

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042050**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.12.29

(21) Номер заявки
202190205

(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 9/54 (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 КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ДАННЫХ ОТ ОБНАРУЖЕННЫХ ПРЕПЯТСТВИЙ ДЛЯ СКОРОСТНОГО ЭЛЕКТРОПОЕЗДА**

(43) **2022.08.31**

(96) **2021000009 (RU) 2021.02.04**

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

**Иван Анатольевич, Попов Павел
Александрович, Охотников Андрей
Леонидович (RU)**

(74) Представитель:
Наумова М.А. (RU)

(72) Изобретатель:
**Иванов Вадим Федорович, Градусов
Александр Николаевич, Дейлид**

(56) **US-B2-9796400
US-A1-20190258251
US-A1-20160267331
US-A1-2010098297
US-A1-2015063630**

(57) Изобретение относится к бортовым системам технического зрения для определения внешней ситуации перед поездом в габаритах его движения и препятствий. Обеспечивается повышение точности и достоверности обработки данных для определения и идентификации объектов-препятствий на пути движения поезда и их траекторий. Устройство комплексирования данных от обнаруженных препятствий для скоростного электропоезда содержит оптико-электронный блок, последовательно соединенные блок временного выравнивания входных массивов и блок корректировки измерений координат с подключенной к нему нейросетью, выходы которых подключены к соответствующим входам блока слежения за объектами, состоящего из последовательно соединенных модуля габаритной фильтрации объектов, модуля прогнозирования состояния глобального объекта, модуля определения взаимосвязи объектов и модуля обновления состояния глобального объекта, выход которого через последовательно соединенные блок управления объектами и блок сравнения характеристик объектов подключен к первому входу блока идентификации объектов-препятствий, к второму входу которого подключен блок данных о координатах рельсового пути, выход блока идентификации объектов-препятствий является выходом устройства, входы блока временного выравнивания входных массивов и нейросети подключены к соответствующим выходам оптико-электронного блока.

B1**042050****042050****B1**

Изобретение относится к бортовым системам технического зрения для определения внешней ситуации перед поездом в габаритах его движения и препятствий и может быть использовано в системах для управления движением поездов.

Известно техническое решение для получения улучшенного изображения подстилающей поверхности, основанное на совмещении в бортовом компьютере сенсорной видеоинформации, полученной с помощью штатной видеокамеры, и синтезированной видеоинформации, сформированной по априорно заданной пространственной модели местности, введенной в память бортового компьютера, в которую вводят алгоритм функционирования виртуальной видеокамеры, осуществляющий перспективное преобразование виртуальной модели местности на картинную плоскость с параметрами, соответствующими угловым размерам поля зрения и разрешению в эффективных пикселях штатной видеокамеры, а в каждый текущий момент времени в бортовой компьютер вводят соответствующую сенсорную видеоинформацию и информацию о пространственном положении штатной видеокамеры (широта, долгота, высота, углы ее ориентации), по которой определяют параметры перспективного проецирования местности, затем на основе этих данных по пространственной модели местности формируют соответствующее текущее синтезированное изображение, на котором определяют и отмечают местоположение не менее двух известных топологических особенностей, заданных в априорно введенной пространственной модели местности, затем на сенсорном изображении находят местоположения топологических особенностей, тождественных топологическим особенностям, отмеченных на синтезированном изображении, после чего сопоставляют положения найденных топологических особенностей на сенсорном изображении и соответствующих топологических особенностей на синтезированном изображении, выявляют невязки расстояний между центрами соответствующих топологических особенностей и по выявленным различиям уточняют пространственное положение виртуальной видеокамеры за счет проведения процедуры минимизации функции суммарной невязки этих расстояний, затем производят временную фильтрацию уточненного пространственного положения с учетом предшествующих уточненных значений, с последующим формированием с помощью виртуальной камеры нового синтезированного изображения, а потом, суммируя сенсорное и новое синтезированное изображение, формируют микшированное представление подстилающей поверхности, которое и выводят на индикаторное устройство (RU 2591029, G06K 9/54, 10.07.2016). Основная идея алгоритма совмещения, предложенного в известном техническом решении, заключается в использовании произвольных устойчивых топологических особенностей, которые предварительно вносятся в пространственную модель местности, а также применяется фильтр Калмана для уточненных пространственных положений виртуальной камеры.

Недостатком известного технического решения является применение предварительно вносимых топологических особенностей с заранее ручным указанием на цифровой карте местности характерных областей, что требует больших временных затрат для их формирования на всех цифровых картах. Также такой подход накладывает ограничения на участки коррекции навигационных данных, так как коррекция будет происходить только там, где на цифровой карте отмечены топологические особенности.

Известно устройство синтезированного видения, включающее блок регистрации изображений, один выход которого соединен с входом модуля построения дерева изображений блока сегментатора, а второй соединен с входом модуля создания комплексного изображения блока совмещения, выход модуля построения дерева изображений соединен с пятью выполненными параллельными модулями простого сегментатора блока сегментатора, выходы модулей простого сегментатора соединены с входом модуля очереди блока классификатора, выход модуля очереди соединен с входом модуля дерева классификаторов блока классификатора, один из выходов модуля блока классификаторов соединен двухсторонней связью с входом модуля простого классификатора блока классификатора, а второй - с одним из входов блока визуализации, выход модуля создания комплексного изображения соединен с одним из входов модуля совмещения блока совмещения, другой вход модуля совмещения соединен с выходом модуля построения 3D-модели местности блока совмещения, вход модуля построения 3D-модели местности соединен с модулями баз данных цифровых карт местности и матриц высот, выход модуля совмещения соединен со вторым входом блока визуализации (RU 168333, G06T 15/08, 30.07.2017).

Основными особенностями известного устройства являются выполнение сегментатора по пирамидальной схеме, предполагающей сегментацию различных изображений на каждом уровне пирамиды разномасштабных изображений-представлений исходного изображения и дальнейшее объединение результатов сегментации с помощью соответствующей экспертной системы;

выполнение классификатора, состоящего из нейронных сетей прямого распространения без обратных связей, обучение которых выполняется с помощью генетического алгоритма с использованием грамматик графовой генерации Китано для кодирования структуры сети;

использование в корреляторе алгоритма ограниченных стохастических машин Больцмана;

введение дополнительных кеширующих банков памяти, позволяющих эвристически оптимизировать работу программно-аппаратного комплекса за счет кеширования отдельных результатов работы сегментатора и классификатора.

Недостатком этого устройства является высокая зависимость результатов работы классификатора

от объема и состава обучающей выборки. Устройство может давать некорректные результаты на типе подстилающей поверхности, которая не присутствовала в обучающей выборке.

В качестве прототипа выбрана навигационная комбинированная оптическая система, содержащая оптико-электронную систему, блок выделения и улучшения контуров, блок совмещения, формирователь комплексированного изображения, виртуальную модель местности, формирователь расширенного ракурса, корреляционно-экстремальный обработчик, вычислитель навигационных поправок, бесплатформенную инерциальную навигационную систему, блок выделения и улучшения контуров, позволяющий в реальном времени формировать контурное изображение подстилающей поверхности по данным, поступающим от оптико-электронной системы, которые впоследствии поступают в блок совмещения, который работает в поисковом и следящем режимах, где в первом режиме производится вычисление начальных коэффициентов прогнозной модели по данным, поступающим от бесплатформенной инерциальной навигационной системы, и передача данных в блок с оптимизированной версией корреляционно-экстремального алгоритма, содержащего два этапа сканирования по пространственным координатам и на каждом этапе по три уровня, обеспечивающих меньшее время нахождения максимума целевой функции, при перемещении в плоскости относительно расширенного контурного изображения виртуальной модели местности, поступающего из блока, формирующего расширенный ракурс, введение которого позволяет избежать перебора угловых координат по курсу и тангажу, а введение следящего режима позволяет прогнозировать навигационные данные, вести коррекцию навигационных параметров, при временном отсутствии информации от оптико-электронной системы, и обновлять прогнозную модель в реальном времени с учетом поправки, сформированной в поисковом режиме, а результирующая коррекция навигационных данных, а также управление режимами блока совмещения осуществляется в вычислителе навигационных поправок, от которого скорректированные навигационные данные поступают на виртуальную модель местности и формируют достоверное синтезированное изображение местности, которое комплексировано с информацией от оптико-электронной системы с помощью блока комплексирования изображений (RU 2694786, G01C 23/00, 16.07.2019).

К недостаткам известного решения можно отнести большой объем обрабатываемых данных и аппаратных средств для решения задачи позиционирования, отсутствие применения нейронной сети, которая повышает уровень определения объектов и решения навигационных задач.

Технический результат изобретения заключается в повышении точности и достоверности обработки данных для определения и идентификации объектов-препятствий на пути движения поезда, а также их параметров (скорости и координат).

Технический результат достигается тем, что в устройство комплексирования данных от обнаруженных препятствий для скоростного электропоезда, содержащее оптико-электронный блок, согласно изобретению введены последовательно соединенные блок временного выравнивания входных массивов и блок корректировки измерений координат с подключенной к нему нейросетью, выходы которых подключены к соответствующим входам блока слежения за объектами, состоящего из последовательно соединенных модуля габаритной фильтрации объектов, модуля прогнозирования состояния глобального объекта, модуля определения взаимосвязи объектов и модуля обновления состояния глобального объекта, выход которого через последовательно соединенные блок управления объектами и блок сравнения характеристик объектов подключен к первому входу блока идентификации объектов-препятствий, к второму входу которого подключен блок данных о координатах рельсового пути, выход блока идентификации объектов-препятствий является выходом устройства, входы блока временного выравнивания входных массивов и нейросети подключены к соответствующим выходам оптико-электронного блока.

Устройство с вышеперечисленной совокупностью признаков обеспечивает объединение данных сенсоров оптико-электронного блока электропоезда (локомотива), работающих на различных физических принципах и решает задачу определения внешней информационной ситуации перед поездом в габаритах его движения, идентификации препятствий и определения их параметров (класса, траектории и скорости их движения). Устройство выполняет следующие основные функции:

временное выравнивание входных массивов непоследовательных, асинхронных сенсорных объектов;

корректировка измерений нейросети;

слежение за объектами (трекинг);

взаимосвязь объектов;

управление объектами (в период существования);

сравнение характеристик объектов;

определение массива объектов-препятствий с параметрами их траекторий.

В результате функционирования устройства образуется массив объектов-препятствий, необходимый для управления электропоездом и формируемый на фиксированные моменты времени, следующие с заданной фиксированной периодичностью.

На фиг. 1 представлена функциональная схема устройства комплексирования данных от обнаруженных препятствий для скоростного электропоезда.

На фиг. 2 представлена обобщенная схема алгоритма функционирования устройства.

Устройство комплексирования данных от обнаруженных препятствий для скоростного электропоезда содержит оптико-электронный блок 1, последовательно соединенные блок 2 временного выравнивания входных массивов и блок 3 корректировки измерений координат с подключенной к нему нейросетью 4, выходы которых подключены к соответствующим входам блока 5 слежения за объектами, состоящего из последовательно соединенных модуля 6 габаритной фильтрации объектов, модуля 7 прогнозирования состояния глобального объекта, модуля 8 определения взаимосвязи объектов и модуля 9 обновления состояния глобального объекта, выход которого через последовательно соединенные блок 10 управления объектами и блок 11 сравнения характеристик объектов подключен к первому входу блока 12 идентификации объектов-препятствий, к второму входу которого подключен блок 13 данных о координатах рельсового пути, выход блока 12 идентификации объектов-препятствий является выходом устройства, входы блока 2 временного выравнивания входных массивов и нейросети 4 подключены к соответствующим выходам оптико-электронного блока 1.

Устройство комплексирования данных от обнаруженных препятствий для скоростного электропоезда работает следующим образом.

Алгоритм комплексирования в устройстве (фиг. 2) запускается строго по событию программируемого таймера запуска (на чертеже не показан) с заданным периодом времени, который инициирует работу блоков устройства. В текущий период времени обрабатываются данные за предыдущий период. Далее последовательно выполняются следующие действия.

1. Временное выравнивание входных массивов осуществляется блоком 2, на вход которого поступают данные от оптико-электронного блока 1 (включающие сенсоры: камеры, тепловизоры и лидары). Данные объектов от различных сенсоров поступают в обработку асинхронно, т.е. с разной частотой и временными задержками, поэтому данные об объектах, пришедшие за интервал времени, равный одному или нескольким периодам обработки от всех сенсоров, сохраняются во внутренней памяти блока, а затем сортируются по времени захвата данных сенсорами (датчиками). С выхода блока 2 получаем данные об сенсорных объектах отсортированные по времени их захвата.

2. Корректировка измерений координат осуществляется в блоке 3. В блоке 3 осуществляется корректировка координат объектов от видеокamer, распознанных нейросетью и поступающих на вход указанного блока. Так как измеренные координаты имеют систематическую погрешность, то для полноценной работы алгоритма комплексирования необходимо корректировать эти измерения в соответствии с заданной калибровочной зависимостью. Калибровочная зависимость представляет собой две кусочно-линейные функции от расстояния x до объекта: величины калибровочных поправок $dx(x)$ и среднеквадратической ошибки измерения координат $std(x)$.

Для осуществления корректировки блок 3 корректировки измерений координат функционирует следующим образом.

Определяется номер i элемента массива расстояний x , справа от которого лежит данное измерение x_m

$$x_i \leq x_m \leq x_{i+1}$$

Выполняется вычисление среднеквадратической ошибки измерения

$$k = \frac{x_m - x_i}{x_{i+1} - x_i}$$

$$std = \sqrt{(1 - k)^2 \cdot std_i^2 + k^2 \cdot std_{i+1}^2}$$

Вычисляется поправка к координате

$$a = \frac{dx_{i+1} - dx_i}{x_{i+1} - x_i}$$

$$b = dx_i - a \cdot x_i$$

$$x_m += a \cdot x_m + b$$

На выходе блока 3 получаем данные о сенсорном объекте с скорректированными координатами.

3. Слежение за объектами (трекинг) осуществляется блоком 5 слежения за объектами.

Блок 5 решает следующие функциональные задачи:

прогнозирование состояния глобального объекта в части координатной информации на требуемый интервал времени;

определение взаимосвязи сенсорных объектов с глобальными;

обновление состояния глобального объекта в части координатной информации;

фильтрация объектов за счет применения габаритной фильтрации объектов.

Для исключения ложных глобальных и сенсорных объектов в модуле 6 габаритной фильтрации объектов при наличии крупногабаритных объектов, таких как вагон, локомотив, электропоезд, автомобиль и т.п., используется габаритный фильтр. В основе работы его лежит следующий принцип. Для классифицированных нейросетью 4 глобальных объектов по видеоданным, на основе априорных данных о

его габарите возможно определение вокруг такого объекта области, в пределах которой невозможно нахождение других объектов. Поэтому в случае попадания в габаритную область более одного сенсорного или глобального объекта такие объекты удаляются, что в итоге и обеспечивает уменьшение числа ложных глобальных объектов.

Область габаритной фильтрации объектов ограничивается

слева и справа размерами (габаритами) объекта;

дальняя граница может продлеваться за пределы габарита объекта, если системой технического зрения невозможно наблюдение других объектов, находящихся за ним;

ближняя граница сдвигается от объекта по направлению к электропоезду на величину максимальной погрешности определения расстояния до объекта.

Прогнозирование и обновление состояния (в части информации о координатах и скорости) глобального объекта (кандидата в глобальные объекты) представляют собой части единого процесса калмановской фильтрации (модули 7 и 9). В модулях применен алгоритм расширенного фильтра Калмана с постоянной скоростью. Обновление состояния объекта осуществляется в модуле 9 только при условии наличия ассоциации (установленной связи) между одним глобальным и одним сенсорным объектом.

Для установления связи глобальных и сенсорных объектов относительно предсказанных состояний глобальных объектов и наблюдаемых состояний сенсорных объектов (текущих измерений) используется модуль 8 определения взаимосвязи объектов, в котором применяется метод глобального соседа, реализованный на основе венгерского алгоритма. В качестве меры для определения связи между объектами используется расстояние Махаланобиса. Для минимизации ложных тревог, а также для снижения вычислительной нагрузки после произведения ассоциаций, все не ассоциированные измерения, лежащие внутри стробов объектов, удаляются из дальнейшего рассмотрения. Таким образом, новые объекты могут быть созданы только измерениями, лежащими вне стробов всех подтвержденных на данном этапе объектов.

На выходе блока 5 слежения за объектами получаем данные о текущем состоянии объектов (кандидатов и глобальных) за которыми осуществляется слежение.

4. Управление полученными объектами (диспетчеризация цикла существования) осуществляется блоком 10 управления объектами.

С выхода блока 5 слежения за объектами данные поступают на вход блока 10 управления объектами, где производятся действия по управлению состоянием (существованию) объектов. Объекты, регулярно ассоциирующиеся с измерениями (измеряемые объекты в поле зрения оптико-электронного блока 1), подтверждают свое существование и становятся глобальными объектами (ГО). Объекты, переставшие ассоциироваться, должны быть удалены из списка. Вновь появляющиеся от датчиков оптико-электронного блока сенсорные объекты (СО) и не принадлежащие стробам ни одного из глобальных объектов объявляются кандидатами в глобальные объекты (КГО).

На подтверждение объекта (перехода из состояния кандидата в глобальный) дается промежуток времени T_{conf} . Объект и его траектория считаются подтвержденными, если за это время счетчик попаданий измерений в строб превысил соответствующий порог хотя бы по одному из сенсоров

$$N_i > C_i, \text{ для } i \in [1; M],$$

где N_i - счетчик попаданий для i -го сенсора;

C_i - порог попаданий для i -го сенсора;

M - число сенсоров.

Если же за отведенное время T_{conf} число попаданий измерений в строб ни по одному из сенсоров не превысило порог

$$N_i \leq C_i, \text{ для } i \in [1; M],$$

то объект удаляется как неподтвержденный.

После перевода объекта в статус подтвержденного (глобального) производится контроль на удаление. Если в строб подтвержденного (глобального) объекта не попадало измерений в течение последних T_{del} секунд ни по одному из сенсоров, он удаляется

$$t_{\text{current}} - t_{\text{update}}^{(i)} > T_{\text{del}} \text{ для } i \in [1; M]$$

где t_{current} - время текущего шага обновления трека,

$t_{\text{update}}^{(i)}$ - время последнего обновления i -го сенсора для данного трека.

На выходе блока имеем данные о состоянии объектов кандидатов и глобальных объектов с их координатами.

5. Сравнение характеристик объектов.

Данные с блока 10 управления объектами поступают на вход блока 11 сравнения характеристик объектов, где определяется класс глобального объекта, подтверждаемого различными сенсорами, в процессе сравнения характеристик объектов. Используется алгоритм однозначного связывания классов объектов лидара и нейронной сети в соответствие с таблицей.

Соответствие классов объектов для нейросети и датчиков

Сенсоры	Нейросеть
BIG (большой)	CAR (электropоезд, локомотив, вагон,...)
MEDIUM (средний)	— (авто, животное)
SMALL (маленький)	PERSON (человек)

Нейросеть, определяющая заданные объекты на изображениях от видеокамер, имеет более высокую достоверность (приоритет) в определении класса объектов по сравнению со средствами обнаружения объектов других сенсоров (лидаров), поэтому при наличии в истории сопровождения объекта ассоциированных измерений от разных сенсоров, объекту присваивается класс, определенный нейросетью. Присвоение осуществляется по порогу - объект габарита типа BIG может быть переведен в тип CAR только, если количество ассоциированных измерений от нейросети в истории сопровождения объекта превышает порог. Для объектов типа SMALL/PERSON логика аналогичная.

На выходе блока 10 получаем уточненную информацию о классе объектов, за которыми осуществляется слежение, и их параметрах.

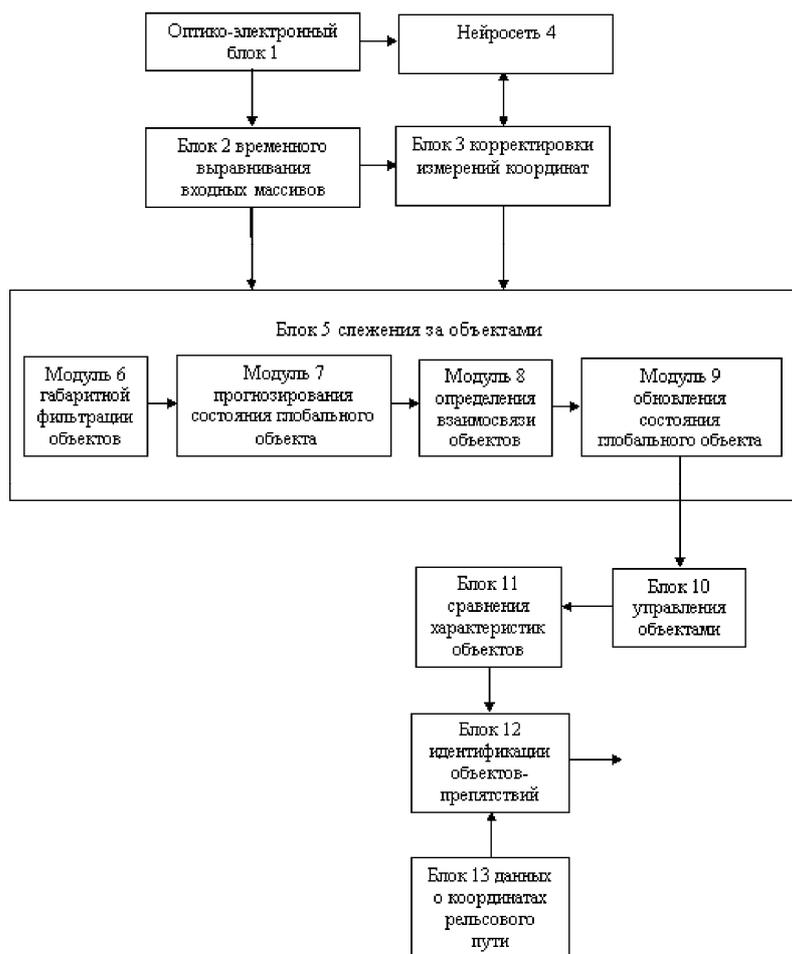
6. Идентификация объектов-препятствий осуществляется блоком 12 идентификации объектов-препятствий.

Входные данные о координатах объектов от блока 11 сравнения характеристик объектов сравниваются с данными о координатах рельсового пути, которые выдаются блоком 13 данных о координатах рельсового пути, и в случае попадания глобального объекта в габариты электропоезда, находящегося на этих рельсовых путях, объект идентифицируется как препятствие.

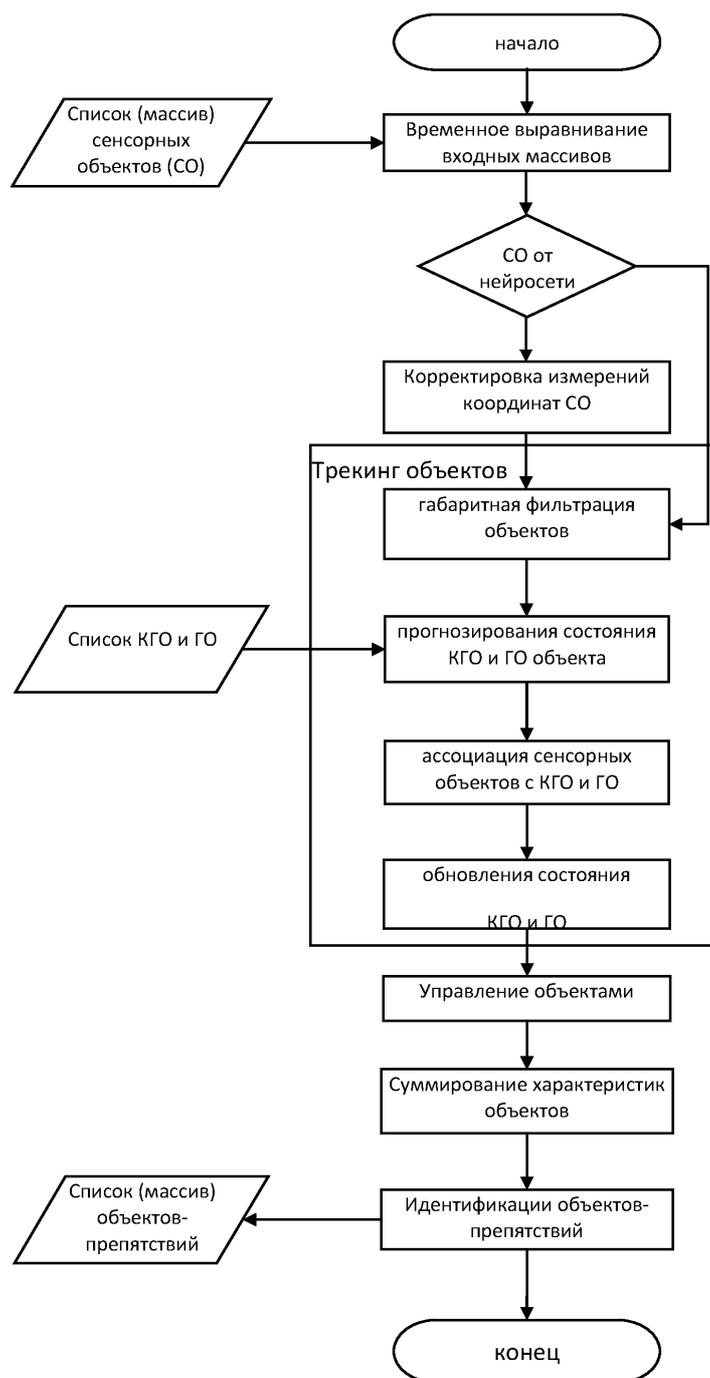
На выходе устройства комплексирования данных об обнаружении препятствий для скоростного электропоезда (выход блока 12) формируется массив (список) объектов-препятствий, содержащий информацию о координатах, скорости, расстоянии и классе объекта-препятствия, необходимый для принятия решений при управлении электропоездом для его безопасного следования по маршруту.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Устройство комплексирования данных от обнаруженных препятствий для скоростного электропоезда, содержащее оптико-электронный блок, отличающееся тем, что в него введены последовательно соединенные блок временного выравнивания входных массивов и блок корректировки измерений координат с подключенной к нему нейросетью, выходы которых подключены к соответствующим входам блока слежения за объектами, состоящего из последовательно соединенных модуля габаритной фильтрации объектов, модуля прогнозирования состояния глобального объекта, модуля определения взаимосвязи объектов и модуля обновления состояния глобального объекта, выход которого через последовательно соединенные блок управления объектами и блок сравнения характеристик объектов подключен к первому входу блока идентификации объектов-препятствий, к второму входу которого подключен блок данных о координатах рельсового пути, выход блока идентификации объектов-препятствий является выходом устройства, входы блока временного выравнивания входных массивов и нейросети подключены к соответствующим выходам оптико-электронного блока.



Фиг. 1



Фиг. 2

