа (их координатах), отфильтрованных в блоке 6 построения графа ключевыми точками из блока 5 рельсовой колеи. Затем осуществляется трансформация 2D точек рельсовой колеи в трехмерные координаты за счет вычисления координат ключевых точек по карте глубины, поступающей с выхода блока 10 формирования карты глубины. Эта процедура позволяет получить информацию о путях в локальной системе координат и отфильтровать пути, не относящиеся к движению поезда.

#### 7. Фильтрация графа по априорной информации.

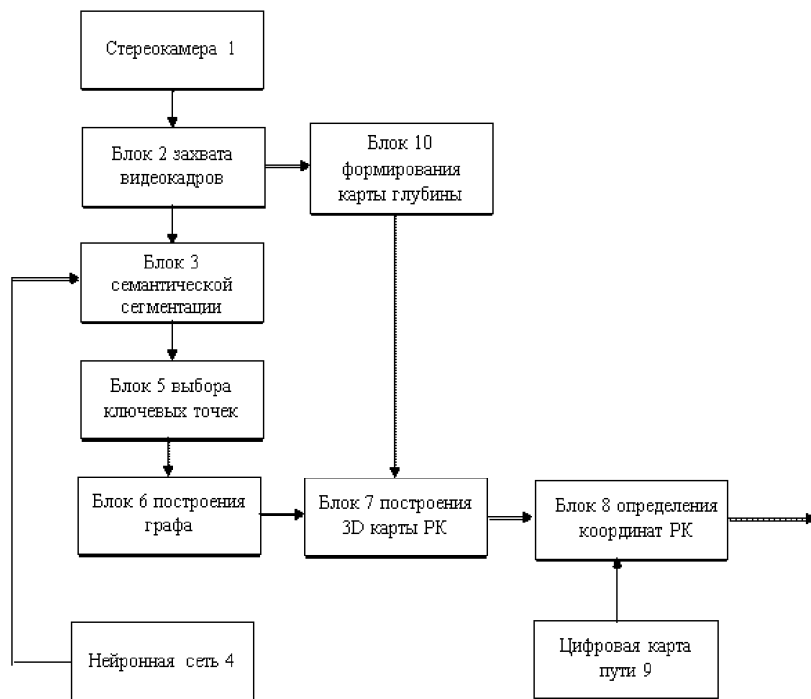
На один из входов блока 8 определения координат рельсовой колеи поступает информация от блока 7 построения 3D карты рельсовой колеи, где происходит сравнение координат полученной 3D карты рельсовой колеи с координатами цифровой карты пути из блока 9, что позволяет получить реальную инфор-

мацию о текущей рельсовой колее, по которой движется скоростной электропоезд в локальной системе координат (локомотив), и отфильтровать пути, не относящиеся к движению поезда.

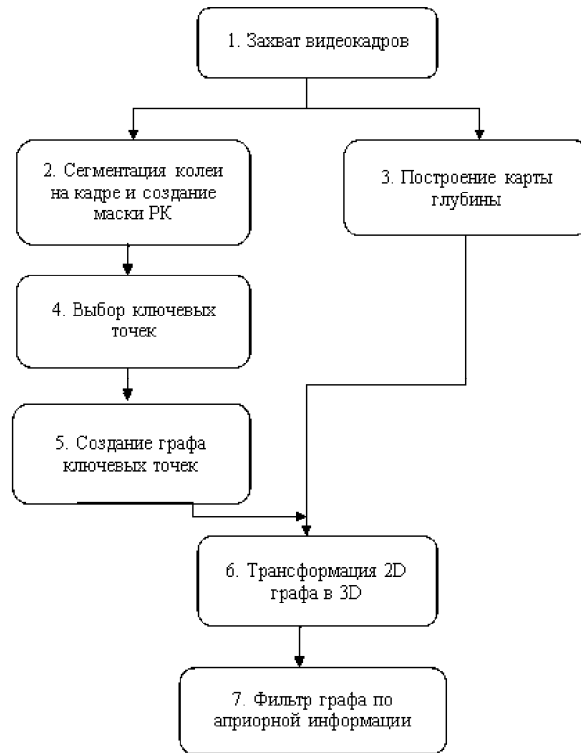
Реальные координаты рельсовой колее позволяют провести ассоциацию объекта-препятствия в пределах габарита следования электропоезда и применить в случае возникновения опасной ситуации необходимые управляющие действия в целях безопасного ведения электропоезда.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Устройство определения и фильтрации рельсовой колее по данным стереокамер скоростного электропоезда, содержащее оптическую камеру и блок цифровой карты пути, отличающееся тем, что в него введены последовательно соединенные блок захвата видеок кадров, блок семантической сегментации с подключенной к нему нейронной сетью, блок выбора ключевых точек, блок построения графа, блок построения 3D карты рельсовой колее и блок определения координат рельсовой колее, ко второму входу которого подключен блок цифровой карты пути, дополнительный выход блока захвата видеок кадров соединен со входом блока формирования карты глубины, выход которого подключен ко второму входу блока построения 3D карты рельсовой колее, при этом в качестве оптической камеры использована стереокамера, а выходом устройства является выход блока определения координат рельсовой колее.



Фиг. 1



Фиг. 2