(19) Евразийское патентное ведомство

(21) 202291773 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2022.08.16

(22) Дата подачи заявки
2020.12.16

(51) Int. Cl. ***G01N 21/84*** (2006.01)
G01N 21/94 (2006.01)
G06N 3/02 (2006.01)
G06N 3/08 (2006.01)
G08G 1/017 (2006.01)
G01B 11/00 (2006.01)
H04B 1/59 (2006.01)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ АНАЛИЗА ПОЛЕЗНОГО ГРУЗА, ТРАНСПОРТИРУЕМОГО В ГРУЗОВОМ КОНТЕЙНЕРЕ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

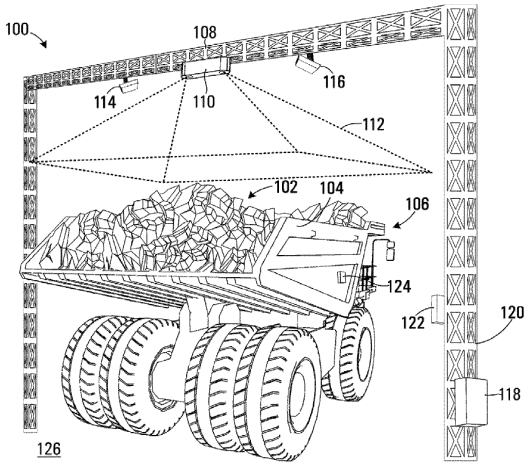
(31) **62/949,299**
(32) **2019.12.17**
(33) **US**
(86) **PCT/CA2020/051729**
(87) **WO 2021/119813 2021.06.24**

(71) Заявитель:
МОУШН МЕТРИКС ИНТЕРНЭШНЛ КОРП. (CA)

(72) Изобретатель:
Тафазоли Биланди Шахрам, Нураниан Саман, Тернер Глен Ричард Флойд, Чу Хаобин, Чау Иноч, Каримифард Саид, Самети Мохаммед (CA)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Раскрыто устройство для анализа полезного груза, транспортируемого в грузовом контейнере транспортного средства. Устройство содержит камеру, расположенную с возможностью последовательного получения изображений транспортных средств, пересекающих поле обзора камеры. Устройство также содержит по меньшей мере один процессор, имеющий связь с камерой, причем указанный по меньшей мере один процессор функционально выполнен с возможностью выбора по меньшей мере одного изображения из последовательно полученных изображений в ответ на вероятность того, что транспортное средство и грузовой контейнер груза находятся в пределах поля обзора на указанном по меньшей мере одном изображении, и на то, что данные изображения, связанные с указанным по меньшей мере одним изображением, удовлетворяют критерию пригодности для дальнейшей обработки. Дальнейшая обработка включает инициирование обработки указанным по меньшей мере одним процессором выбранного изображения для идентификации интересующей области полезного груза в пределах изображения и проведения анализа полезного груза внутри идентифицированной интересующей области полезного груза на основе данных изображения, связанных с указанным по меньшей мере одним изображением.



202291773 A1

202291773 A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-574731EA/042

УСТРОЙСТВО ДЛЯ АНАЛИЗА ПОЛЕЗНОГО ГРУЗА, ТРАНСПОРТИРУЕМОГО В ГРУЗОВОМ КОНТЕЙНЕРЕ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

1. Область техники

Настоящее изобретение в целом относится к обработке полученных изображений и, более конкретно, к получению и обработке изображений транспортного средства для анализа полезного груза, перевозимого в грузовом контейнере транспортного средства.

2. Уровень техники

Крупногабаритные транспортные средства обычно используются для транспортировки полезного груза на открытой платформе транспортного средства. Например, при горных работах карьерные погрузочные машины и экскаваторы загружают рудный полезный груз на карьерный самосвал для транспортировки к месту обработки. Характер и объем рудного полезного груза зачастую имеют важное значение, поскольку обработка на последующих этапах может быть рассчитана на полезный груз, не содержащий крупных валунов или других нежелательных материалов, таких как отломанные зубья, которые могут приводить к повреждению оборудования во время последующей обработки полезного груза. Другим важным аспектом может быть степень фрагментации или гранулометрический состав руды в полезном грузе. При горных работах, вследствие крупных габаритов оборудования, задействованного в погрузке добытой руды, и высоких капитальных затрат на него мониторинг полезного груза способен обеспечивать безопасную и/или эффективную работу задействованного оборудования. Остается потребность в способах и системах для обнаружения валунов и оценки гранулометрического состава.

РАСКРЫТИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Согласно одному раскрытому аспекту, предложено устройство для анализа полезного груза, транспортируемого в грузовом контейнере транспортного средства. Устройство содержит камеру, расположенную с возможностью последовательного получения изображений транспортных средств, пересекающих поле обзора камеры. Устройство также содержит по меньшей мере один процессор, имеющий связь с камерой, причем указанный по меньшей мере один процессор функционально выполнен с возможностью выбора по меньшей мере одного изображения из последовательно полученных изображений в ответ на вероятность того, что транспортное средство и грузовой контейнер груза находятся в пределах поля обзора на указанном по меньшей мере одном изображении, и на то, что данные изображения, связанные с указанным по меньшей мере одним изображением, удовлетворяют критерию пригодности для дальнейшей обработки. Дальнейшая обработка включает обработку, с помощью указанного по меньшей мере одного процессора, выбранного изображения для идентификации интересующей области полезного груза на изображении и проведение анализа полезного груза внутри идентифицированной интересующей области полезного

груза на основе данных изображения, связанных с указанным по меньшей мере одним изображением.

Указанный по меньшей мере один процессор может быть функционально выполнен с возможностью выбора указанного по меньшей мере одного изображения путем генерирования трехмерных данных в виде облака точек для последовательно полученных изображений, определения плотности точек указанных данных в виде облака точек и сравнения этой плотности точек с пороговой плотностью точек для определения того, имеет ли место соответствие указанному критерию пригодности.

Указанный по меньшей мере один процессор может быть функционально выполнен с возможностью предварительной обработки указанных трехмерных данных в виде облака точек для выбранного изображения перед проведением анализа полезного груза, причем указанная предварительная обработка может включать в себя по меньшей мере одно из следующего: удаление координат тех из облака точек, которые находятся ниже ожидаемой высоты грузоопорного основания грузового контейнера относительно окружающей земной поверхности; и удаление координат тех из облака точек, которые находятся вне подобласти облака точек в пределах облака точек, причем указанная подобласть облака точек меньше облака точек.

Указанный по меньшей мере один процессор может быть дополнительно функционально выполнен с возможностью выбора, для дальнейшей обработки, одного из следующих: изображения, имеющего наивысшую плотность точек, первого изображения, имеющего плотность точек, превышающую пороговую плотность точек, и множества изображений, которые имеют плотность точек, превышающую пороговую плотность точек, если определено, что критерию пригодности соответствует множество изображений.

Процессор может быть дополнительно функционально выполнен с возможностью генерирования уровня достоверности при обработке выбранного изображения для идентификации интересующей области полезного груза, причем указанный уровень достоверности выражает количественную оценку достоверности того, что идентифицированная интересующая область содержит полезный груз, и указанный уровень достоверности может использоваться по меньшей мере частично для определения того, имеет ли место соответствие критерию пригодности для выбранного изображения.

Указанный по меньшей мере один процессор может быть функционально выполнен с возможностью выбора множества изображений из последовательно полученных изображений, причем каждое из указанного множества изображений обеспечивает отличный от других вид полезного груза, и указанный по меньшей мере один процессор может быть функционально выполнен с возможностью осуществления дополнительной обработки для каждого из указанного множества изображений для проведения анализа полезного груза.

Камера может быть расположена над транспортным средством, и поле обзора может быть ориентировано вниз для получения изображений верхней поверхности

полезного груза, которая открыта благодаря открытой верхней стороне грузового контейнера.

Указанный по меньшей мере один процессор может содержать встроенный процессор, имеющий связь с камерой, этот встроенный процессор может быть функционально выполнен с возможностью инициирования передачи данных изображения для выбранного изображения на удаленный процессор, и дальнейшая обработка выполняется этим удаленным процессором.

Встроенный процессор может содержать интерфейс глобальной сети связи, и этот встроенный процессор может быть функционально выполнен с возможностью загрузки выбранного изображения в удаленный процессор через глобальную сеть связи.

Указанный по меньшей мере один процессор может быть функционально выполнен с возможностью инициирования создания сигнала предупреждения в ответ на результаты анализа полезного груза, соответствующие критерию предупреждения.

Устройство может дополнительно содержать сигнализатор для предупреждения, функционально выполненный с возможностью генерирования звукового или визуального сигнала для предупреждения оператора.

Указанный по меньшей мере один процессор может быть функционально выполнен с возможностью обработки первого и второго двумерных изображений с разных перспективных точек обзора для создания трехмерного облака точек, содержащего трехмерные координаты транспортного средства и грузового контейнера.

Камера может содержать одно из следующих: первый и второй датчики изображения, которые смещены для получения соответственно первого и второго двумерных изображений с разных перспективных точек обзора; и один датчик изображения, функционально выполненный с возможностью получения первого и второго изображений, отстоящих друг от друга по времени, таким образом, что перемещение транспортного средства при пересечении поля обзора обеспечивает разные перспективные точки обзора для первого и второго изображений.

Указанный по меньшей мере один процессор может быть функционально выполнен с возможностью обработки одного из соответствующих двумерных изображений для идентификации интересующей области полезного груза в двумерном представлении и с возможностью генерирования результатов анализа полезного груза путем обработки двумерных данных внутри интересующей области полезного груза, причем указанный по меньшей мере один процессор функционально выполнен с возможностью использования трехмерного облака точек для генерирования масштабирующей информации для анализа полезного груза.

Указанный по меньшей мере один процессор может быть функционально выполнен с возможностью обработки выбранного изображения для идентификации интересующей области полезного груза с использованием обученной нейронной сети для получения выходных данных, локализующих интересующую область внутри выбранного изображения.

Устройство может включать в себя функцию обучения нейронной сети с использованием по меньшей мере одного из набора изображений репрезентативных грузовых контейнеров, которые были предварительно маркированы человеком, и алгоритма неконтролируемого обучения, реализуемого для выделения шаблонов в данных изображения.

Нейронная сеть может содержать сверточную нейронную сеть на основе маскирующей области.

Указанный по меньшей мере один процессор может быть функционально выполнен с возможностью обработки выбранного изображения посредством по меньшей мере одного из следующих: обработки данных изображения для усиления затененных областей перед выполнением анализа полезного груза; выполнения очистки выбранного изображения для коррекции искажений изображения, создаваемых съемочной оптикой, связанной с камерой, перед идентификации интересующей области полезного груза; и прореживания пикселей исходного выбранного изображения для получения прореженного изображения, имеющего уменьшенное количество пикселей, перед идентификацией интересующей области полезного груза.

Выходные данные нейронной сети обеспечивают возможность идентификации граничные пикселей, демаркирующих интересующую область полезного груза внутри прореженного изображения, и проведение анализа полезного груза может включать в себя определение соответствующих граничных пикселей на исходном выбранном изображении и обработку участков исходного выбранного изображения внутри соответствующих граничных пикселей.

Указанный по меньшей мере один процессор может быть функционально выполнен с возможностью определения размеров грузового контейнера транспортного средства посредством одного из следующих: определения идентификатора транспортного средства, связанного с выбранным изображением, и считывания из базы данных параметров, определяющих размеры грузового контейнера, для идентифицированного транспортного средства; и выполнения дальнейшей обработки для транспортного средства с пустым грузовым контейнером и определения размеров грузового контейнера на основе пустого грузового контейнера.

Указанный по меньшей мере один процессор может быть функционально выполнен с возможностью осуществления идентификации транспортного средства посредством одного из следующих: обработки по меньшей мере одного из последовательных изображений для выделения идентификатора транспортного средства, обозначенного на автомобиле, в пределах поля обзора камеры; приема идентификатора от датчика для радиочастотной идентификации (radio-frequency identification, RFID), расположенного с возможностью считывания RFID-метки, размещенной на транспортном средстве; и обработки по меньшей мере одного из полученных последовательных изображений с использованием нейронной сети, которая была предварительно обучена генерированию идентификатора транспортного средства на основе полученного

изображения.

Процессор может быть функционально выполнен с возможностью проведения анализа полезного груза путем определения объема полезного груза посредством определения высоты заполнения полезным грузом внутренней области грузового контейнера на основе трехмерных координат для точек внутри интересующей области полезного груза и вычисления объема полезного груза на основе высоты заполнения полезным грузом и определенных размеров грузового контейнера.

Процессор может быть функционально выполнен с возможностью проведения анализа полезного груза путем идентификации постороннего объекта в пределах полезного груза.

Процессор может быть функционально выполнен с возможностью идентификации постороннего объекта посредством обработки инфракрасных изображений полезного груза, причем указанный посторонний объект идентифицируют путем обнаружения электромагнитного излучения с длинами волн в инфракрасном диапазоне.

Процессор может быть функционально выполнен с возможностью проведения анализа полезного груза путем вычисления смещения груза, и процессор дополнительно может быть функционально выполнен с возможностью генерирования предупреждения о неравномерной загрузке, если смещение груза превышает определенное максимальное смещение груза.

Процессор может быть функционально выполнен с возможностью проведения анализа полезного груза путем анализа сегментации в интересующей области полезного груза для определения размеров отличимых частей полезного груза.

Процессор может быть функционально выполнен с возможностью инициирования создания сигнала предупреждения в ответ на то, что по меньшей мере одна отличимая часть превышает пороговый размер или идентифицирована как объект, не являющийся полезным грузом,

Полезный груз может содержать добытый рудный полезный груз, и анализ сегментации может включать в себя одно из следующих: анализ фрагментации, который служит для идентификации отличимых частей как одной из части в виде породы, части в виде мелочи или промежутка между частями, распределение груза в пределах размеров грузового контейнера и анализ влаги, который служит для классификации уровня влаги, связанного с полезным грузом.

Транспортное средство может представлять собой одно из следующих: карьерный самосвал, рельсовую тележку, баржу, вагонетку, транспортное средство для погрузки, откатки и выгрузки (load, haul, dump, LHD) или шахтный скип.

Другие аспекты и признаки должны стать очевидны специалистам в данной области техники после прочтения нижеследующего описания конкретных раскрытых вариантов осуществления в сочетании с сопроводительными чертежами.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

На чертежах, которые иллюстрируют раскрытые варианты осуществления,

на Фиг. **1A** показан вид в перспективе устройства для анализа полезного груза согласно первому раскрытому варианту осуществления;

на Фиг. **1B** показан вид в перспективе камеры, используемой в устройстве по Фиг. **1A**;

На Фиг. **1C** показан вид в перспективе устройства для анализа полезного груза согласно еще одному раскрытому варианту осуществления;

на фигуре **1D** в перспективе другого варианта осуществления камеры, которую можно использовать в устройстве по фигуре **1A** или **1C**;

на Фиг. **1E** показан вид в перспективе подземного места работ согласно еще одному раскрытому варианту осуществления;

на Фиг. **1F** показан вид в перспективе варианта осуществления беспилотного летательного аппарата для установки и расположения камеры по Фиг. **1** A;

на Фиг. **2** показана блок-схема системы для анализа полезного груза, содержащей элементы устройства, показанного на Фиг. **1**;

на Фиг. **3** показана блок-схема, изображающая блоки кода для управления встроенным процессором системы, показанной на Фиг. **2**, для обеспечения функций получения изображений;

на Фиг. **4** показан пример изображения, полученного камерой, показанной на Фиг. **1B**;

на Фиг. **5** показана блок-схема, изображающая блоки кода для управления встроенным процессором для определения соответствия критерию пригодности;

на Фиг. **6** показан дополнительный вид в перспективе устройства, показанного на Фиг. **1A**;

на Фиг. **7** показана блок-схема, изображающая блоки кода для управления удаленной процесорной схемой системы, показанной на Фиг. **2**, для идентификации интересующей области полезного груза;

на Фиг. **8** показан пример изображения, на котором изображены маска транспортного средства, маска грузового контейнера и маска полезного груза;

на Фиг. **9** показан пример результатов анализа фрагментации для изображения полезного груза, показанного на Фиг. **8**;

на Фиг. **10** показана функциональная схема архитектуры нейронной сети для идентификации интересующей области полезного груза;

на Фиг. **11** показана блок-схема, изображающая блоки кода для управления удаленной процессорной схемой для проведения альтернативного анализа полезного груза; и

на Фиг. **12** показан скриншот информационной панели для отображения результатов согласно одному раскрытому варианту осуществления.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Обратимся к Фиг. **1A**, на котором устройство для анализа полезного груза согласно первому раскрытому варианту осуществления показано в целом под номером **100**.

Полезный груз **102** транспортируют в грузовом контейнере **104** транспортного средства **106**, проходящего под аркой **108**, расположеннойна месте **126** работ, таком как шахта или карьер. В данном варианте осуществления изображенное транспортное средство **106** представляет собой карьерный самосвал**, и полезная нагрузка** 102 **содержит выкопанную руду с рабочей площадки** 126, такой как шахта или карьер. В других вариантах осуществления грузовой контейнер может быть связан с транспортным средством другого типа, таким как рельсовая тележка, баржа или другое морское транспортное средство. В качестве альтернативы, грузовой контейнер **104** может представлять собой вагонетку или скип, такие как используемые в карьере или при подземных горных работах. Устройство **100** содержит камеру **110**, установленную на арке **108** и расположенную с возможностью последовательного получения изображений транспортных средств, пересекающих поле обзора **112** камеры. В данном варианте осуществления камера **110** установлена над транспортным средством, и поле обзора **112** ориентировано вниз для получения изображений верхней поверхности полезного груза **102**, которая открыта благодаря открытой верхней стороне грузового контейнера **104** . В показанном варианте осуществления устройство **100** содержит лампы **114** и **116**, направленные вниз для освещения поля обзора **112**. Лампы **114** и **116** могут быть реализованы с использованием источников света на основе светодиодов с повышенной конструктивной прочностью.

В данном варианте осуществления устройство **100** дополнительно содержит распределительную коробку **118**, установленную на вертикальном элементе **120** арки. Кабели питания, сигналов и управления, связанные с камерой **110** (не показаны на Фиг. **1A**), проложены в обратном направлении к распределительной коробке **118**. Распределительная коробка **118** также подает питание на лампы **114** и **116**. В показанном варианте осуществления устройство **100** дополнительно содержит RFID-считыватель **122** для радиочастотной идентификации, предназначенный для считывания RFID-метки **124**, прикрепленной к транспортному средству **106**. Код, связанный с RFID-меткой **124** на транспортном средстве **106**, может быть считан с помощью RFID-считывателя **122** для осуществления идентификации транспортного средства **106**. RFID-метка **124** может быть закодирована с помощью идентификатора, который уникальным образом связан с конкретным транспортным средством, работающим на месте **126** работ. В некоторых вариантах осуществления транспортное средство **106** может представлять собой автоматизированное беспилотное транспортное средство. Например, в некоторых местах могут использоваться самоуправляемые транспортные средства, и таким образом транспортное средство **106** будет автоматически перемещаться через арку **108**.

Камера **110** показана отдельно на Фиг. **1B**, и в данном варианте осуществления она содержит первый датчик **130** изображения и второй датчик **132** изображения, которые установлены внутри корпуса **134** с повышенной конструктивной прочностью и смещены друг от друга на расстояние D для получения соответственно первого и второго двумерных изображений с разных перспективных точек обзора. Датчики **130** и **132**

изображения могут быть реализованы с использованием цветных датчиков с разрешением Full HD. Использование двух расположенных на расстоянии друг от друга датчиков **130** и **132** содействует генерированию трехмерной информации путем реализации стереоскопических технологий обработки изображений.

Лампы **114** и **116** в целом будут функционировать по меньшей мере в ночное время или в условиях низкой освещенности для содействия генерированию подходящих изображений. В некоторых вариантах осуществления камера может быть чувствительна к длинам волн видимого света, в то время как в других вариантах осуществления камера может быть выполнена чувствительной к длинам волн теплового излучения или другим гиперспектральным длинам волн за пределами видимой части спектра. Например, некоторые объекты, такие как металлические объекты в полезном грузе **102**, взаимодействуют специфическим образом с длинами волн теплового излучения, что содействует идентификации таких объектов.

Хотя камера **110** на Фиг. **1A** показана ориентированной вниз, в других вариантах осуществления камера может быть ориентирована иным образом. Например, как показано на Фиг. **1C**, первая камера **152** установлена на стойке **154** слева от транспортного средства **106** для получения изображений поля обзора **156** с первой перспективы **158**. Вторая камера **160** установлена на стойке **162** справа от транспортного средства **106** для получения изображений поля обзора **156** со второй перспективы **164**. Обратимся к Фиг. **1D**, на котором показан еще один пример камеры, в целом обозначенной номером **170**. Камера **170** может быть применена вместо камеры **110**, показанной на Фиг. **1A**, или камер **152** и **160**, показанных на Фиг. **1C**.

В некоторых вариантах осуществления могут использоваться опоры для камеры, отличные от арки **108** . Например, в вариантах осуществления, относящихся к подземных горным работам, используемое транспортное средство может быть меньше, чем транспортное средство **106**, показанное на Фиг. **1A**, и арка **108** может быть соответствующим образом масштабирована или полностью исключена. Обратимся к Фиг. **1E**, на котором показан пример места подземных горных работ, содержащего камеру **180**, установленную на кровельной части места работ. Камера **180** в данном варианте осуществления выполнена в виде блока со встроенными светодиодными лампами **182**, расположенными вокруг камеры. Транспортное средство **184** для погрузки, откатки и разгрузки (load, haul, dump, LHD) выполнено с возможностью работы на подземном месте работ и содержит сравнительно большой ковш **186**, который выполнен с возможностью как погрузки, так и транспортировки полезного груза **188** в пределах места работ.

Как показано на Фиг. **1F**, в еще одном варианте осуществления камера **190** может быть установлена на дроне **192**, и этот дрон может быть направлен в область над транспортным средством, чтобы расположить камеру для получения изображений. В качестве альтернативы, дрон **192** может быть прикреплен кабелем **194**, который будет удерживать дрон таким образом, чтобы он неподвижно висел в конкретном месте и располагал камеру **190** для получения изображений транспортного средства, проходящего

ниже.

Блок-схема системы для анализа полезного груза **102** показана на Фиг. **2** под номером **200**. Система **200** содержит элементы устройства **100**, включая камеру **110**, распределительную коробку **118**, лампы **114** и **116** и RFID-считыватель **122**. Распределительная коробка **118** подает рабочую мощность на камеру **110** через силовой провод **202**, а также обеспечивает питание и управление для ламп **114** и **116**и RFID-считывателя **122** . В данном варианте осуществления камера **110** содержит встроенный процессор **204**, имеющий связь с памятью **206** и устройством **208** ввода/вывода, причем все они установлены внутри кожуха **134** (показано на Фиг. **1B**). Память **206** обеспечивает хранение инструкций для управления встроенным процессором **204** для получения последовательных изображений, а также обеспечивает хранение данных полученных изображений.

Устройство **208** ввода/вывода имеет связь со встроенным процессором **204** и обеспечивает интерфейс **210** датчиков изображения, содержащий входы **212** для приема данных изображения от первого и второго датчиков **130** и **132** изображения. Устройство **208** ввода/вывода дополнительно содержит интерфейс **214**связи, такой как интерфейс Ethernet. Интерфейс **214** связи имеет порт **216**, который соединен с помощью кабеля **218**данных, проложенного в обратном направлении, с распределительной коробкой **118**. Соединительная коробка **118** может содержать модем, маршрутизатор или другое сетевое оборудование, которое содействует подключению к сети **220**. Сеть **220** может представлять собой локальную сеть (LAN), реализуемую для локальной передачи данных в рабочем месте **126**. В качестве альтернативы, соединительная коробка **118** может передавать сигналы по кабелю **218** данных в глобальную сеть, такую как Интернет. В некоторых вариантах осуществления, в которых недоступно проводное соединение с сетью **220**, соединительная коробка **118** может содержать сотовый приемопередатчик, и соединение с сетью **220** может осуществляться посредством сотовой сети передачи данных или другого беспроводного сетевого соединения.

В варианте осуществления, показанном на Фиг. **2**, система **200** также содержит удаленную процессорную схему **230**, которая содержит микропроцессор **232**, имеющий связь с устройством **234** ввода/вывода (I/O). Устройство **234** ввода/вывода обеспечивает интерфейс **236** связи для передачи и приема данных по сети **220**. Микропроцессор **232** имеет связь с памятью **238** для хранения данных и кодов инструкций. В данном варианте осуществления микропроцессор **232** также имеет связь с запоминающим устройством **240** большой емкости для хранения данных изображения и для архивирования результатов анализа полезного груза. В показанном варианте осуществления удаленная процессорная схема **230** дополнительно обеспечивает обработку с помощью графического процессора (GPU) **242**, который может использоваться для обеспечения повышенной вычислительной мощности в отношении задач, требующих интенсивной обработки изображений. Таким образом, микропроцессор **232** может быть выполнен в виде графического процессора или удаленной процессорной схемы **230**, и он может дополнительно содержать сопроцессор

графического процессора для освобождения микропроцессора от некоторых задач по обработке.

В тех вариантах осуществления, в которых сеть **220** представляет собой локальную сеть, удаленная процессорная схема **230** может быть расположена в оперативном центре, связанном с местом **126** работ. В других вариантах осуществления, в которых сеть **220** представляет собой глобальную сеть, удаленная процессорная схема **230** может быть расположена в удаленном центре обработки, обеспеченном для обработки изображений для нескольких мест работ. В качестве альтернативы, удаленная процессорная схема **230** может быть обеспечена в виде облачной вычислительной платформы по запросу, предоставляемой поставщиками, такими как Amazon Web Services (AWS).

Система **200** дополнительно содержит процессорную схему **250**, содержащую микропроцессор **252**, память **254**и устройство **256** ввода/вывода. Устройство **256** ввода/вывода обеспечивает интерфейс **258** связи, который способен принимать данные через сеть **220**. Устройство **256** ввода/вывода также содержит интерфейс **260** для инициирования визуального предупреждения через дисплей **262** или звукового предупреждения через сигнализатор **264**, такой как громкоговоритель или другое устройство звуковой сигнализации. Процессорная схема **250** может быть расположена в оперативном центре места **126**работ, где результаты анализа полезного груза могут отображаться вместе с оповещениями или предупреждениями. В качестве альтернативы, процессорная схема **250** может быть расположена в кабине транспортного средства **106** и подключена с помощью беспроводной связи к сети **220**. В самоходных или других безводных транспортных средствах, таких как контейнер **104 для перевозки железнодорожных грузов**, сигнал предупреждения может быть обработан иным образом для того, чтобы вызвать отклонение или пометку транспортного средства, чтобы можно было предпринять дальнейшие действия.

Хотя вариант осуществления системы **200**, показанный на Фиг. **2**, содержит встроенный процессор **204** в камере **110** и отдельную удаленную процессорную схему **230**, в других вариантах осуществления система может сочетать в себе встроенные и удаленные процессоры. Таким образом, функции, описанные ниже как выполняемые удаленной процессорной схемой**230**, могут выполняться встроенным процессором **204** или любой другой комбинацией процессорных схем.

Обратимся к Фиг. **3**, на котором показана блок-схема, изображающая блоки кода для управления встроенным процессором **204** для обеспечения функций получения изображения и обозначенная в целом номером **300**. Указанные блоки в целом представляют коды, которые могут быть считаны из памяти **206** в виде машиночитаемого носителя для управления встроенным процессором **204** для обеспечения различных функций. Фактический код для реализации каждого блока может быть написан на любом подходящем языке программирования, например таком, как C, C++, C#, Java и/или ассемблерный код.

Процесс **300**получения изображения начинается в блоке **302**, который управляет

встроенным процессором **204** для инициирования последовательного получения изображений камерой **110** в пределах поля обзора **112** камеры. Таким образом, блок **302** может управлять одним или обоими из датчиков **130** и **132** изображения для получения последовательных изображений, которые могут приниматься через интерфейс **210** датчиков изображения и сохраняться в памяти **206**. Пример полученного изображения показан под номером **400** на Фиг. **4**, на котором изображение ограничено полем обзора **112**, показанным в виде пунктирного контура. На практике изображения, полученные с помощью датчика **130** изображения, будут немного отличаться перспективой от изображений, полученных с помощью датчика **132** изображения. Таким образом, пример **400** изображения представляет одно из изображений, полученных либо датчиком **130** изображения, либо датчиком **132** изображения.

Затем блок **304** управляет встроенным процессором **204** для определения того, существует ли вероятность нахождения транспортного средства и грузового контейнера в пределах поля обзора. Также управляют встроенным процессором **204** для определения того, соответствуют ли полученные данные изображения критерию пригодности для дальнейшей обработки. Таким образом, камера **110** может непрерывно получать изображения поля обзора **112**, которые могут содержать, а могут и не содержать транспортное средство **106** в пределах поля обзора. Если существует вероятность того, что транспортное средство находится в пределах поля обзора **112**, то встроенный процессор **204** осуществляет дальнейшее определение того, пригодны ли данные изображения для дальнейшей обработки. Например, транспортное средство **106** может быть лишь частично расположено в пределах поля обзора **112** на некоторых изображениях, и возможно, что будут получены или уже получены более подходящие изображения, которые содержат четкий вид транспортного средства **106**, полезного груза **102** и земных поверхностей **402**, окружающих транспортное средство.

Если в блоке **304**определено, что изображение соответствует критерию пригодности, то управляют встроенным процессором **204** для перехода к блоку **306**. Блок **306** управляет встроенным процессором **204** для инициирования считывания данных выбранных изображений из памяти **206** и их передачи через интерфейс **214** связи и сеть **220** на удаленную процессорную схему **230**. Данные выбранных изображений могут быть помечены или иным образом связаны с идентификатором транспортного средства, сгенерированным RFID-считывателем **122** в результате считывания RFID-метки **124** на транспортном средстве **106**. Например, выбранное изображение может иметь идентификатор транспортного средства, встроенный в поле метаданных изображения, и передаваться вместе с данными изображений.

Хотя в данном варианте осуществления идентификатор транспортного средства считывается с RFID-метки **124**, в других вариантах осуществления идентификатор транспортного средства может быть сгенерирован иным образом. Например, идентификатор транспортного средства может быть обозначен на транспортном средстве в пределах поля обзора **112** камеры **110** и определен путем обработки одного из

полученных изображений для выделения идентификатора из изображения. В качестве альтернативы, одно из полученных изображений может быть обработано с использованием нейронной сети, которая ранее была обучена генерированию выходных идентификационных данных для полученного изображения. Нейронная сеть может быть обучена с использованием набора маркированных изображений транспортных средств, используемых на месте **126** работ, для обеспечения возможности идентификации любого из используемых транспортных средств с помощью нейронной сети.

Обратимся вновь к Фиг. **3**, на котором блок-схема, изображающая блоки кода для управления микропроцессором **232** удаленной процессорной схемы **230** для приема данных изображения, показана под общим номером **320**. Блок **322** управляет микропроцессором **232** для приема данных изображения от камеры **110**. В некоторых вариантах осуществления, изображения от обоих датчиков **130** и **132** изображения могут передаваться устройством **100** и приниматься удаленной процессорной схемой **230**. Блок **324** дополнительно управляет микропроцессором **232** для записи данных изображения в устройство **240** большой емкости для хранения данных. В некоторых вариантах осуществления данные изображения могут приниматься со скоростью, которая является слишком высокой, чтобы можно было осуществлять дальнейшую обработку в реальном времени. Сохранение данных изображений в устройстве **240** большой емкости для хранения данных содействует постановке в очередь данных изображений, ожидающих дальнейшей обработки. В большинстве случаев немедленное предоставление результатов анализа полезного груза может быть необязательным; они могут быть задержаны на минуту или более и все равно обеспечивать эффективное и своевременное уведомление оперативного центра на месте **126** работ.

Обратимся вновь к Фиг. **3**, на котором блок-схема, изображающая блоки кода для управления микропроцессором **232** удаленной процессорной цепи **230** для выполнения дополнительной обработки, показана под общим номером **330**. Процесс **330** дополнительной обработки начинается в блоке **332**, который управляет микропроцессором **232** для считывания данных изображений для дальнейшей обработки следующего изображения из устройства **240** большой емкости для хранения данных в память **238**. Затем блок **334** управляет микропроцессором **232** для обработки данных изображений для идентификации интересующей области полезного груза внутри изображения. Обратимся вновь к Фиг. **4**, на котором интересующая область полезного груза обозначена номером **404** и показана с использованием пунктирной линии, окружающей руду в грузовом контейнере **104**.

Затем процесс **320** продолжают в блоке **336**. В случае необходимости, при идентификации интересующей области **404** полезного груза микропроцессор **232** может управляться для генерирования уровня достоверности, количественно представляющего достоверность того, что идентифицированная интересующая область содержит полезный груз. В этом случае блок **336** управляет микропроцессором **232** для дальнейшего определения того, имеет ли место соответствие дополнительному критерию обработки

для выбранного изображения, на основе уровня достоверности, связанного с идентифицированной интересующей областью **404** полезного груза. Если в блоке **336**определено несоответствие интересующей области **404** полезного груза дополнительному критерию обработки, то управляют микропроцессором **232** для перехода обратно к блоку **332** для обработки следующего изображения. Если в блоке **326** определено соответствие дополнительному критерию обработки, то управляют микропроцессором **232** для перехода к блоку **338** для обработки следующего изображения в очереди.

Затем процесс **330** продолжают в блоке **338**, который управляет микропроцессором **232** для проведения анализа полезного груза для интересующей области **404** полезного груза. Анализ полезного груза может включать в себя любой из нескольких различных процессов анализа. Анализ полезного груза может включать в себя, например, определение того, существуют ли какие-либо отличимые части полезного груза, такие как большие валуны или посторонние объекты, в полезном грузе **102**. На Фиг. **4** может быть обнаружен валун **406** и может быть определено, что его размер превышает пороговый размер руды. Пороговый размер может быть установлен на основе максимального размера валуна, который может безопасно обрабатываться с помощью оборудования для обработки, которое используется на последующих этапах и принимает полезный груз от транспортного средства **106**. Аналогичным образом могут быть идентифицированы отличимые части, отличные от валунов. Посторонние объекты, такие как металлические части, могут отламываться от экскаватора, и микропроцессор **232** удаленной процессорной цепи **230** может быть функционально выполнен с возможностью инициирования создания сигнала предупреждения в подобных случаях. Затем блок **338** управляет микропроцессором **232** для перехода обратно к блоку **332**, и процесс повторяют для следующего изображения в очереди. В одном варианте осуществления посторонние объекты могут быть обнаружены путем обработки данных изображений, получаемых камерой **110**. Подход на основе машинного обучения может применяться для обнаружения общих посторонних объектов, которые могут включать металлические инструменты и/или части зубьев ковшового погрузчика, используемого для загрузки полезного груза **104** в транспортное средство **106**. В некоторых вариантах осуществления возможно получение изображений с использованием длин волн в инфракрасной части спектра, поскольку более высокие уровни инфракрасного излучения в полезном грузе **104** могут указывать на металлический или другой посторонний объект в полезном грузе, который отличается по температуре от окружающего полезного груза.

В данном варианте осуществления удаленная процессорная схема **230** выполняет указанную дополнительную обработку. Идентификация интересующей области полезного груза и/или последующий анализ полезного груза могут потребовать интенсивной работы процессора, и они могут быть не завершены до получения дополнительных данных изображения камерой **110** . В других вариантах осуществления встроенный процессор **204** в устройстве **100** может быть выполнен с возможностью обеспечения требуемой

производительности обработки для выполнения идентификации интересующей области и анализа полезного груза в по существу реальном времени. В таких случаях анализ полезного груза может быть упрощен для того, чтобы сосредоточиться на одной функции, такой как обнаружение валуна, чтобы уменьшить требования к обработке для встроенного процессора **204**.

В некоторых вариантах осуществления распределительная коробка **118** может обеспечивать непрерывную подачу питания на лампы **114** и **116** в условиях низкой освещенности для обеспечения обнаружения транспортного средства **106** и наличия достаточного освещения для целей получения изображений. В других вариантах осуществления лампы **114** и **116** могут получать питание через распределительную коробку **118** лишь при наличии транспортного средства. В качестве примера, RFID-считыватель **122** может быть расположен на расстоянии друг от друга относительно фермы **108** таким образом, что при обнаружении транспортного средства перед прохождением под камерой **110** сигнал передается по кабелю данных **218** на ввод/вывод **208**. Встроенный процессор **204** может быть дополнительно выполнен с возможностью инициирования подачи питания на лампы **114** и **116** перед прохождением транспортного средства под камерой **110**. Во избежание испуга водителя транспортного средства **106** из-за резкого включения ламп **114** и **116**, уровень яркости может быть постепенно увеличен после обнаружения транспортного средства, а затем снижен после получения необходимых изображений.

Пример процесса реализации блока **304** процесса **300** показан на Фиг. **5**. Для камеры **110**, имеющей два расположенных на расстоянии друг от друга датчика **130** и **132** изображения, встроенный процессор **204** может быть выполнен с возможностью обработки полученных первого и второго двумерных изображений с разных перспективных точек обзора для генерирования трехмерного облака точек, содержащего трехмерные координаты транспортного средства и грузового контейнера. Встроенный процессор **204** может реализовывать стереоскопический процесс, в котором сравнивают первое и второе изображения для нахождения совпадающих признаков, и используют сдвиг или несоответствие между совпадающими признаками для определения трехмерных координат для совпадающих признаков. Набор трехмерных координат может быть назван трехмерным облаком точек.

Генерирование информации в виде трехмерного облака точек обеспечивает удобное масштабирование изображений для определения физических размеров, связанных с полезным грузом **102**. В других вариантах осуществления обработка может быть основана на информации двумерного изображения, наряду с дополнительной масштабирующей информацией. Например, если известны размеры грузового контейнера **104** транспортного средства **106**, то двумерное изображение может быть масштабировано на основе краев грузового контейнера. В некоторых вариантах осуществления, если один из датчиков **130** и **132** изображения стал неработоспособным из-за грязи на линзах или других неполадок, обработка может выполняться на основе двумерной информации.

Процесс **304** начинается в блоке **500**, который управляет встроенным процессором **204** для генерирования данных в виде трехмерного облака точек на основе первого и второго изображений, полученных датчиками **130** и **132** изображения. Затем блок **502** управляет встроенным процессором **204** для считывания высотных координат для каждой трехмерной точки в данных в виде облака точек. Затем блок **504** управляет встроенным процессором **204** для считывания первой координаты в данных в виде облака точек и определения того, превышает ли соответствующая высотная координата минимальную ожидаемую высоту **506** грузового контейнера **104**.

Как показано на Фиг. **6** для места **126** работ, сгенерированное трехмерное облако точек будет содержать трехмерные координаты транспортного средства и грузового контейнера в системе координат **600**x, y, z. Трехмерное облако точек также может содержать трехмерные координаты для других объектов, например таких, как земная поверхность и части вертикального элемента **120** арки. Ожидаемая минимальная высота **506** может быть установлена для места **126** работ на основе известной высоты транспортных средств, работающих на данном месте работ (т.е. на высоте Z_1 на Фиг. **6**). Использование минимальной ожидаемой высоты **506** может быть особенно полезным в тех случаях, когда транспортное средство **106** представляет собой очень крупногабаритный карьерный самосвал. Хотя и другие транспортные средства, такие как малолитражные грузовые автомобили, могут пересекать поле обзора **112**, полученные изображения могут отбрасываться встроенным процессором **204** камеры **110** на основе отсутствия данных в виде облака точек выше минимальной ожидаемой высоты **506**. В этом случае минимальная ожидаемая высота **506** для места горных работ может быть установлена выше, чем у не являющихся карьерными самосвалами обычных грузовых транспортных средств, обычно эксплуатируемых на месторождениях. Если в блоке **504**высотная координата не превышает минимальную ожидаемую высоту **506**, то управляют встроенным процессором **204** для перехода к блоку **508**. Блок **508** управляет встроенным процессором **204** для удаления трехмерных координат из данных в виде облака точек. Таким образом, любые трехмерные координаты в облаке точек, имеющие координату Z, меньшую Z_1, будут исключены из рассмотрения.

Затем процесс **304** продолжают в блоке **512**, который управляет микропроцессором **204** для определения того, попадают ли значения координат x и y внутрь подобласти **514** облака точек. Обратимся вновь к Фиг. **6**, на котором подобласть **514** облака точек показана в виде контура, и в данном варианте осуществления она проходит лишь в пределах центрального участка поля обзора **112**. Таким образом, подобласть **514** облака точек определяется как кубический объем, представленный в системе координат x, y, z, обозначенной номером **600**, и проходящий между координатами x_1,y_1,z_1 и x_2,y_2,z_2. Размер указанного кубического объема может быть установлен в виде доли, такой как 1⁄3 или 1⁄4, поля обзора **112**. Если координаты x и y точки не находятся внутри подобласти **514** облака точек и это определено в блоке **512**, то управляют встроенным процессором **204** для перехода к блоку **508**, в котором удаляют данную точку из данных в виде облака точек.

Затем блок **508** управляет встроенным процессором **204** для перехода к блоку **516**. Если в блоке **512** определено, что координаты x и y точки находятся внутри подобласти **514** облака точек, то сохраняют данную точку в данных в виде облака точек и управляют встроенным процессором **204** для перехода к блоку **516**. Блок **516** управляет встроенным процессором **204** для определения того, была ли обработана последняя координата в данных в виде облака точек. Если нет, то блок **516** управляет встроенным процессором **204** для перехода к блоку **510**, который управляет встроенным процессором для считывания следующей высотной координаты и повторного прохождения блоков **502-516**. Если в блоке **516** определено, что последняя координата в данных в виде облака точек была обработана, то управляют встроенным процессором **204** для перехода к блоку **518**. Таким образом, блоки **504** и **512** предварительно обрабатывают данные в виде облака точек и обеспечивают эффект уменьшения количества точек с оставлением лишь точек, попадающих внутрь подобласти **514** облака точек, которая также в целом центрирована относительно арки **108** и камеры **110**. Эта предварительная обработка существенно снижает количество координатных точек в данных в виде облака точек.

Затем блок **518** управляет встроенным процессором **204** для вычисления плотности точек (PD) для оставшихся точек в данных в виде облака точек. Плотность точек может быть определена как количество координатных точек на единицу объема. Чтобы оценить PD для облака точек, могут использоваться различные виды аппроксимации, и функции для эффективной оценки PD в целом доступны и могут быть легко реализованы на встроенном процессоре **204**. Затем блок **520** управляет встроенным процессором **204** для определения того, больше ли вычисленное значение PD порогового значения PD**522**. Например, пороговое значение PD**522** может быть предварительно определено на основе типа проводимого анализа полезного груза. Пороговое значение PD**522** может быть установлено ниже, если оно требуется лишь для выполнения обнаружения валуна, в то время как для полного анализа фрагментации может потребоваться более высокое пороговое значение PD.

Если вычисленное значение PD не больше порогового значения PD**522**, что определено в блоке **520**, то управляют встроенным процессором **204** для перехода к блоку **524**, где выбирают следующее полученное изображение, и управляют встроенным процессором для повторного прохождения блоков **500-518**. Если в блоке **520** определено, что вычисленное значение PD больше порогового значения PD**522**, то управляют встроенным процессором **204** для перехода к блоку **526**. Блок **526** управляет встроенным процессором **204** для выбора изображения для дальнейшей передачи на удаленную процессорную схему **230** в блоке **306** процесса **300**, показанного на Фиг. **3**. Затем процесс **304** продолжается в блоке **528**, который управляет встроенным процессором **204** для прерывания обработки дальнейших изображений, пока не истечет период ожидания. В одном варианте осуществления период ожидания может быть выбран таким образом, чтобы предоставить транспортному средству **106** достаточно времени для выхода из поля обзора **112**, и он может быть основан на ожидаемой скорости движения транспортного

средства. Блок **528** обеспечивает эффект предотвращения обработки дополнительных изображений того же самого транспортного средства **106** после того, как изображение, соответствующее критерию пригодности, было выбрано и передано на удаленную процессорную схему **230** . Если в пределах поля обзора **112** камеры **110** нет транспортного средства, то предварительная обработка в блоках **502-504** на основе минимальной ожидаемой высоты **506** приведет к очень низкому вычисленному значению PD для данных в виде облака точек вследствие исключения координат на уровне земных поверхностей **402**. Хотя в данном варианте осуществления для дальнейшей обработки может быть выбрано лишь одно изображение, имеющее достаточную плотность точек, в других вариантах осуществления для целей дальнейшей обработки может быть передано более чем одно изображение.

В варианте осуществления, описанном выше, камера **110** выполнена с возможностью получения первого и второго изображений с помощью двух физически расположенных на удалении друг от друга датчиков **130** и **132** изображения, а в других вариантах осуществления камера может иметь один датчик изображения. В таких вариантах осуществления указанный один датчик изображения может быть выполнен с возможностью получения первого и второго изображений, отстоящих друг от друга во времени. Таким образом, движение транспортного средства **106** при пересечении поля обзора **112** будет обеспечивать изображения с двух разных перспективных точек обзора, которые (изображения) могут использоваться для создания трехмерного облака точек.

Стереоскопические процессы для генерирования трехмерных данных зависят от текстуры, что содействует идентификации точек для определения несоответствия между изображениями. Таким образом, плотность трехмерного облака точек является удобным представлением текстуры полученного изображения. Таким образом, будет иметь место существенное отличие плотности облака точек, если в пределах поля обзора **112** транспортное средство отсутствует, что содействует оценке критерия пригодности на основе плотности облака точек. Альтернативные способы генерирования трехмерного облака точек могут быть менее зависимы от текстуры и, таким образом, менее чувствительны к тому, присутствует ли транспортное средство в пределах поля обзора **112**. В этом случае может использоваться предварительное знание геометрии ожидаемых транспортных средств для определения того, соответствует ли полученное изображение критерию пригодности. Например, двумерная горизонтальная плоскость, проведенная через трехмерное облако точек на достаточной высоте над землей, должна обеспечивать выделение признаков, которые показывают типовое соотношение сторон карьерного самосвала. Таким образом обеспечивается возможность достаточно быстрой обработки изображений для определения того, присутствует ли типовая геометрия транспортного средства в пределах поля обзора **112**, и для определения того, представляет ли транспортное средство интерес, или оно является транспортным средством другого типа, таким как малолитражный грузовой автомобиль.

Вариант осуществления процесса **300** получения изображений, описанный выше,

приводит к выбору одного изображения, соответствующего критерию пригодности. В других вариантах осуществления встроенный процессор **204** камеры **110** может быть функционально выполнен с возможностью выбора нескольких изображений из последовательно полученных изображений, которые соответствуют критерию пригодности, причем каждое выбранное изображение обеспечивает отличный от других вид полезного груза **102**. Таким образом, блок **306** процесса **300** может обеспечивать передачу данных изображения для нескольких выбранных изображений транспортного средства **106** на удаленную процессорную схему **230** для дальнейшей обработки. Если доступно несколько подходящих в целом изображений, то может быть реализована дополнительная обработка для очистки изображений для удаления затемнений или других дефектов качества изображений. Дальнейшая обработка может предусматривать использование множества выбранных изображений для генерирования интересующей области полезного груза и/или для анализа полезного груза, при котором агрегируют или иным образом объединяет данные от более чем одного изображения для генерирования результатов с повышенным уровнем точности или достоверности.

Хотя варианты осуществления, описанные выше, используют стереоскопические технологии обработки изображений для генерирования данных в виде трехмерного облака точек на основе двумерных изображений, в других вариантах осуществления данные в виде трехмерного облака точек могут генерироваться с использованием других технологий, таких как LIDAR (Light Detection and Ranging, обнаружение и определение дальности с помощью света), времяпролетная камера, сканирующий лазер и т.д. Например, может быть применен датчик LIDAR для получения данных в виде трехмерного облака точек в пределах поле обзора **112**. Датчик LIDAR может быть объединен с двумерной камерой, которая обеспечивает данные двумерного изображения для идентификации интересующей области.

Пример процесса для реализации блока **334**, относящегося к процессу **330** для идентификации интересующей области, показан на Фиг. **7**. Как описано выше, датчики **130** и **132** изображения в камере **110** получают первое и второе двумерные изображения, и встроенный процессор **204** дополнительно генерирует данные в виде трехмерного облака точек на основе указанных первого и второго изображений. В блоке **306** процесса **300** получения изображений, при передаче изображения для дальнейшей обработки, по меньшей мере одно из первого и второго двумерных изображений может быть передано на удаленную процессорную схему **230**, где данные записываются в устройство **240** большой емкости для хранения данных. В некоторых вариантах осуществления данные в виде облака точек могут быть удалены встроенным процессором **204** после завершения процесса **304** по Фиг. **5** и передачи первого и второго двумерных изображений на удаленную процессорную схему **230** . В случае датчиков **130** и **132** изображения с высокой плотностью (high density, HD) двумерные изображения могут передаваться в разрешении full HD, включая цветовую информацию. Обычно оба из первого и второго двумерных изображений передаются и записываются в устройство **240** большой емкости для

хранения данных. Хотя дальнейшая обработка, выполняемая удаленной процессорной схемой **230**, может потребовать трехмерной информации, обработка, связанная с генерированием данных в виде трехмерного облака точек на основе первого и второго двумерных изображений высокой плотности, как ожидается, не приведет к значительным издержкам по сравнению с указанной дальнейшей обработкой. Соответственно, трехмерное облако точек может быть регенерировано удаленной процессорной схемой **230** на основе первого и второго двумерных изображений. В других вариантах осуществления данные в виде облака точек, генерируемые встроенным процессором **204**, могут быть сохранены и переданы на удаленную процессорную схему **230** . В варианте осуществления, в котором дальнейшая обработка выполняется встроенным процессором **204**, данные в виде облака точек могут быть сохранены для дальнейшей обработки встроенным процессором.

Процесс **334** начинают с блока **700**, который управляет микропроцессором **232** удаленной процессорной схемы **230** для выбора одного из двумерных изображений для обработки с целью идентификации интересующей области полезного груза. Затем блок **702** управляет микропроцессором **232** для предварительной обработки данных двумерного изображения. Предварительная обработка в блоке **702** может включать в себя одну или более необязательно реализуемых функций обработки изображения. Например, данные двумерного изображения могут быть очищены для компенсации искажений изображения, создаваемых съемочной оптикой, связанной с датчиками **130** и **132** изображения. При визуализации в большом поле обзора **112**геометрические искажения вследствие несовершенств и погрешностей выравнивания съемочной оптики проникают в данные изображения и могут быть компенсированы путем внесения корректировок в данные изображения. Доступны различные модели для коррекции общих искажений, которые могут быть реализованы для очистки данных изображения на основе параметров оптики для получения изображения или других калибровочных данных, определенных во время изготовления.

В некоторых вариантах осуществления данные двумерного изображения могут быть прорежены для генерирования меньшего файла данных изображения для идентификации интересующей области полезного груза. Уменьшение разрешения данных изображения обеспечивает возможность содействия более быстрой обработке по сравнению с файлом данных изображения с разрешением Full HD. В одном варианте осуществления изображение высокой плотности может быть уменьшено до четверти его исходного размера с целью идентификации интересующей области.

Затем блок **704** управляет микропроцессором **232** для обработки двумерного изображения для идентификации интересующей области полезного груза с использованием обученной нейронной сети. В некоторых вариантах осуществления нейронная сеть может быть обучена с использованием набора маркированных обучающих изображений. Набор изображений может включать в себя изображения, на которых репрезентативные транспортные средства, репрезентативные грузовые контейнеры и

репрезентативные полезные грузы **102**могут быть идентифицированы с помощью маркированных границ внутри соответствующих изображений. На некоторых из обучающих изображений грузовой контейнер может не нести полезный груз, и таким образом, полезный груз не будет идентифицирована с помощью маркированной границы. Если на месте **126** работ работают транспортные средства нескольких разных типов, имеющие грузовые контейнеры, то могут быть включены подходящие маркированные изображения для обучения нейронной сети таким образом, чтобы она была способна делать общие выводы для обеспечения возможности идентификации разных транспортных средств.

Обучение нейронной сети может проводиться в контролируемом процессе обучения, выполняемом перед развертыванием системы **200** на месте **126** работ. Таким образом, набор маркированных обучающих изображений может быть предварительно маркирован оператором-человеком и использован в обучающих мероприятиях. Оператор-человек также может определять параметры управления для обучения нейронной сети, которые могут регулироваться для оптимизации производительности нейронной сети. Обученная нейронная сеть может быть определена набором **706** данных, который устанавливает архитектуру нейронной сети и определяет соответствующие параметры и/или весовые значения, которые конфигурируют архитектуру для выполнения функции идентификации интересующей области полезного груза.

Таким образом, блок **704** управляет микропроцессором **232** для приема предварительно обработанных данных двумерного изображения и генерирования выходных данных для идентификации интересующей области на основе указанного набора **706** данных о нейронной сети. В одном варианте осуществления выходные данные могут представлять собой набор масок или ограничительных областей, как показано на Фиг. **8**. Как показано на фигуре **8**, изображение **800**, имеющее транспортное средство **106** в поле обзора **112, имеет ограничивающую коробку** 802 транспортного средства**, ограничивающую коробку** 804 контейнера для переноса груза и маску **806 полезной нагрузки**, при этом каждая из них указана на изображении сломанными линиями. Ограничительная рамка **802** транспортного средства идентифицирует изображение **800** как содержащее транспортное средство с уровнем достоверности **0,99** (т.е. **99%**). Ограничительная рамка **804** грузового контейнера идентифицирует границы, связанные с грузовым контейнером, с тем же уровнем достоверности **0.99**. И наконец, маска **806** полезного груза идентифицирует интересующую область полезного груза с уровнем достоверности **0.92**. Ограничительные рамки **802** и **804**, создаваемые нейронной сетью, могут быть образованы граничными пикселями, демаркирующими данные области внутри прореженного изображения.

Затем процесс **324** продолжается в блоке **708**, который управляет микропроцессором **232** для определения того, соответствуют ли идентифицированные маски критериям дальнейшей обработки. Например, для каждой из ограничительных рамок **802** и **804** могут быть установлены пороговые уровни достоверности. Если уровень

достоверности, связанный с ограничительной рамкой **802** транспортного средства, ниже порогового значения (например, **0.85**), то изображение может не быть изображением грузового транспортного средства, или оно может вообще не содержать транспортное средство, так что выбор и передача с помощью камеры **110** могли быть ошибочными. Аналогичным образом, если ограничительная рамка **802** транспортного средства имеет высокий соответствующий уровень достоверности, но при этом ограничительная рамка **804** контейнера не соответствует пороговому уровню достоверности, то могут возникнуть проблемы с изображением, которые будут препятствовать успешной дальнейшей обработке. Дополнительные критерии обработки также могут включать в себя логические определения, которые используются для предотвращения обработки неподходящих полученных изображений. Например, если ограничительная рамка **804** грузового контейнера расположена снаружи или частично снаружи ограничительной рамки **802** транспортного средства, то это может указывать на неподходящее изображение, которое при его дальнейшей обработке может привести к ошибочным результатам. Аналогичным образом, если маска **806** полезного груза расположена снаружи или частично снаружи ограничительной рамки **804** грузового контейнера, то это также может указывать на неподходящее изображение.

Если в блоке **708** определено несоответствие установленным пороговым уровням достоверности, то управляют микропроцессором **232** для перехода к блоку **710**, где выбранное изображение маркируют как непригодное для дальнейшей обработки. Блок **710** может управлять микропроцессором **232** для маркировки соответствующих данных в виде двумерного и трехмерного облака точек в устройстве **240** большой емкости для хранения данных, так что обеспечивается возможность удаления этих данных.

Если в блоке **708** определено соответствие установленным пороговым значениям уровня достоверности, то управляют микропроцессором **232** для перехода к блоку **712**. Блок **712** управляет микропроцессором **232** для выполнения постобработки данных изображения внутри интересующей области. Постобработка может включать в себя обработку данных изображения для усиления затененных областей, которые образуются вследствие того, что стороны грузового контейнера **104** затеняют некоторые участки полезного груза **102**. Например, может быть реализовано манипулирование цветовой интенсивностью с помощью нейронной сети для обеспечения более четких входных данных для анализа полезного груза. В тех вариантах осуществления, в которых маска **806** полезного груза установлена на основе данных изображения, которые были прорежены в блоке **702**, постобработка может выполняться на основе исходных выбранных данных изображения высокой плотности, сохраненных в устройстве **240** большой емкости для хранения данных. Таким образом, постобработка будет включать в себя первое сопоставление граничных пикселей маски **806** полезного груза, определенных для разреженного изображения, с пикселями исходного изображения с высокой оптической плотностью перед выполнением обработки изображения.

Затем блок **714** управляет микропроцессором **232** для выполнения анализа

полезного груза на данных изображений, прошедших постобработку. В одном варианте осуществления микропроцессор **232** может быть функционально выполнен с возможностью проведения анализа полезного груза путем проведения анализа сегментации в интересующей области **806** полезного груза для определения размеров отличимых частей полезного груза. Например, анализ полезного груза может включать в себя проведение анализа фрагментации на полезном грузе, как описано в совместной патентной заявке № 15/752430, авторы Tafazoli Bilandi и др., под названием «Способ и устройство для идентификации фрагментированных частей материала внутри изображения», которая включена в настоящий документ посредством ссылки во всей своей полноте.

Обратимся к Фиг. **9**, на котором пример результата анализа фрагментации внутри идентифицированной маски **806** для полезного груза, показанной на Фиг. **8**, показан под номером **900**. В целом, анализ фрагментации, выполняемый согласно способам, раскрытым в заявке 15/752430, включает обработку пиксельных данных с использованием сверточной нейронной сети, которая (обработка) показывает, расположены ли пиксели на кромке фрагментированной части материала, внутри от кромки фрагментированной части материала или в промежутках между фрагментированными частями материала. В некоторых раскрытых вариантах осуществления определение выполняют по меньшей мере частично на основе информации о двумерных и трехмерных несоответствиях. Полученная в результате этого классификация пикселей затем может быть дополнительно обработана для привязки идентифицированных кромок к фрагментированным частям материала и для обеспечения масштабирования размеров фрагментов.

Обратимся вновь к Фиг. **7**, согласно которому, после проведения анализа полезного груза в блоке **714** процесс **324** продолжается в блоке **716**, который управляет микропроцессором **232** для определения того, имеет ли место соответствие критерию предупреждения. В примере, показанном на Фиг. **9**, идентифицированный фрагмент **902** мог быть идентифицирован как валун, размер которого превышает пороговый размер руды для обработки в другом оборудовании на месте работ. Если в блоке **716** определено соответствие критерию предупреждения, то управляют микропроцессором **232** для перехода к блоку **718**. Блок **718** управляет микропроцессором **232** для передачи предупреждающего сообщения на процессорную схему **250** через сеть **220**, показанную на Фиг. **2**. Предупреждающее сообщение, при его приеме интерфейсом **258** связи процессорной схемы **250**, обеспечивает генерирование микропроцессором **252** сигнала предупреждения в оперативном центре места **126** работ. Процессорная схема **250** функционально выполнена с возможностью инициирования генерирования сигнализатором либо звукового предупреждения через громкоговорящий сигнализатор **264**, либо визуального предупреждения через дисплей **262** для предупреждения оператора о наличии валуна в полезном грузе транспортного средства.

Если в блоке **716** определено несоответствие критерию предупреждения, то управляют микропроцессором **232** для перехода к блоку **720**. Блок **720** управляет

микропроцессором **232** для выполнения, в случае необходимости, надлежащих этапов для отображения или передачи результатов анализа полезного груза. Например, записи с результатами анализа фрагментации полезного груза могут быть сохранены для последующего доступа к ним горных инженеров на месте **126** работ для использования при принятии решений по горным работам. Результаты могут указывать, например, на то, что добываемая в настоящее время руда не является оптимальной, и что горные инженеры могут перебросить горнодобывающие ресурсы в другой забой.

Обратимся к Фиг. **10**, на котором архитектура нейронной сети для идентификации интересующей области полезного груза показана в виде блок-схемы под номером **1000**. Блоки представляют функции, реализуемые посредством блоков кодов, которые управляют микропроцессором **232** для выполнения задач обработки для идентификации интересующей области полезного груза. Реализация нейронной сети основана на архитектуре, предложенной в публикации «Mask R-CNN», авторы Kaiming H. и др., **2017**, которая включена в настоящий документ посредством ссылки во всей своей полноте. Архитектура Mask R-CNN может быть реализована для эффективного обнаружения объектов на изображении при одновременном генерировании маски сегментации для каждого экземпляра объекта. Данная сквозная архитектура представляет собой многоступенчатую нейронную сеть с множеством голов, которая обеспечивает прогнозы для множества экземпляров объектных типов, их ограничительных рамок и соответствующих масок или границ.

Нейронная сеть **1000** содержит четырехуровневую пирамидальную сеть признаков (feature pyramid network, FPN), такую как описанная в публикации «Пирамидальные сети признаков для обнаружения объектов», авторы Tsung-Yi Lin и др., **2017**, которая включена в данный документ посредством ссылки во всей своей полноте. Пирамидальная сеть признаков показана обобщенно в виде блоков **1006** и **1010**, и данные предварительно обработанных изображений **1002** подаются на вход **1004** остаточной нейронной сети (residual neural network, ResNet) **1006**, входящей в состав пирамидальной сети признаков. Остаточная нейронная сеть **1006** генерирует признаки с использованием магистральной сети, такой как остаточная нейронная сеть **101**, описанная в публикации «Глубокое остаточное обучение для распознавания изображений», авторы Kaiming He и др., **2015**. Магистральные сети, предварительно обученные по общедоступным массивам данных естественных изображений, таким как ImageNet, способны классифицировать изображения по категориям объектов.

Данные с выходов **1008** остаточной нейронной сети **1006** подаются на блок **1010** пирамидальной сети признаков, который генерирует данные на множестве выходов **1012**, находящиеся в диапазоне от низкоуровневых признаков с высокой детализацией до высокоуровневых семантических представлений входного изображения **1002**. Блок **1010** пирамидальной сети признаков объединяет восходящие и нисходящие карты признаков, принимаемые из остаточной нейронной сети **1006**, и генерирует расширенные карты признаков на выходах **1012**. Данные с выходов **1012** могут дополнительно использоваться

в нейронной сети **1000** для локализации и сегментации интересующих объектов.

Для каждого из нисходящих путей пирамидальной сети **1010**признаков облегченная сеть **1014** региональных предложений (region proposal network, RPN) находит те области в картах признаков, сгенерированных с помощью пирамидальной сети **1010** признаков, в которых потенциально присутствует один интересующий объект. Сеть **1014** региональных предложений ранжирует набор якорей по каждому местоположению в пределах каждого уровня пирамиды карты признаков. На каждом уровне для выбора некоторых местоположений используется фиксированный шаг, и для каждого местоположения определяется набор якорей. Каждый набор якорей включает в себя горизонтальные и вертикальные рамки в разных масштабах (обычно три масштаба, каждый с тремя якорями). Чтобы сопоставить эти области с соответствующим местом на исходном изображении, предварительно определяют указанный набор якорей. Предсказанные области присваивают эталонным якорям на основе перекрытия между парой якорей и областями. Предложения фильтруют по их рангу, максимальным ожидаемым областям и перекрытию с эталоном с использованием подхода подавления не-максимумов (non-maximum suppression, NMS). Остальные области должны быть преобразованы к фиксированному размеру таким образом, чтобы к указанному набору признаков могли быть присоединены множество голов сети. Для сбора всех областей на основе их оценки используется процесс **1016** выравнивания интересующих областей (region of interest align, ROI align). Подход с выравниванием интересующих областей будет обеспечивать генерирование выходных данных фиксированного размера, в которых каждый пиксель генерируется посредством выборки внутри области карты признаков, которая соответствует данному выходному пикселю. Все выборочные точки усредняют, и полученное среднее значение будет присвоено выходному пикселю.

В зависимости от размера предложений, одна из карт признаков, сгенерированных на выходах **1012** с помощью пирамидальной сети **1010** признаков, представляет собой диапазон размеров объектов, которые будут использоваться для выравнивания интересующих областей. Данные с выходов **1016** подают в полностью присоединенный слой или на головной блок **1018** рамок для генерирования вектора признаков определенного размера для каждой из областей. Этот список векторов используют в двух ответвлениях для генерирования вероятности **1020** принадлежности классу и координат **1022** ограничительных рамок для каждой области. Выходные данные процесса **1016** выравнивания интересующей области и полученные результаты **1020**, **1022** дополнительно обрабатывают по каждому классу для генерирования окончательных результатов **1024** обнаружения для каждого класса. В этом процессе отфильтровывают предложения на основе оценок вероятности и вычисляют подавление не-максимумов (non-maximum suppression, NMS) для каждого класса, причем подавление не-максимумов используют для обеспечения идентификации конкретного объекта лишь один раз.

Выходные данные карты признаков на выходах **1012** пирамидальной сети **1010** признаков преобразуют в матрицу фиксированного размера согласно окончательным

результатам обнаружения. Используют подход, схожий с процессом выравнивания интересующей области, и результаты передают на ряд сверточных слоев нейронной сети для регулирования количества выходных каналов. Затем ряд слоев обратной свертки осуществляют восстановление пространственной информации, и **1-D** свертки сокращают количество каналов для приведения в соответствие с общим количеством классов (т.е. в данном случае классов полезного груза **102**, который идентифицируют с помощью маски полезного груза **806**). Затем сгенерированные маски для каждого класса подвергают обратному изменению размеров для приведения в соответствие с размерами исходного изображения в блоке **1030**. Каждая маска генерируется путем вырезания карт прогноза при **0.5**.

Еще один вариант осуществления для реализации блока **714** анализа полезного груза на Фиг. **7** описан более подробно со ссылкой на Фиг. **11**. Процесс, показанный на Фиг. **11**, может выполняться в качестве альтернативы или в дополнение к процессу фрагментации, описанному выше. Блок **1100** управляет микропроцессором **232** для определения размеров грузового контейнера **104** транспортного средства **106**. В одном варианте осуществления размеры грузового контейнера **104** могут быть определены путем выполнения дополнительных этапов обработки, описанных выше, в то время, когда известно, что транспортное средство **106** имеет пустой грузовой контейнер **104** . В этом случае фактические размеры грузового контейнера могут быть определены на основе трехмерных координат, связанных с точками внутри маски **802** транспортного средства и маски **806,** полезного груза, выбранных для определения внутренних размеров контейнера. Таким образом, определяемые размеры контейнера для транспортного средства **106** будут предварительно определены в некоторый момент времени и сохранены в базе **1102** данных о транспортных средствах. База **1102** данных о транспортных средствах может храниться в устройстве **240** большой емкости для хранения данных или в другом месте, имеющем связь с удаленной процессорной схемой **230** . Таким образом, в данном варианте осуществления блок **1100** управляет микропроцессором **232** для определения идентификатора **1104** транспортного средства, связанного с выбранным обрабатываемым изображением. Как указано выше, RFID-считыватель **122** устройства **100**, показанного на Фиг. **1**, может использоваться для считывания идентификатора транспортного средства, связанного с выбранными изображениями, которые передаются камерой **110** на удаленную процессорную схему **230**. Идентификатор **1104** транспортного средства затем используют для определения местоположения данных о размерах контейнера в базе **1102** данных о транспортных средствах.

В других вариантах осуществления значения для транспортных средств, используемых на рабочем месте **126,** могут быть предварительно определены из технических характеристик транспортного средства или общепринято измерены и сохранены в базе данных **1102** транспортного средства, ссылающейся на идентификационные номера транспортных средств. Как описано выше, блок **1100** управляет микропроцессором **232** для определения идентификатора **1104** транспортного

средства, и соответствующие размеры контейнера могут быть найдены в базе **1102** данных. В некоторых вариантах осуществления микропроцессор **232** может быть функционально выполнен с возможностью удаления изображений транспортного средства или с возможностью маркировки результатов как связанных с неидентифицированным транспортным средством в случае неудачи при идентификации транспортного средства.

После определения размеров грузового контейнера **104** транспортного средства **106**, связанного с выбранным изображением, обрабатываемым в настоящий момент, управляют микропроцессором **232** для перехода к блоку **1106**. Блок **1106** управляет микропроцессором **232** для определения высоты заполнения полезным грузом внутренней области контейнера **104** на основе трехмерных координат точек внутри интересующей области полезного груза (т.е. маски **806** полезного груза). Блок **1106** управляет микропроцессором **232** для выбора множества точек на двумерном изображении, которые лежат внутри маски **806** полезного груза, и для определения трехмерных координат для этих точек, которые обеспечивают определение соответствующих точек высоты заполнения полезным грузом. Это может включать в себя выбор координат на основе трехмерных данных в виде облака точек, которые соответствуют выбранному множеству точек. По существу, блок **1106** определяет распределение высоты груза внутри грузового контейнера **104**.

Затем блок **1108** управляет микропроцессором **323** для использования распределения высоты груза в пределах размеров грузового контейнера **104** для вычисления смещения груза от центральной линии, проходящей продольно через грузовой контейнер. Поперечное смещение груза может потенциально приводить к нестабильности транспортного средства **106**. Продольные смещения груза менее проблематичны вследствие длины колесной базы транспортного средства в этом направлении. В одном варианте осуществления смещение груза может быть выражено в процентах от поперечного размера грузового контейнера **104** . Смещение груза может представлять интерес для оператора на месте **126** работ при обнаружении транспортных средств, которые имеют неравномерное распределение груза. В некоторых вариантах осуществления смещение нагрузки может быть связано с лопатой или другим тяжелым оборудованием, которое загружает транспортное средство **106**, так что неравномерная нагрузка конкретных операторов может быть обнаружена и устранена. В показанном варианте осуществления процесса блок **1110** затем направляет микропроцессор **232** для определения того, является ли распределение нагрузки неравномерным (т. е. смещение нагрузки больше максимального предварительно определенного процента). При превышении максимального смещения груза блок **1110** управляет микропроцессором **232** для перехода к блоку **1112**, где генерируют и обрабатывают сигнал предупреждения в целом так, как это описано выше. Если в блоке**1110** определено отсутствие превышения максимального смещения груза, то управляют микропроцессором **232** для перехода к блоку **1114**.

Блок **1114** управляет микропроцессором **232** для вычисления общего объема

полезного груза. Общий объем полезного груза в поперечном направлении ограничивается маской полезного груза **806** на поверхности полезного груза и размерами контейнера под поверхностью полезного груза. Таким образом, эти границы и точки высоты заполнения полезным грузом могут использоваться для генерирования сравнительно точной оценки общего объема полезного груза, транспортируемого в грузовом контейнере **104**. Затем блок **1116** управляет микропроцессором **232** для передачи вычисленного объема полезного груза на место **126** работ или другое место, где отображается информация, связанная с операциями на месте работ.

Процессорная схема **250** оперативного центра, показанная на Фиг. **2**, может принимать данные через сеть **220** от нескольких камер **110**. Например, в одном варианте осуществления место работ может содержать несколько дорог, выходящих из этого места, и каждая из них может содержать соответствующее устройство **100** и камеру **110**. Как показано на Фиг. **12**, в одном варианте осуществления возможно отображение информационной панели **1200** процессорной схемой **250** оперативного центра на дисплее **262**. Информационная панель **1200** отображает информацию о состоянии для четырех разных мест **1202**, **1204**, **1206** и **1208**. В месте **1208** самосвал в настоящий момент не обнаружен или не присутствует. Каждое из указанных мест характеризуется информацией о состоянии, связанной с обнаруженным самосвалом и соответствующим полезным грузом. Каждый дисплей состояния содержит хорошо заметную область **1210** предупреждения, которая указывает, обнаружен ли валун или любой другой посторонний объект в полезном грузе. Другие области **1212** информационной панели **1200** отображают дополнительную информацию о состоянии, такую как среднее количество фрагментаций за последние **12** часов, средний общий объем, вычисляемый на основе объемов полезного груза, определяемых в блоке **1110** процесса **714**, и смещение груза, вычисляемое в блоке **1106** процесса **714**.

Хотя выше были описаны и проиллюстрированы конкретные варианты осуществления, такие варианты осуществления следует рассматривать лишь как иллюстративные, и они не ограничивают раскрытые варианты осуществления, интерпретируемые согласно приложенной формуле изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Устройство для анализа полезного груза, транспортируемого в грузовом контейнере транспортного средства, содержащее:

камеру, расположенную с возможностью последовательного получения изображений транспортных средств, пересекающих поле обзора камеры;

по меньшей мере один процессор, имеющий связь с указанной камерой, причем указанный по меньшей мере один процессор функционально выполнен с возможностью выбора по меньшей мере одного изображения из последовательно получаемых изображений в ответ на:

вероятность того, что транспортное средство и несущий контейнер будут находиться в поле зрения на по меньшей мере одном изображении; и

соответствие данных изображения, связанных с указанным по меньшей мере одним изображением, критерию пригодности для дальнейшей обработки;

причем указанная дальнейшая обработка включает в себя обеспечение того, чтобы указанный по меньшей мере один процессор:

осуществлял обработку выбранного изображения для идентификации интересующей области полезного груза на изображении; и

проводил анализ полезного груза внутри идентифицированной интересующей области полезного груза на основе данных изображения, связанных с указанным по меньшей мере одним изображением.

2. Устройство по п. 1, в котором указанный по меньшей мере один процессор функционально выполнен с возможностью выбора указанного по меньшей мере одного изображения посредством:

генерирования трехмерных данных в виде облака точек для последовательно полученных изображений;

определения плотности точек данных в виде облака точек; и

сравнения плотности точек с пороговой плотностью точек для определения соответствия критерию пригодности.

3. Устройство по п. 2, в котором указанный по меньшей мере один процессор функционально выполнен с возможностью предварительной обработки данных в виде трехмерного облака точек для выбранного изображения перед проведением анализа полезного груза, причем указанная предварительная обработка включает по меньшей мере одно из следующих:

удаление координат тех точек облака, которые расположены ниже ожидаемой высоты опорного основания грузового контейнера относительно окружающей поверхности земли; и

удаление координат тех точек облака точек, которые находятся за пределами подобласти облака точек в пределах облака точек, причем указанная подобласть облака точек меньше, чем облако точек.

4. Устройство по п. 2, в котором указанный по меньшей мере один процессор

дополнительно функционально выполнен с возможностью выбора для дальнейшей обработки одного из следующих, если определено, что множество изображений соответствуют критерию пригодности:

изображения, имеющего наивысшую плотность точек;

первого изображения, имеющего плотность точек, превышающую пороговую плотность точек; и

множества изображений, которые имеют плотность точек, превышающую пороговую плотность точек.

5. Устройство по п. 1, в котором процессор дополнительно функционально выполнен с возможностью генерирования уровня достоверности во время обработки выбранного изображения для идентификации интересующей области полезного груза, причем указанный уровень достоверности количественно представляет достоверность того, что идентифицированная интересующая область содержит полезный груз, и указанный уровень достоверности используется по меньшей мере частично для определения того, соответствует ли выбранное изображение критерию пригодности.

6. Устройство по п. 1, в котором указанный по меньшей мере один процессор функционально выполнен с возможностью выбора множества изображений из последовательно полученных изображений, причем каждое из указанного множества изображений обеспечивает отличный от других вид полезного груза, и указанный по меньшей мере один процессор функционально выполнен с возможностью выполнения дополнительной обработки для каждого из множества изображений для получения анализа полезного груза.

7. Устройство по п. 1, в котором камера расположена над транспортным средством, и поле обзора ориентировано вниз для получения изображений верхней поверхности полезного груза, открытой благодаря открытой верхней стороне грузового контейнера.

8. Устройство по п. 1, в котором указанный по меньшей мере один процессор содержит встроенный процессор, имеющий связь с камерой, причем указанный встроенный процессор функционально выполнен с возможностью инициирования передачи данных изображения для выбранного изображения на удаленный процессор, где дальнейшая обработка выполняется указанным удаленным процессором.

9. Устройство по п. 8, в котором встроенный процессор содержит интерфейс глобальной сети, причем указанный встроенный процессор функционально выполнен с возможностью передачи выбранного изображения на удаленный процессор через указанную глобальную сеть.

10. Устройство по п. 1, в котором указанный по меньшей мере один процессор функционально выполнен с возможностью инициирования выдачи сигнала предупреждения в ответ на результаты анализа полезного груза, соответствующие критерию предупреждения.

11. Устройство по п. 10, дополнительно содержащее сигнализатор для предупреждения, функционально выполненный с возможностью генерирования звукового

или визуального сигнала для предупреждения оператора.

12. Устройство по п. 1, в котором указанный по меньшей мере один процессор функционально выполнен с возможностью обработки первого и второго двумерных изображений с разных перспективных точек обзора для генерирования трехмерного облака точек, содержащего трехмерные координаты транспортного средства и грузового контейнера.

13. Устройство по п. 12, в котором камера содержит одно из следующих:

первый и второй датчики изображения, которые смещены для получения соответствующих первого и второго двумерных изображений с разных перспективных точек обзора; и

один датчик изображения, функционально выполненный с возможностью получения первого и второго изображений, отстоящих друг от друга по времени таким образом, что перемещение транспортного средства при пересечении поля обзора обеспечивает разные перспективные точки обзора для первого и второго изображений.

14. Устройство по п. 12, в котором указанный по меньшей мере один процессор функционально выполнен с возможностью обработки одного из соответствующих двумерных изображений для идентификации интересующей области полезного груза в двумерном представлении и проведения анализа полезного груза путем обработки двумерных данных в интересующей области полезного груза, причем указанный по меньшей мере один процессор функционально выполнен с возможностью использования трехмерного облака точек для генерирования масштабирующей информации для анализа полезного груза.

15. Устройство по п. 1, в котором указанный по меньшей мере один процессор функционально выполнен с возможностью обработки выбранного изображения для идентификации интересующей области полезного груза с использованием обученной нейронной сети для получения выходных данных, указывающих местоположение интересующей области в пределах выбранного изображения.

16. Устройство по п. 15, дополнительно содержащее функцию обучения нейронной сети с использованием по меньшей мере одного из следующих:

набора изображений репрезентативных грузовых контейнеров, которые ранее были маркированы человеком; и

алгоритма неконтролируемого обучения, реализуемого для выделения шаблонов в данных изображения.

17. Устройство по п. 15, в котором нейронная сеть содержит сверточную нейронную сеть на основе маскирующей области.

18. Устройство по п. 15, в котором указанный по меньшей мере один процессор функционально выполнен с возможностью обработки выбранного изображения посредством по меньшей мере одного из следующих:

обработки данных изображения для усиления затененных областей перед выполнением анализа полезного груза;

выполнения очистки выбранного изображения для коррекции искажений изображения, создаваемых съемочной оптикой, связанной с камерой, перед идентификацией интересующей области полезного груза; и

разрежения пикселей исходного выбранного изображения для получения изображения с уменьшенным количеством пикселей перед идентификацией интересующей области полезного груза.

19. Устройство по п. 18, в котором выходные данные нейронной сети идентифицируют граничные пиксели, демаркирующие интересующую область полезного груза в пределах разреженного изображения, причем выполнение анализа полезного груза включает определение соответствующих граничных пикселей в пределах исходного выбранного изображения и обработку участков исходного выбранного изображения внутри соответствующих граничных пикселей.

20. Устройство по п. 1, в котором указанный по меньшей мере один процессор функционально выполнен с возможностью определения размеров грузового контейнера транспортного средства посредством одного из следующих:

определения идентификатора транспортного средства, связанного с выбранным изображением, и считывания из базы данных параметров, определяющих размеры грузового контейнера для идентифицированного транспортного средства; и

выполнения дальнейшей обработки для транспортного средства с пустым грузовым контейнером и определение размеров грузового контейнера на основе пустого грузового контейнера.

21. Устройство по п. 20, в котором указанный по меньшей мере один процессор функционально выполнен с возможностью идентификации транспортного средства посредством одного из следующих:

обработки по меньшей мере одного из последовательных изображений для выделения идентификатора транспортного средства, обозначенного на транспортном средстве, в пределах поля обзора камеры;

приема идентификатора от датчика радиочастотной идентификации (radio-frequency identification, RFID), расположенного для считывания RFID-метки, размещенной на транспортном средстве; и

обработки по меньшей мере одного из последовательно полученных изображений с использованием нейронной сети, которая была предварительно обучена осуществлению идентификации транспортного средства на основе полученного изображения.

22. Устройство по п. 20, в котором процессор функционально выполнен с возможностью проведения анализа полезного груза путем определения объема полезного груза посредством определения высоты заполнения полезным грузом внутренней области контейнера на основе трехмерных координат для точек внутри интересующей области полезного груза и вычисления объема полезного груза на основе высоты заполнения полезным грузом и определенных размеров грузового контейнера.

23. Устройство по п. 1, в котором процессор функционально выполнен с

возможностью проведения анализа полезного груза путем идентификации постороннего объекта в полезном грузе.

24. Устройство по п. 23, в котором процессор функционально выполнен с возможностью идентификации постороннего объекта посредством обработки инфракрасных изображений полезного груза, причем посторонний объект идентифицируют путем обнаружения электромагнитного излучения с длинами волн в инфракрасной части спектра.

25. Устройство по п. 1, в котором процессор функционально выполнен с возможностью:

проведения анализа полезного груза путем вычисления смещения груза; и

генерирования предупреждения о неравномерной загрузке, если смещение груза превысило предварительно определенное максимальное смещение груза.

26. Устройство по п. 1, в котором процессор функционально выполнен с возможностью проведения анализа полезного груза путем проведения анализа сегментации в интересующей области полезного груза для определения размеров отличимых частей полезного груза.

27. Устройство по п. 26, в котором процессор функционально выполнен с возможностью инициирования создания сигнала предупреждения в ответ на то, что по меньшей мере одна отличимая часть превысила пороговый размер или идентифицирована как объект, не являющийся полезным грузом.

28. Устройство по п. 27, в котором полезный груз содержит полезный груз в виде добытой руды и в котором анализ сегментации включает одно из следующих:

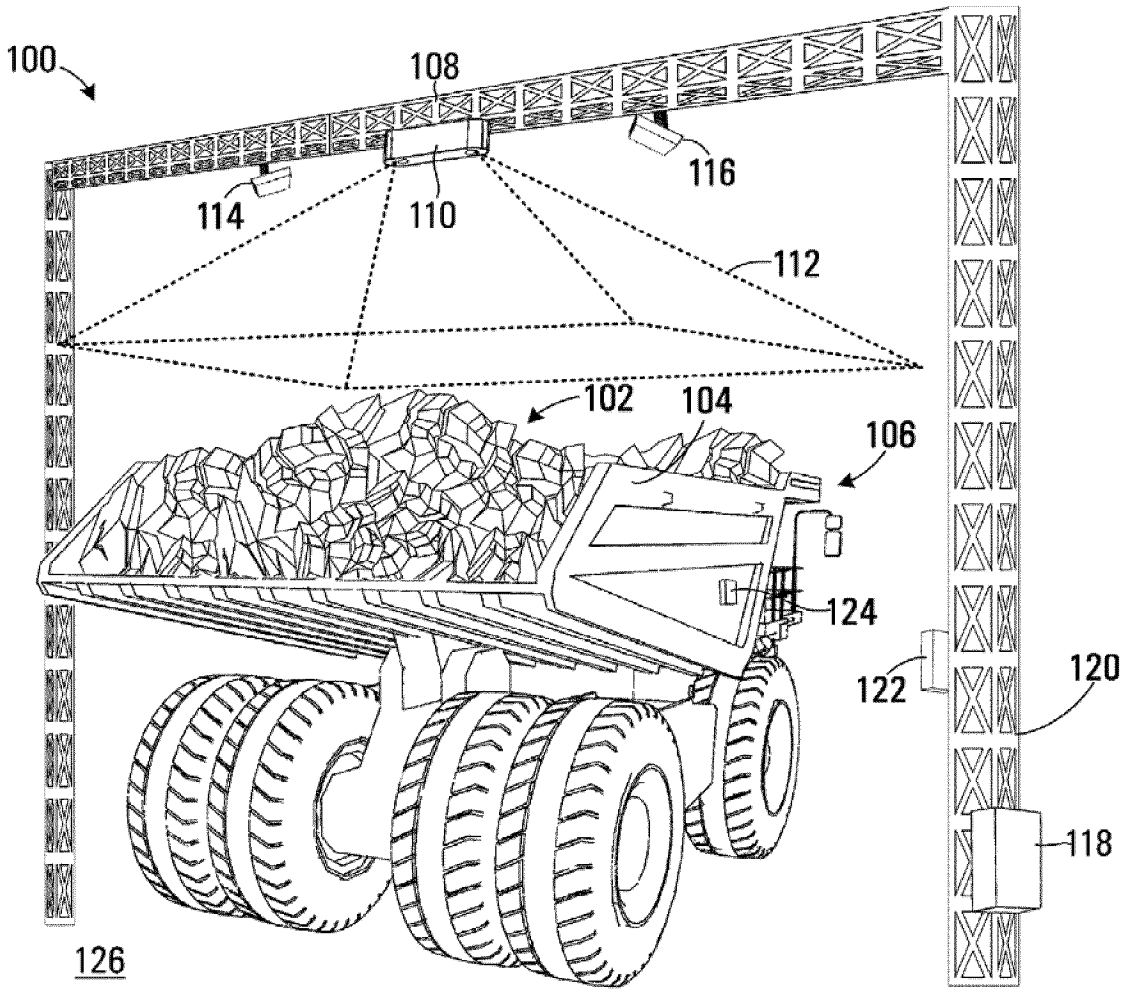
анализ фрагментации, который обеспечивает идентификацию отличимых частей как одного из части в виде породы, части в виде мелочи или промежутка между частями;

распределение груза в пределах размеров грузового контейнера; и

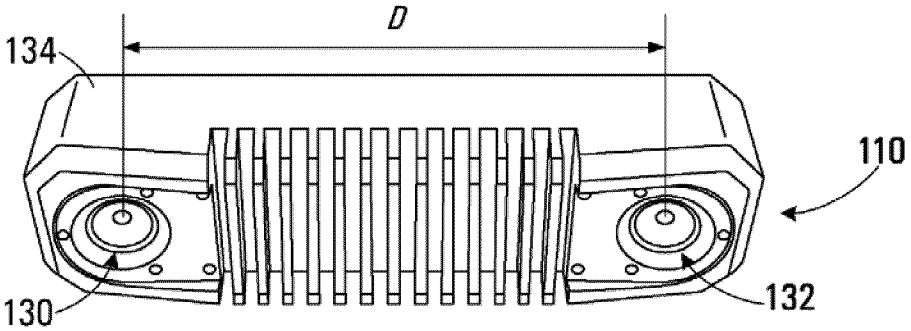
анализ влажности, который обеспечивает классификацию уровня влаги, связанного с полезным грузом.

29. Устройство по п. 1, в котором транспортное средство представляет собой одно из карьерного самосвала, рельсовой тележки, баржи, вагонетки, транспортного средства для загрузки, откатки и выгрузки или шахтного скипа.

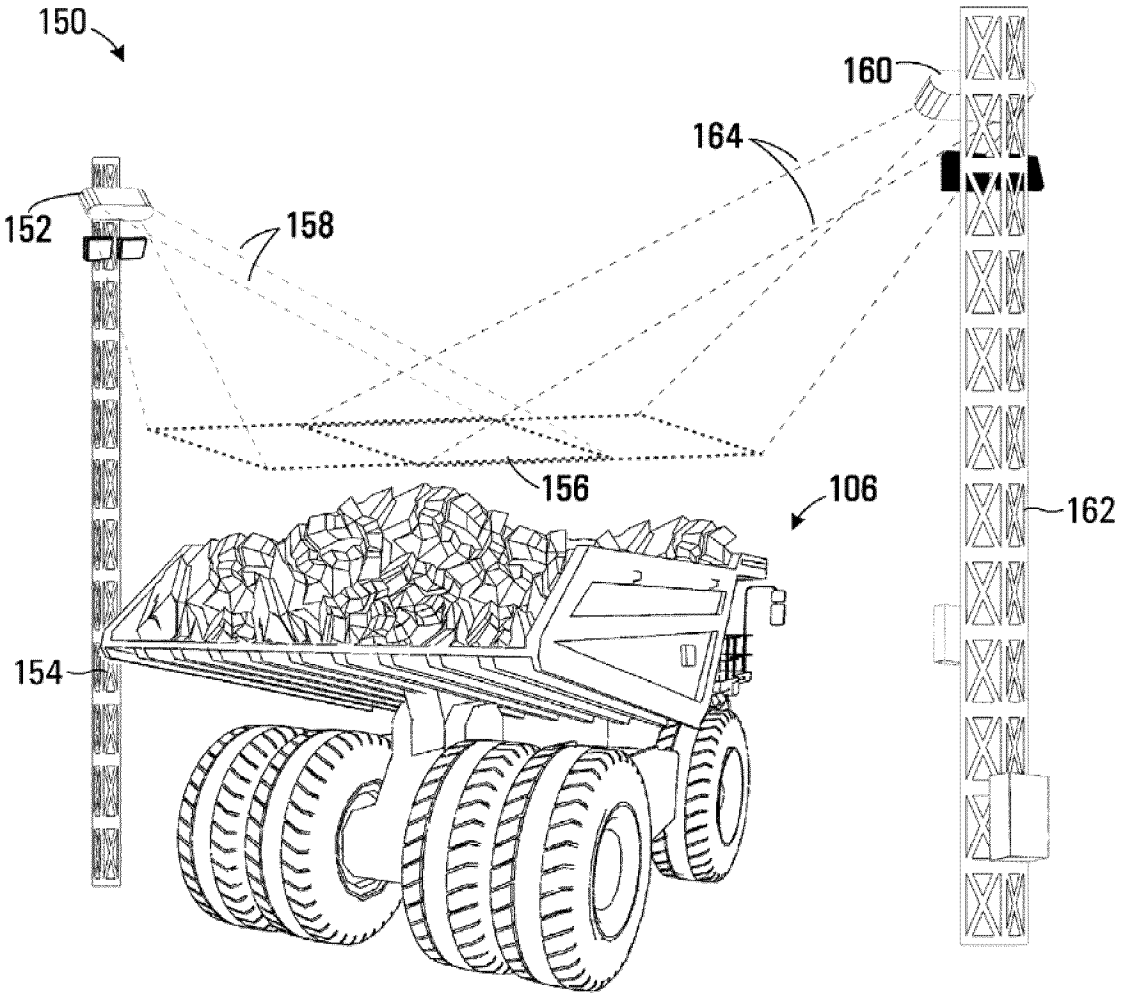
По доверенности


100
108
116
114
110
112
102
104
106
124
122
120
118
126

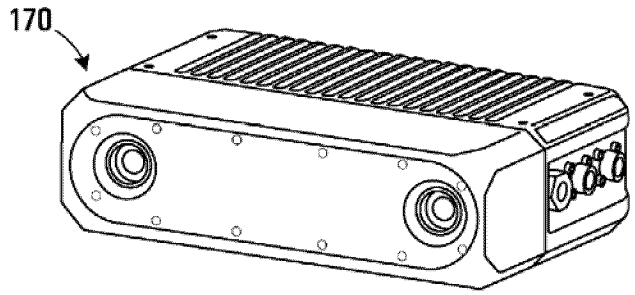
Фиг. 1A


D
134
110
130
132

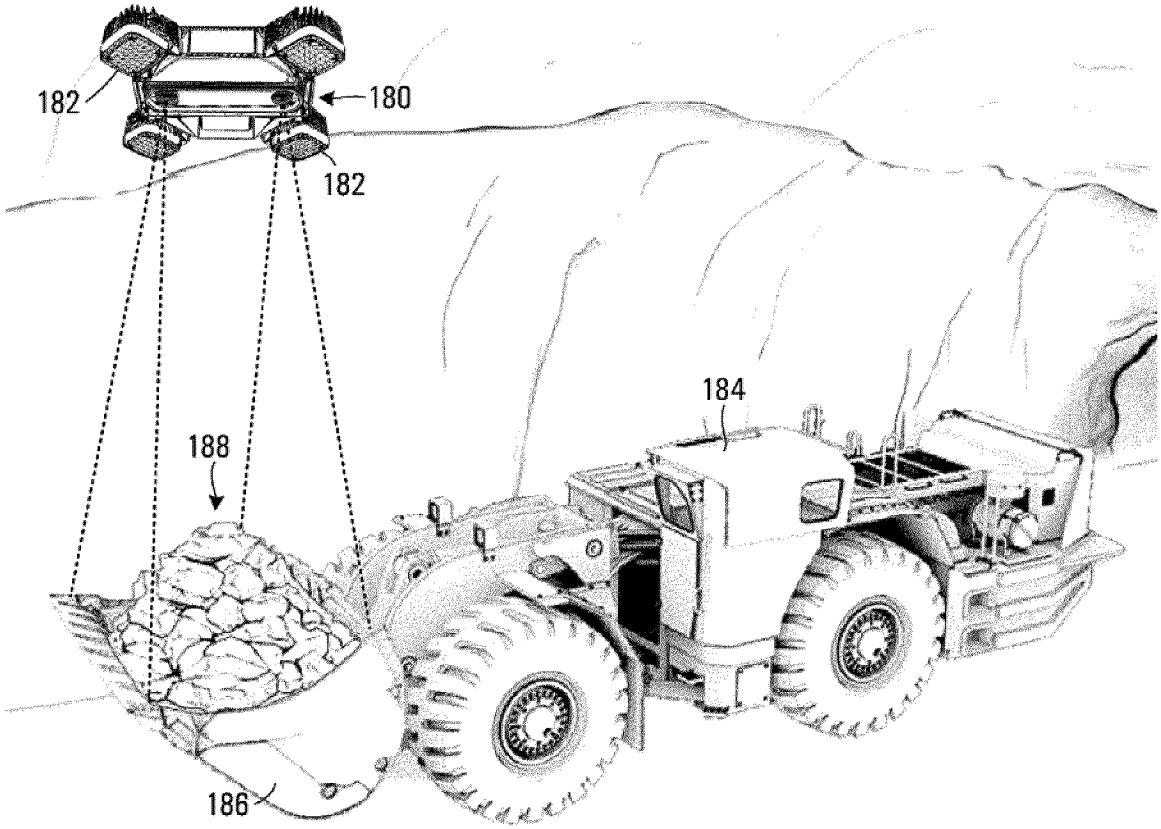
Фиг. 1B



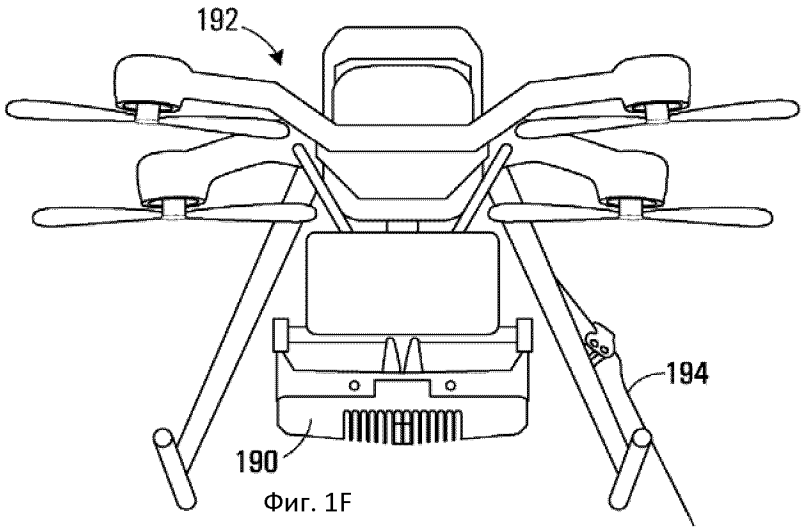
Фиг. 1C



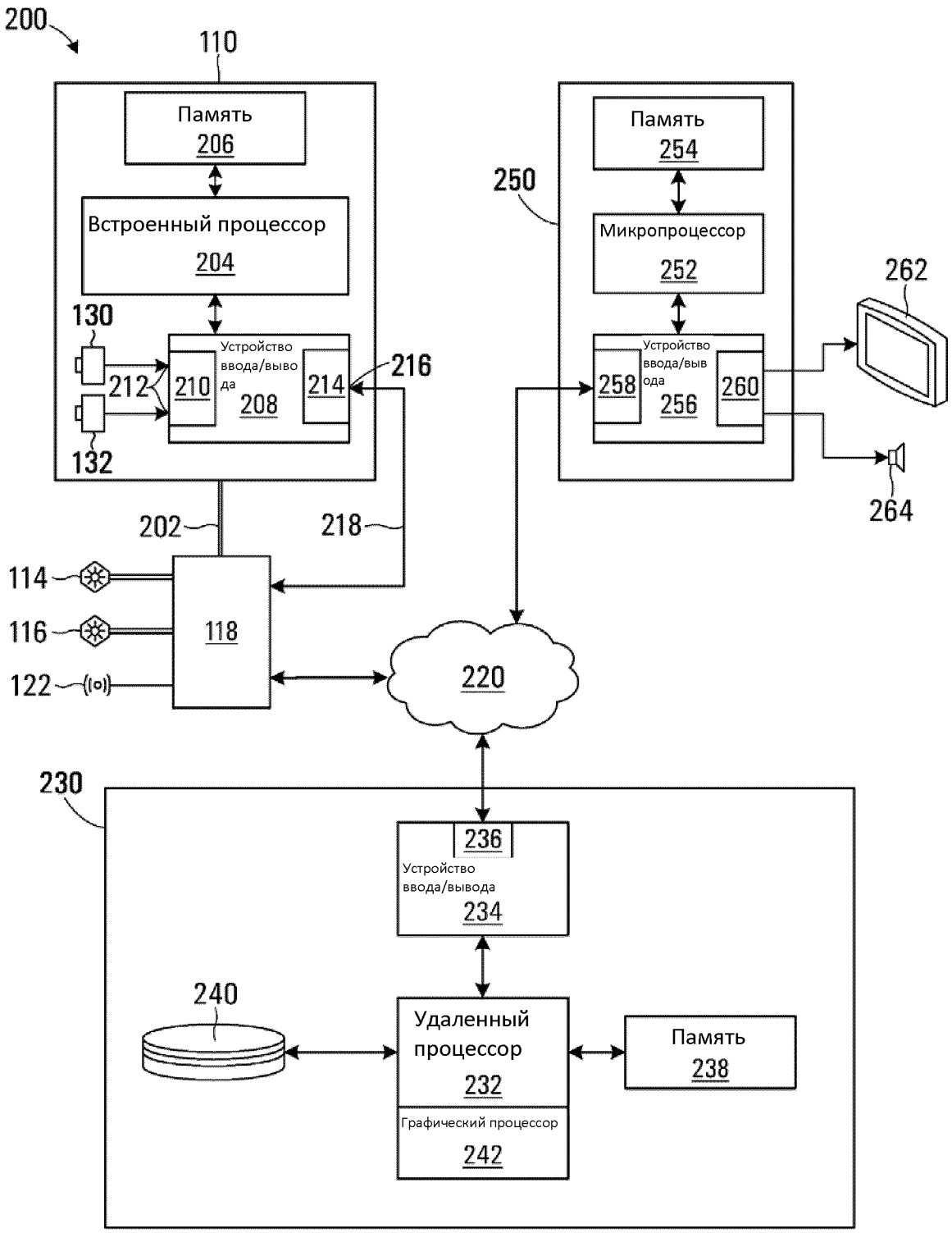
Фиг. 1D



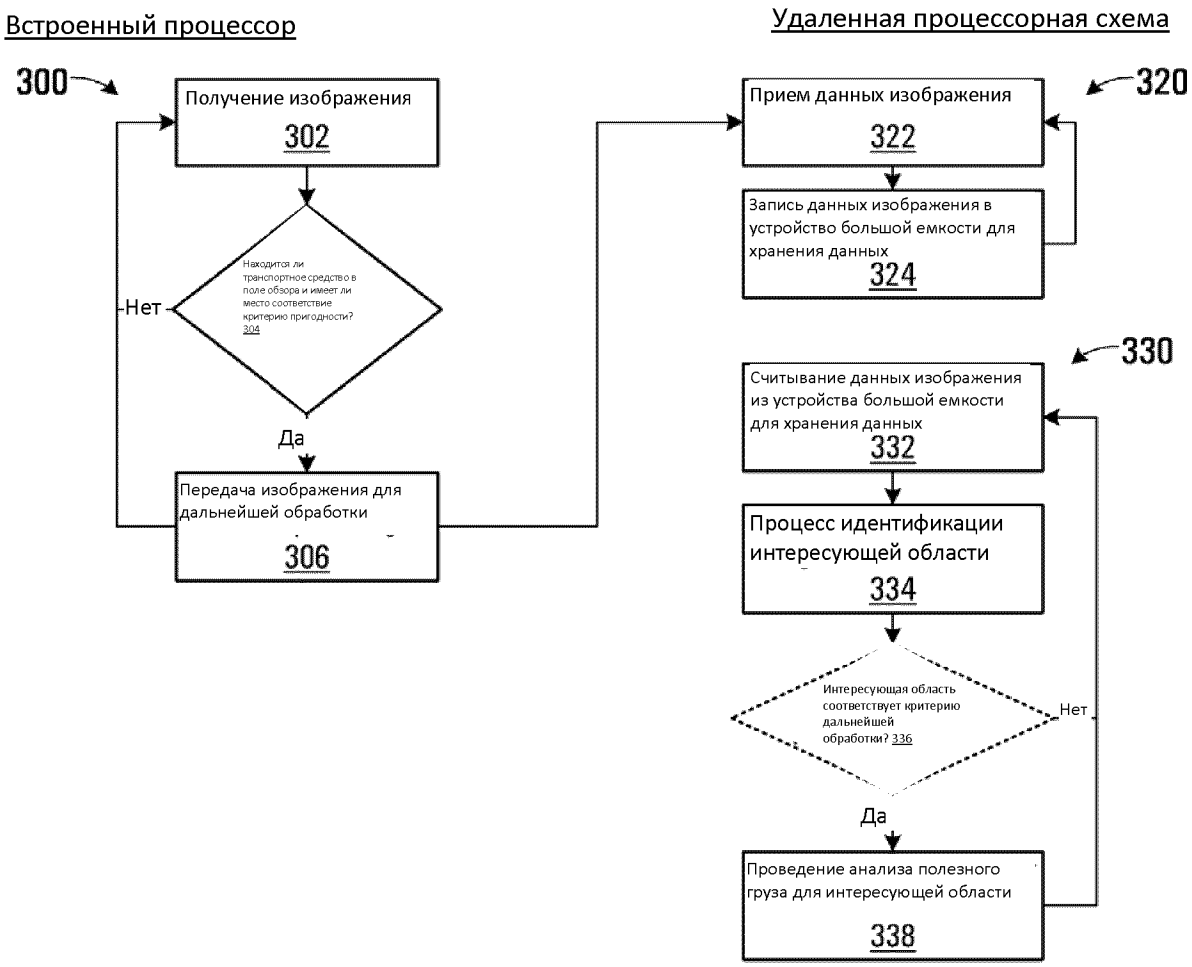
Фиг. 1E



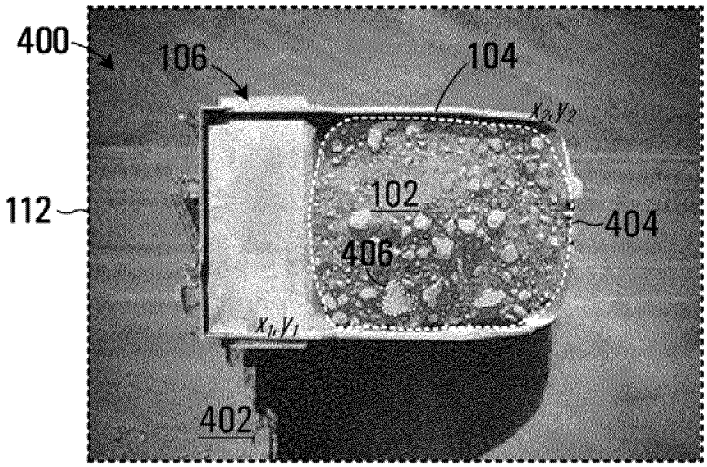
Фиг. 1F


200
110
Память
206
Встроенный процессор
204
130
212
210
Устройство ввода/вывода
208
214
216
132
202
218
114
116
122
118
220
250
Память
254
Микропроцессор
252
258
Устройство ввода/вывода
256
260
262
264
230
236
Устройство ввода/вывода
234
240
Удаленный процессор
232
Графический процессор
242
Память
238

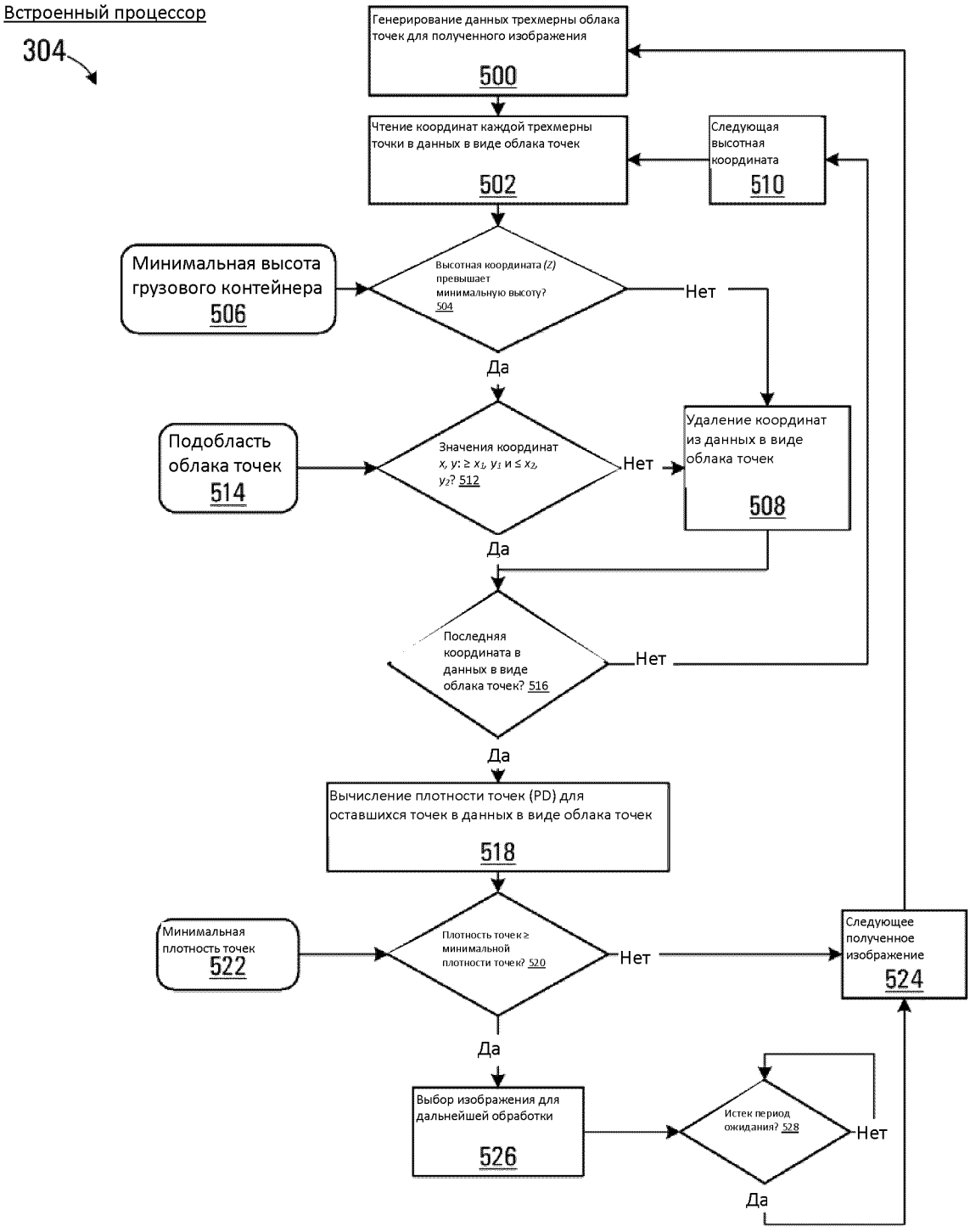
Фиг. 2


Встроенный процессор
Удаленная процессорная схема
300
Получение изображения
302
Находится ли транспортное средство в поле обзора и имеет ли место соответствие критерию пригодности? 304
Нет
Да
Передача изображения для дальнейшей обработки
306
320
Прием данных изображения
322
Запись данных изображения в устройство большой емкости для хранения данных
324
330
Считывание данных изображения из устройства большой емкости для хранения данных
332
Процесс идентификации интересующей области
334
Интересующая область соответствует критерию дальнейшей обработки? 336
Нет
Да
Проведение анализа полезного груза для интересующей области
338

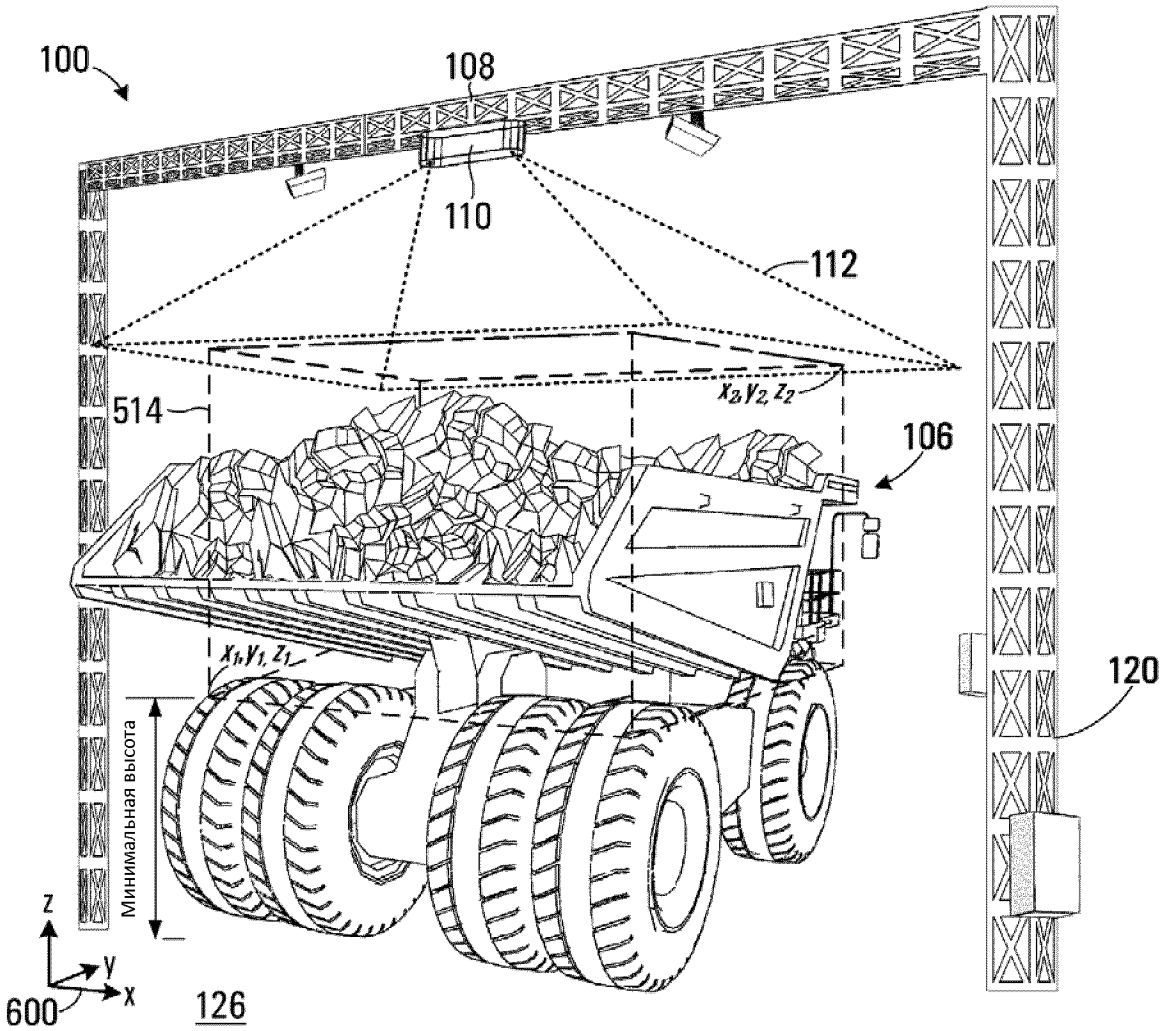
Фиг. 3


400
106
104
x_2, y_2
102
112
404
406
x_1, y_1
402

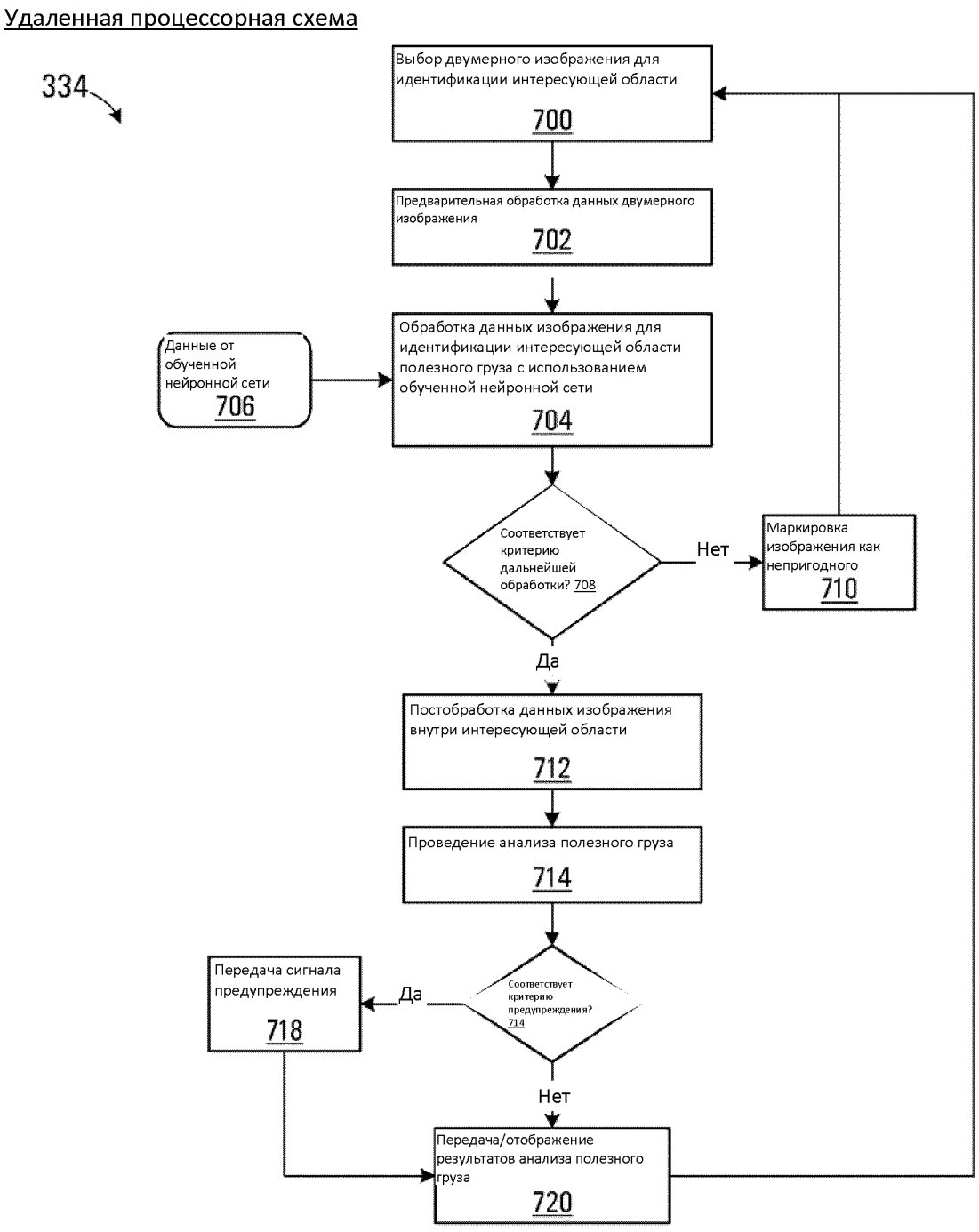
Фиг. 4


Встроенный процессор
304
Генерирование данных трехмерны облака точек для полученного изображения
500
Чтение координат каждой трехмерны точки в данных в виде облака точек
502
Следующая высотная координата
510
Минимальная высота грузового контейнера
506
Высотная координата (z) превышает минимальную высоту? 504
Нет
Да
Подобласть облака точек
514
Значения координат x, y: ≥ x1, y1 и ≤ x2, y2? 512
Нет
Удаление координат из данных в виде облака точек
508
Да
Последняя координата в данных в виде облака точек? 516
Нет
Да
Вычисление плотности точек (PD) для оставшихся точек в данных в виде облака точек
518
Минимальная плотность точек
522
Плотность точек ≥ минимальной плотности точек? 520
Нет
Следующее полученное изображение
524
Да
Выбор изображения для дальнейшей обработки
526
Истек период ожидания? 528
Нет
Да

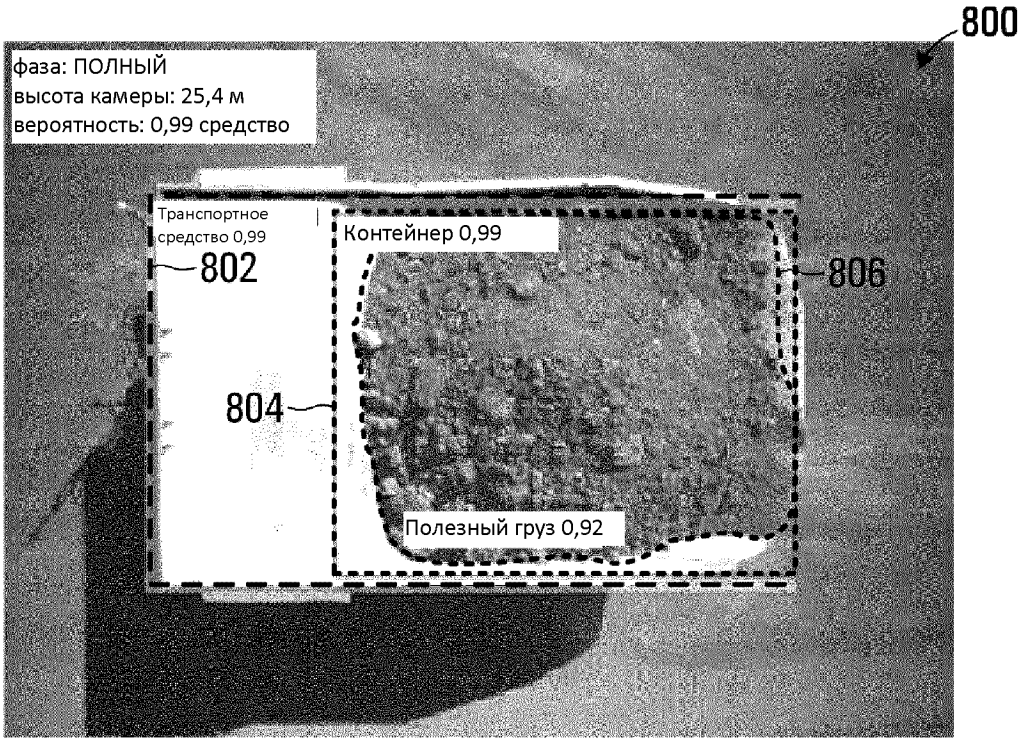
Фиг. 5


100
108
110
112
514
x_2, y_2, z_2
106
x_1, y_1, z_1
120
Минимальная высота
z
y
x
600
126

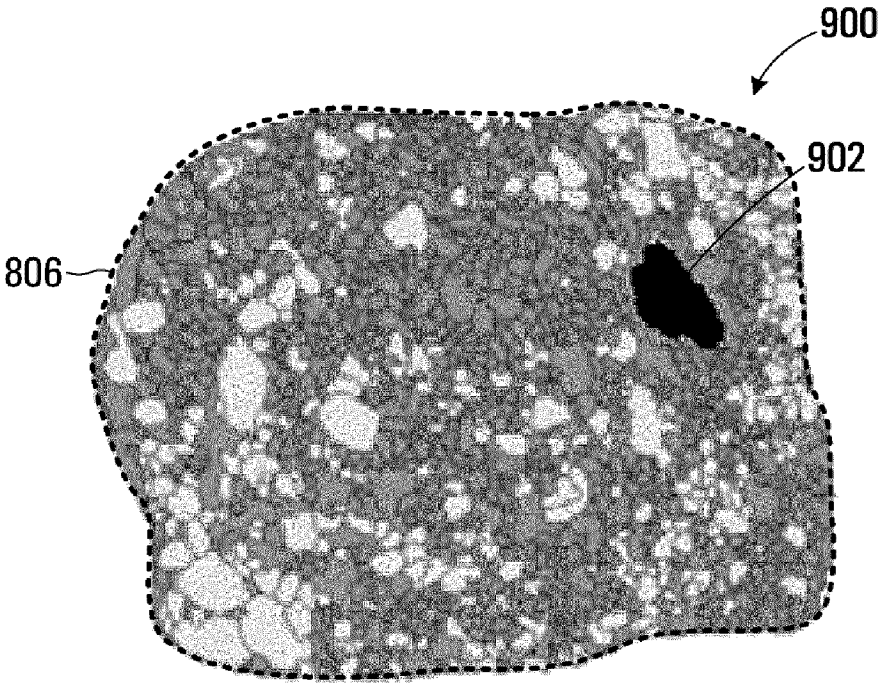
Фиг. 6


Удаленная процессорная схема
334
Выбор двумерного изображения для идентификации интересующей области
700
Предварительная обработка данных двумерного изображения
702
Данные от обученной нейронной сети
706
Обработка данных изображения для идентификации интересующей области полезного груза с использованием обученной нейронной сети
704
Соответствует критерию дальнейшей обработки? 708
Нет
Маркировка изображения как непригодного
710
Да
Постобработка данных изображения внутри интересующей области
712
Проведение анализа полезного груза
714
Передача сигнала предупреждения
718
Да
Соответствует критерию предупреждения? 714
Нет
Передача/отображение результатов анализа полезного груза
720

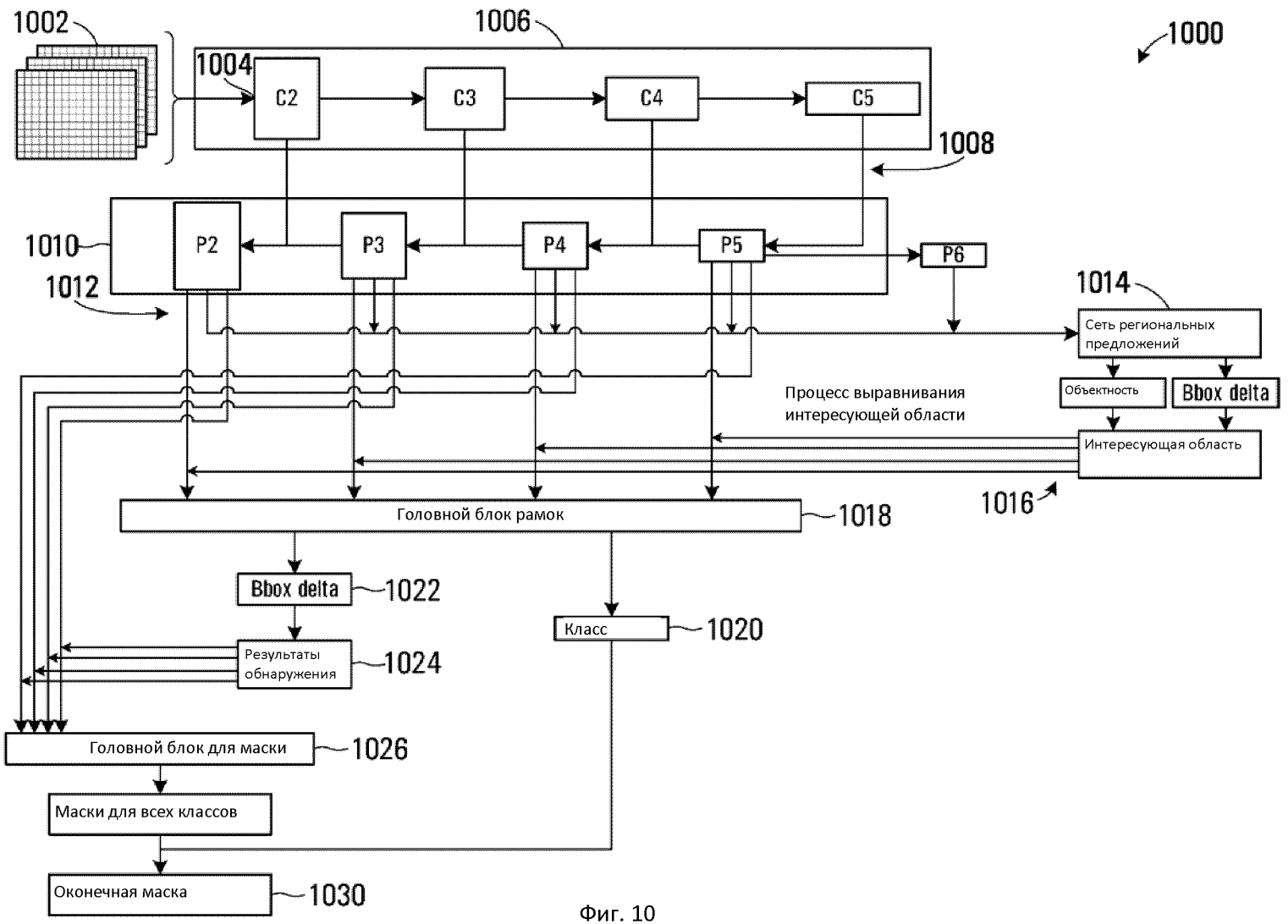
Фиг. 7


800
фаза: ПОЛНЫЙ
высота камеры: 25,4 м
вероятность: 0,99 средство
Транспортное средство 0,99
802
Контейнер 0,99
806
804
Полезный груз 0,92

Фиг. 8

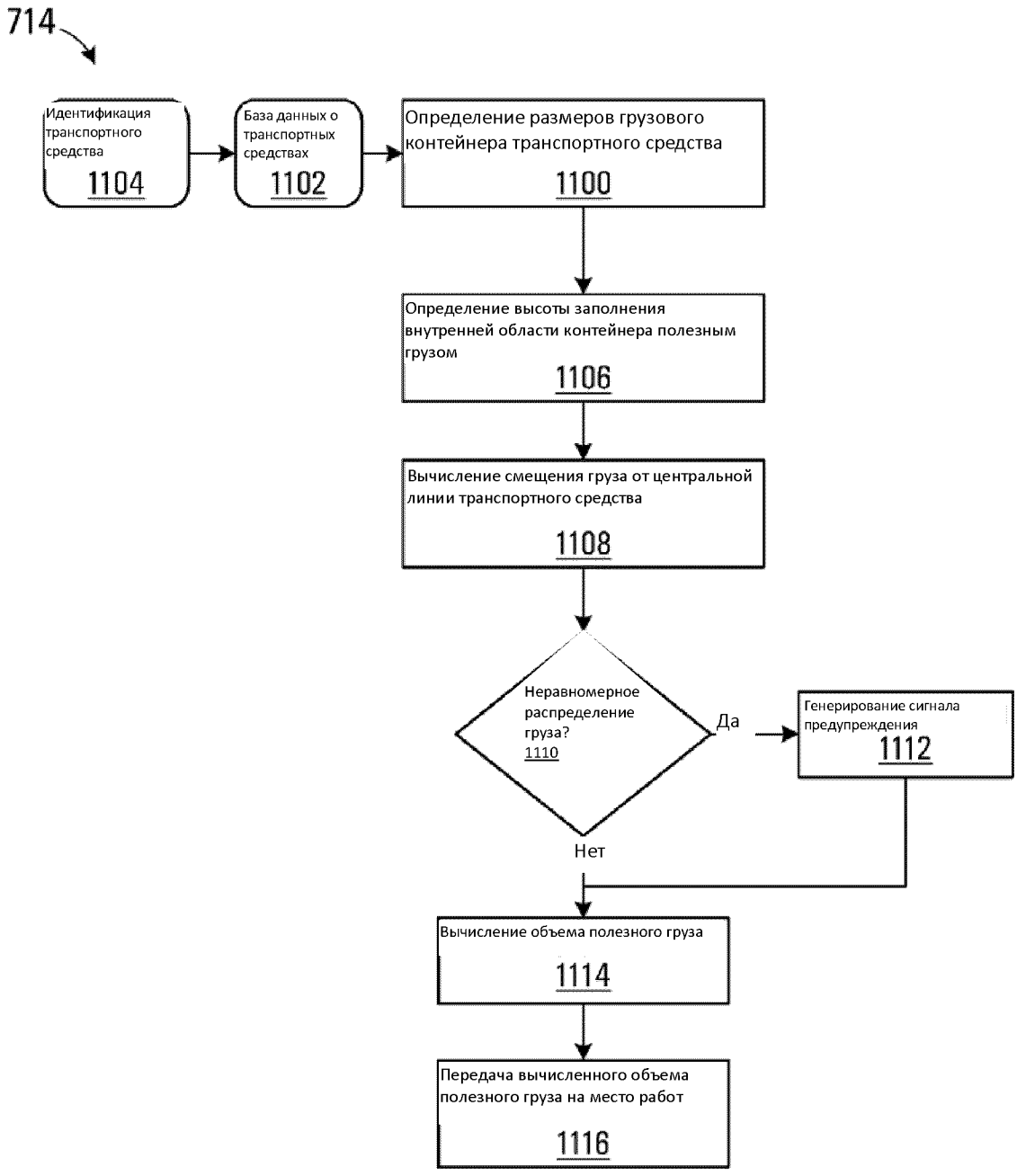

900
902
806

Фиг. 9

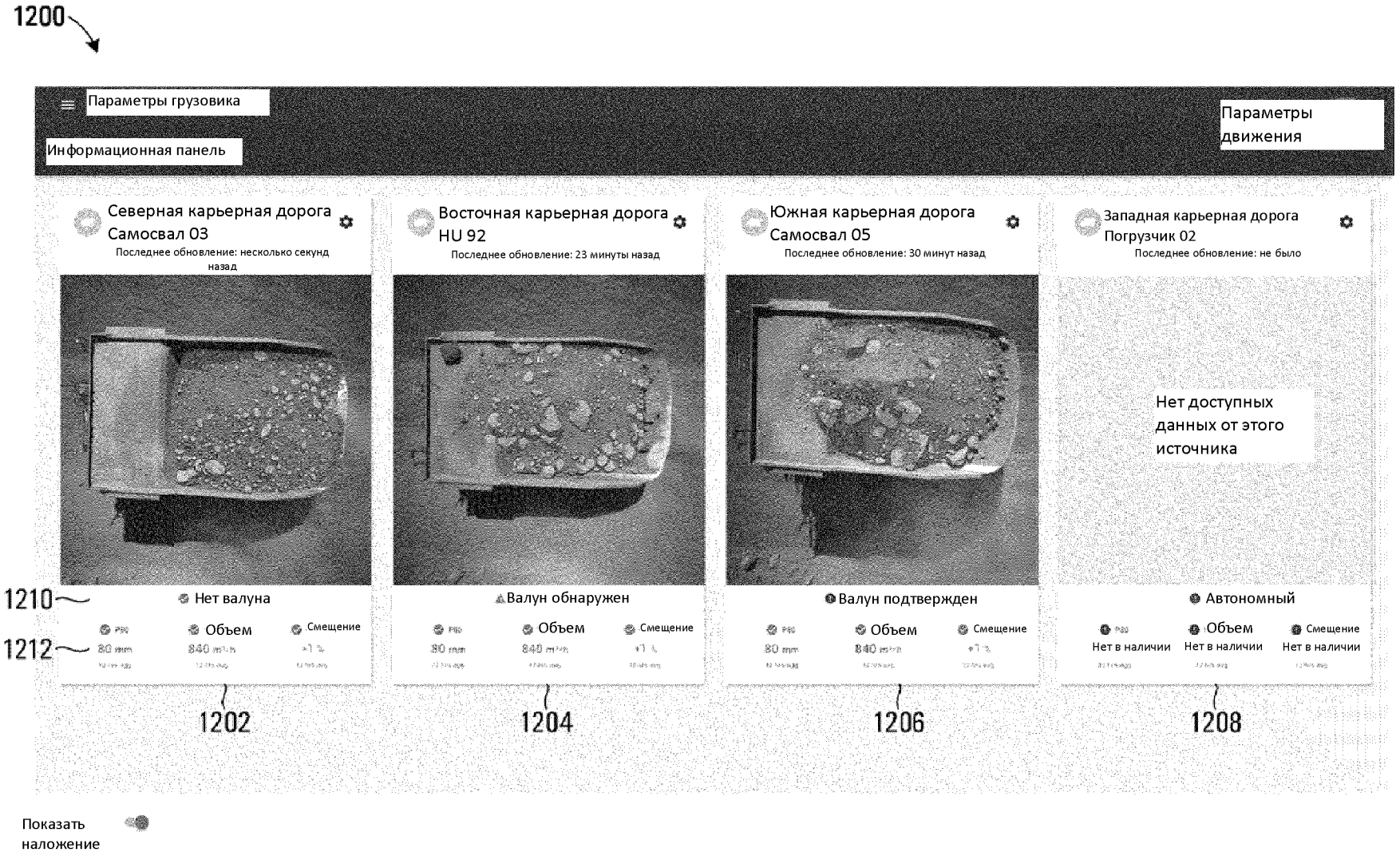

1000
1002
1004
1006
1008
1010
1012
1014
1016
1018
1020
1022
1024
1026
1030
C2
C3
C4
C5
P2
P3
P4
P5
P6
Сеть региональных предложений
Объектность
Bbox delta
Интересующая область
Процесс выравнивания интересующей области
Головной блок рамок
Bbox delta
Класс
Результаты обнаружения
Головной блок для маски
Маски для всех классов
Оконечная маска

Фиг. 10

Удаленная процессорная схема



Фиг. 11


1200
Параметры грузовика
Информационная панель
Параметры движения
Северная карьерная дорога
Самосвал 03
Последнее обновление: несколько секунд назад
Восточная карьерная дорога
HU 92
Последнее обновление: 23 минуты назад
Южная карьерная дорога
Самосвал 05
Последнее обновление: 30 минут назад
Западная карьерная дорога
Погрузчик 02
Последнее обновление: не было
Нет доступных данных от этого источника
1210
Нет валуна
Валун обнаружен
Валун подтвержден
Автономный
1212
Объем
Смещение
80 мм
Нет в наличии
1202
1204
1206
1208
Показать наложение

Фиг. 12