

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **046960**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.05.16

(21) Номер заявки
202292998

(22) Дата подачи заявки
2022.11.17

(51) Int. Cl. **E02F 3/40** (2006.01)
E02F 3/48 (2006.01)
G06T 7/13 (2017.01)

(54) **КОНТРОЛЬ РАБОЧЕГО ЦИКЛА ТЯЖЕЛОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

(31) **17/986,891**

(32) **2022.11.15**

(33) **US**

(43) **2024.05.15**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**МОУШН МЕТРИКС ИНТЕРНЭШНЛ
КОРП. (СА)**

(56) **RU-C1-2694021**
EA-A1-202291773
WO-A1-2019227194
US-B2-8843279
US-A1-20150085123
EP-B1-2792800
US-B2-10679057
US-B2-9909283

(72) Изобретатель:
Нураниан Саман, Пестихи Сейед
Мехран, Агравал Вибудх, Дезаки
Фатемех Тахери, Самади Арахш
Бахар Самарех, Тан Мучжи, Тернер
Глен Ричард Флойд, Тафазоли
Биланди Шахрам (СА)

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

(57) Обеспечены способ и система для контроля операций тяжелого оборудования, имеющего рабочий инструмент, выполненный с возможностью выкапывать груз из забоя. Способ содержит: захват изображений в течение рабочего цикла тяжелого оборудования; обработку изображений посредством модели классификатора активности, включающей в себя нейронную сеть, сконфигурированную и обученную для генерации метки активности на основании последовательности изображений из упомянутых изображений, причем метка активности ассоциирует последовательность изображений со стадией рабочего цикла; выполнение анализа с использованием последовательности изображений, ассоциированных со стадией, причем анализ включает в себя анализ рабочего инструмента, анализ груза и/или анализ забоя; агрегирование результатов анализа во множестве рабочих циклов; и генерирование агрегированной метрики, характеризующей стадию, во множестве рабочих циклов на основании агрегированных результатов анализа.

B1

046960

046960

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Это раскрытие относится в основном к контролю операций тяжелого оборудования, имеющего рабочий инструмент, выполненный с возможностью выкапывать груз из забоя и, более конкретно для выполнения анализа на одном или более из рабочего инструмента, груза и забоя на основании последовательности изображений, извлеченных в течение конкретной стадии рабочего цикла тяжелого оборудования.

Уровень техники

Тяжелое оборудование, например, добычные одноковшовые экскаваторы и землеройные машины, используется для выкапывания земляного материала из забоя и для выгрузки такого земляного материала в карьерный самосвал или на транспортер для транспортировки к месту обработки. Вследствие большого размера и капитальной стоимости такого тяжелого оборудования, контроль работы тяжелого оборудования может быть важным аспектом добычных операций.

Например, износ компонентов рабочих инструментов тяжелого оборудования может снижать производительность земляных работ в ходе выкапывания. Такие компоненты включают в себя зубья и щитки, присоединенные к ковшам. Отсоединенный зуб или отсоединенный щиток, попавший в груз земляного материала, может, например, вызывать повреждение дробильного оборудования в ходе последующей обработки груза земляного материала. Дополнительно, груз земляного материала может включать в себя большие валуны, которые также могут приводить к повреждению дробильного оборудования в ходе последующей обработки или карьерного самосвала в ходе выгрузки.

Сущность изобретения

В одном примере предусмотрен способ контроля операций тяжелого оборудования, имеющего рабочий инструмент, выполненный с возможностью выкапывать груз из забоя. Способ содержит: захват множества изображений в течение рабочего цикла тяжелого оборудования и обработку множества изображений посредством модели классификатора активности, реализованной на процессорной схеме. Модель классификатора активности включает в себя нейронную сеть, сконфигурированную и обученную для генерации метки активности на основании последовательности изображений во множестве изображений. Метка активности ассоциирует последовательность изображений с по меньшей мере одной стадией из множества стадий, образующих рабочий цикл. Способ дополнительно содержит: выполнение по меньшей мере одного анализа с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией, причем по меньшей мере один анализ включает в себя анализ рабочего инструмента, анализ груза и/или анализ забоя.

В другом примере предусмотрен компьютерно-считываемый носитель данных, хранящий инструкции, которые, при выполнении по меньшей мере одним процессором процессорной схемы, предписывают по меньшей мере одному процессору по меньшей мере обрабатывать множество изображений, захваченных в течение рабочего цикла тяжелого оборудования, посредством модели классификатора активности, реализованной на упомянутой процессорной схеме. Модель классификатора активности включает в себя нейронную сеть, сконфигурированную и обученную для генерации метки активности на основании последовательности изображений во множестве изображений. Метка активности ассоциирует последовательность изображений с по меньшей мере одной стадией из множества стадий, образующих рабочий цикл. Инструкции дополнительно предписывают по меньшей мере одному процессору по меньшей мере выполнять по меньшей мере один анализ с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией, причем по меньшей мере один анализ включает в себя анализ рабочего инструмента тяжелого оборудования, анализ груза, выкопанного из забоя тяжелым оборудованием, и/или анализ забоя.

В другом примере предусмотрена компьютерная система, содержащая по меньшей мере один процессор процессорной схемы. По меньшей мере один процессор выполнен с возможностью по меньшей мере обрабатывать множество изображений, захваченных в течение рабочего цикла тяжелого оборудования, посредством модели классификатора активности, реализованной на упомянутой процессорной схеме. Модель классификатора активности включает в себя нейронную сеть, сконфигурированную и обученную для генерации метки активности на основании последовательности изображений во множестве изображений. Метка активности ассоциирует последовательность изображений с по меньшей мере одной стадией из множества стадий, образующих рабочий цикл. По меньшей мере один процессор дополнительно выполнен с возможностью по меньшей мере выполнять по меньшей мере один анализ с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией, причем по меньшей мере один анализ включает в себя анализ рабочего инструмента тяжелого оборудования, анализ груза, выкопанного из забоя тяжелым оборудованием, и/или анализ забоя.

В другом примере предусмотрен способ контроля операций тяжелого оборудования, имеющего рабочий инструмент, выполненный с возможностью выкапывать груз из забоя. Способ содержит: захват множества изображений в течение рабочего цикла тяжелого оборудования; и обработку множества изображений посредством модели классификатора активности, реализованной на процессорной схеме, причем модель классификатора активности включает в себя нейронную сеть, сконфигурированную и обученную для генерации метки активности на основании последовательности изображений во множестве изображений. Метка активности ассоциирует последовательность изображений с по меньшей мере одной

стадией из множества стадий, образующих рабочий цикл. Способ дополнительно содержит: выполнение по меньшей мере одного анализа с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией, причем по меньшей мере один анализ включает в себя анализ рабочего инструмента, анализ груза и/или анализ забоя; агрегирование результатов по меньшей мере одного анализа, выполняемого с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией, во множестве рабочих циклов; и генерирование по меньшей мере одной агрегированной метрики, характеризующей по меньшей мере одну стадию, во множестве рабочих циклов на основании агрегированных результатов по меньшей мере одного анализа.

В другом примере предусмотрен компьютерно-считываемый носитель данных, хранящий инструкции, которые, при выполнении по меньшей мере одним процессором процессорной схемы, предписывают по меньшей мере одному процессору по меньшей мере обрабатывать множество изображений, захваченных в течение рабочего цикла тяжелого оборудования, посредством модели классификатора активности, реализованной на процессорной схеме. Модель классификатора активности включает в себя нейронную сеть, сконфигурированную и обученную для генерации метки активности на основании последовательности изображений во множестве изображений. Метка активности ассоциирует последовательность изображений с по меньшей мере одной стадией из множества стадий, образующих рабочий цикл. Инструкции дополнительно предписывают по меньшей мере одному процессору по меньшей мере выполнять по меньшей мере один анализ с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией. По меньшей мере один анализ включает в себя анализ рабочего инструмента тяжелого оборудования, анализ груза, выкопанного из забоя тяжелым оборудованием, и/или анализ забоя. Инструкции дополнительно предписывают по меньшей мере одному процессору по меньшей мере: агрегировать результаты по меньшей мере одного анализа, осуществляемого с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией, во множестве рабочих циклов; и генерировать по меньшей мере одну агрегированную метрику, характеризующую по меньшей мере одну стадию, во множестве рабочих циклов на основании агрегированных результатов по меньшей мере одного анализа.

В другом примере предусмотрена компьютерная система, содержащая по меньшей мере один процессор процессорной схемы. По меньшей мере один процессор выполнен с возможностью по меньшей мере обрабатывать множество изображений, захваченных в течение рабочего цикла тяжелого оборудования, посредством модели классификатора активности, реализованной на процессорной схеме. Модель классификатора активности включает в себя нейронную сеть, сконфигурированную и обученную для генерации метки активности на основании последовательности изображений во множестве изображений. Метка активности ассоциирует последовательность изображений с по меньшей мере одной стадией из множества стадий, образующих рабочий цикл. По меньшей мере один процессор дополнительно выполнен с возможностью выполнения по меньшей мере одного анализа с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией. По меньшей мере один анализ включает в себя анализ рабочего инструмента тяжелого оборудования, анализ груза, выкопанного из забоя тяжелым оборудованием, и/или анализ забоя. По меньшей мере один процессор дополнительно выполнен с возможностью: агрегировать результаты по меньшей мере одного анализа, осуществляемого с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией, во множестве рабочих циклов; и генерировать по меньшей мере одну агрегированную метрику, характеризующую по меньшей мере одну стадию, во множестве рабочих циклов на основании агрегированных результатов по меньшей мере одного анализа.

Другие аспекты и характеристики станут ясны специалистам в данной области техники из нижеследующего описания конкретных раскрытых примеров совместно с прилагаемыми чертежами.

Краткое описание чертежей

В чертежах, которые иллюстрируют раскрытые примеры,

фиг. 1 - схема системы контроля рабочего цикла добычного одноковшового экскаватора, где добычной одноковшовый экскаватор находится на подстадии зацепления в соответствии с одним примером;

фиг. 2 - вид в плане рабочего инструмента добычного одноковшового экскаватора, показанного на фиг. 1, в соответствии с одним примером;

фиг. 3 - схема системы, показанной на фиг. 1, где добычной одноковшовый экскаватор находится на подстадии выкапывания в соответствии с одним примером;

фиг. 4 - схема системы, показанной на фиг. 1, где добычной одноковшовый экскаватор находится на подстадии освобождения в соответствии с одним примером;

фиг. 5 - схема системы, показанной на фиг. 1, после завершения добычным одноковшовым экскаватором стадии поворота грузом в соответствии с одним примером;

фиг. 6 - схема системы, показанной на фиг. 1, после завершения добычным одноковшовым экскаватором стадии выгрузки в соответствии с одним примером;

фиг. 7 - схема системы, показанной на фиг. 1, после завершения добычным одноковшовым экскаватором стадии поворота разгруженным в соответствии с одним примером;

фиг. 8А-С - иллюстративные изображения или кадры поля зрения системы захвата изображений системы, показанной на фиг. 1, когда добычной одноковшовый экскаватор находится на стадии выкапывания, стадии поворота грузным, стадии выгрузки и стадии поворота разгруженным, соответственно, в соответствии с одним примером;

фиг. 9 - вид спереди стереоскопической камеры, которая формирует систему захвата изображений системы, показанной на фиг. 1 в соответствии с одним примером;

фиг. 10 - блок-схема процессорной схемы встроенного процессора системы, показанной на фиг. 1, в соответствии с одним примером;

фиг. 11 - блок-схема операций процесса, демонстрирующая блоки (этапы) кода для предписания процессорной схеме, показанной на фиг. 10, выполнять оценивание глубины в соответствии с одним примером;

фиг. 12А и 12В - блок-схемы операций процесса, демонстрирующие блоки кода для предписания процессорной схеме, показанной на фиг. 10, выполнять извлечение признака, в соответствии с одним примером;

фиг. 13А и 13В - блок-схемы операций процесса, демонстрирующие блоки кода для предписания процессорной схеме, показанной на фиг. 10, выполнять идентификацию ключевой точки, в соответствии с одним примером;

фиг. 14 - схематическое представление ключевых точек, идентифицированных кодом идентификации ключевой точки, показанным на фиг. 13А и 13В в соответствии с одним примером;

фиг. 15А и 15В - блок-схемы операций процесса, демонстрирующие блоки кода для предписания процессорной схеме, показанной на фиг. 10, выполнять классификацию активности, в соответствии с одним примером;

фиг. 16 - блок-схема операций процесса, демонстрирующая блоки кода для предписания процессорной схеме, показанной на фиг. 10, выполнять сегментацию признака, в соответствии с одним примером;

фиг. 17 - схематическое представление сегментаций признаков, идентифицированных кодами сегментации признака, показанными на фиг. 16, в соответствии с одним примером;

фиг. 18 - блок-схема операций процесса, демонстрирующая блоки кода для предписания процессорной схеме, показанной на фиг. 10, выполнять анализ состояния, в соответствии с одним примером;

фиг. 19 - блок-схема операций процесса, демонстрирующая блоки кода для предписания процессорной схеме, показанной на фиг. 10, выполнять субкоды обнаружения потерь кодов анализа состояния, показанных на фиг. 18, в соответствии с одним примером;

фиг. 20 - блок-схема операций процесса, демонстрирующая блоки кода для предписания процессорной схеме, показанной на фиг. 10, выполнять субкоды контроля износа кодов анализа состояния, показанных на фиг. 18, в соответствии с одним примером;

фиг. 21 - блок-схема операций процесса, демонстрирующая блоки кода для предписания процессорной схеме, показанной на фиг. 10, выполнять субкоды обнаружения валунов кодов анализа состояния, показанных на фиг. 18, в соответствии с одним примером;

фиг. 22 - блок-схема операций процесса, демонстрирующая блоки кода для предписания процессорной схеме, показанной на фиг. 10, выполнять субкоды анализа груза и субкоды анализа забоя кодов анализа состояния, показанных на фиг. 18, в соответствии с одним примером; и

фиг. 23 - вид в перспективе системы контроля рабочего цикла гидравлической землеройной машины в соответствии с одним примером.

Подробное описание

Согласно фиг. 1, система для контроля рабочего цикла тяжелого оборудования показана позицией 100. В показанном примере тяжелое оборудование представляет собой добычной одноковшовый экскаватор 102, в основном сконфигурированный для выкапывания земляного материала из забоя или рабочего места 114 или другой груды земляного материала в открытой выработке, показанной в основном позицией 110. Другим примером тяжелого оборудования является гидравлический забойный экскаватор 950, показанный на фиг. 23. В других примерах, тяжелое оборудование может быть оборудованием любого другого типа, которое вгрызается в забой 114, или любым другим типом оборудования, сконструированным для переноса грузов с одного места на другое, например, скребковым экскаватором, землеройной машиной с обратной лопатой или, например, колесным погрузчиком.

Добычной одноковшовый экскаватор.

В одном примере, добычной одноковшовый экскаватор 102 включает в себя раму 120, поворотную монтируемую на гусеничной платформе 122, стрелу 124, монтируемую к раме 120, рукоять 125, поворотную монтируемую к стреле 124, рабочий инструмент 126, монтируемый к рукояти 125, и механизм управления, показанный в основном позицией 128 для управления добычным одноковшовым экскаватором 102 для выполнения операции копания забоя 114 или операции выгрузки груза 156 (показанного на фиг. 3), выкопанного из забоя 114 или груды земляного материала. Гусеничная платформа 122 позволяет добычному одноковшовому экскаватору 102 пересекать открытую выработку 110. Рама 120 имеет источник питания (не показан) для питания гусеничной платформы 122 и механизм 128 управления и кабину 121 оператора для размещения оператора. Оператор может быть автономным, полуавтономным или не

автономным. Поворотный монтажный механизм 131 между рамой 120 и гусеничной платформой 122 позволяет раме 120 вращаться вокруг оси у системы координат 130 относительно гусеничной платформы 122.

Стрела 124 имеет дальний конец 132 и ближний конец 134. Дальний конец 132 может быть жестко смонтирован (или поворотно смонтирован в некоторых примерах) к раме 120, так что вращение и перемещение рамы 120 преобразуется в соответствующее вращение и перемещение стрелы 124. Поворотный монтажный механизм 133 между стрелой 124 и рукоятью 125 обычно находится в средней точке между дальним и ближним концами 132 и 134 стрелы 124. Аналогично, рукоять 125 имеет дальний конец 136 и ближний конец 138. Поворотный монтажный механизм 133 между стрелой 124 и рукоятью 125 может позволять рукояти 125 вращаться вокруг оси z системы координат 130 относительно стрелы 124 и также может позволять монтажной опоре между стрелой 124 и рукоятью 125 перемещаться вдоль длины рукояти 125 между дальним и ближним концами 136 и 138 рукояти 125. Рабочий инструмент 126 может быть поворотно смонтирован к дальнему концу 136 рукояти 125. Вращение и перемещение рукояти 125 в основном преобразуется в соответствующее вращение и перемещение рабочего инструмента 126; однако поворотный монтажный механизм 135 между рукоятью 125 и рабочим инструментом 126 может также позволять рабочему инструменту 126 вращаться вокруг оси z системы координат 130 относительно рукояти 125. В других примерах добычной одноковшовый экскаватор 102 может включать в себя дополнительные, в меньшем количестве или альтернативные компоненты, которые могут быть соединены друг с другом другими монтажными средствами.

В примере, показанном на фиг. 1, добычной одноковшовый экскаватор 102 является тросовым экскаватором, и механизм 128 управления может включать в себя моторизованный барабан 140, подсоединенный к дальнему концу 132 стрелы 124, по меньшей мере один трос 142, первый конец которого подсоединен к раме 120 через моторизованный барабан 144 рамы и второй конец подсоединен к рабочему инструменту 126 через моторизованный барабан 146 инструмента, моторизованный шкворень 148 в качестве поворотного монтажного механизма 133 между стрелой 124 и рукоятью 125, и механизм 149 управления дверцы нижней стенки 162 грузового контейнера 154. Моторизованный барабан 144 рамы и моторизованный барабан 146 инструмента могут позволять рабочему инструменту 126 вращаться, наматывая и разматывая по меньшей мере один трос 142 на разных стадиях рабочего цикла добычного одноковшового экскаватора 102 как описано ниже. Моторизованный шкворень 148 может позволять монтажной опоре между стрелой 124 и рукоятью 125 перемещаться вдоль длины рукояти 125 между дальним и ближним концами 136 и 138 рукояти 125. Моторизованный барабан 140 может поддерживать вытяжение и убирание по меньшей мере одного троса 142 и поступательное движение рукояти 125. Механизм 149 управления дверцы может открывать и закрывать нижнюю стенку 162 грузового контейнера 154, как описано ниже. В примере, показанном на фиг. 23, гидравлическая землеройная машина 950 является гидравлическим одноковшовым экскаватором и может иметь механизм 128' управления, включающий в себя множество гидравлических приводов.

Согласно фиг. 1 и 2, рабочий инструмент 126 может включать в себя множество грунтозацепляющих зубьев 150, множество грунтозацепляющих щитков 152 режущей кромки и грузовой контейнер 154. В других примерах, и в зависимости от функции тяжелого оборудования и типа земляного материала, подлежащего выкапыванию из забоя 114 или груды земляного материала, рабочий инструмент 126 может включать в себя дополнительные, в меньшем количестве или альтернативные компоненты. Грузовой контейнер 154 включает в себя режущую кромку 160, заднюю стенку и открываемую нижнюю стенку 162, поворотно монтируемую к задней стенке и способную открываться и закрываться механизмом 149 управления дверцы. Зубья 150 и щитки 152 присоединены к ведущему краю 161 режущей кромки 160. В показанном примере, каждый зуб из зубьев 150 включает в себя промежуточный адаптер 164 и наконечник 165. Промежуточные адаптеры 164, наконечники 165 и щитки 152 являются расходными деталями рабочего инструмента 126, которые могут быть заменены. На стадии выкапывания добычного одноковшового экскаватора 102, зубья 150 и щитки 152 зацепляются с забоем 114 и захватывают земляной материал в грузовой контейнер 154 в качестве груза 156. Зубья 150 и щитки 152 защищают ведущий край 161 режущей кромки 160 от износа вследствие контакта с забоем 114. Грузовой контейнер 154 поддерживает груз 156, пока открываемая нижняя стенка 162 поворотно не откроется относительно задней стенки грузового контейнера 154 для выгрузки груза 156 на стадии выгрузки.

Рабочий цикл.

В ходе работы оператор в кабине 121 оператора рамы 120 будет предписывать добычному одноковшовому экскаватору 102 выполнять последовательность действий, которые образуют рабочий цикл добычного одноковшового экскаватора 102. Рабочий цикл может включать в себя, по меньшей мере, следующие стадии: (1) стадию выкапывания, (2) стадию поворота груженым, (3) стадию выгрузки, (4) стадию поворота разгруженным и (5) неактивную стадию. Последовательность действий может повторяться в течение множества рабочих циклов добычного одноковшового экскаватора 102. Например, добычной одноковшовый экскаватор 102 может выполнять первую стадию выкапывания для инициирования первого рабочего цикла, и затем переходить к первой стадии поворота груженым, первой стадии выгрузки и первой стадии поворота разгруженным для завершения первого рабочего цикла, и затем пере-

ходить ко второй стадии выкапывания для инициирования второго рабочего цикла. В других примерах, рабочий цикл добычного одноковшового экскаватора 102 может включать в себя дополнительные, в меньшем количестве или альтернативные стадии. Например, в некоторых ситуациях рабочий цикл может содержать подцикл очистки рабочей площадки, который включает в себя только (1) стадию выкапывания и (2) стадию выгрузки.

Стадия выкапывания.

Согласно фиг. 1, 3 и 4, на стадии выкапывания, оператор будет управлять добычным одноковшовым экскаватором 102 для выкапывания земляного материала из забоя 114. Сама стадия выкапывания может включать в себя, по меньшей мере, следующие подстадии: (а) подстадию зацепления, (б) подстадия выкапывания и (с) подстадию освобождения.

В ходе подстадии зацепления рукоять 125 располагается в опущенной конфигурации, показанной на фиг. 1 (с малым углом относительно оси у и большим углом относительно оси х системы координат 130), благодаря чему грузовой контейнер 154 оказывается вблизи забоя 114. Для перехода к опущенной конфигурации, оператор может управлять добычным одноковшовым экскаватором 102, чтобы предписывать по меньшей мере одному из моторизованных барабанов 144 и 146 рамы и инструмента выпускать по меньшей мере один трос 142 для опускания рабочего инструмента 126, предписывая при этом моторизованному барабану 140 перемещать монтажную опору между стрелой 124 и рукоятью 125 к ближнему концу 138 рукояти 125.

В ходе подстадии выкапывания рукоять 125 переходит из опущенной конфигурации, показанной на фиг. 1, в по существу горизонтальную конфигурацию, показанную на фиг. 3 (с большим углом относительно оси у и малым углом относительно оси х), которая выдвигает рабочий инструмент 126 в забой 114 для выкапывания оттуда земляного материала. Для перехода к по существу горизонтальной конфигурации, оператор может управлять добычным одноковшовым экскаватором 102, чтобы предписывать по меньшей мере одному из моторизованных барабанов 144 и 146 рамы и инструмента убирать по меньшей мере один трос 142 для подъема рабочего инструмента 126, предписывая при этом моторизованному барабану 140 перемещать монтажную опору между стрелой 124 и рукоятью 125 к дальнему концу 136 рукояти 125.

В ходе подстадии освобождения рукоять 125 располагается в поднятой конфигурации, показанной на фиг. 4 (опять же, с большим углом относительно оси у и малым, но большим, чем угол относительно оси х по существу горизонтальной конфигурации, показанной на фиг. 3) для удержания груза 156 в грузовом контейнере 154. Для перехода к поднятой конфигурации, оператор может управлять добычным одноковшовым экскаватором 102, чтобы предписывать по меньшей мере одному из моторизованных барабанов 144 и 146 рамы и инструмента, чтобы дополнительно убирать по меньшей мере один трос 142 для дополнительного подъема рабочего инструмента 126, предписывая при этом моторизованному барабану 140 дополнительно перемещать монтажную опору между стрелой 124 и рукоятью 125 к дальнему концу 136 рукояти 125.

Стадия поворота грузе́ным.

Стадию выкапывания сменяет стадия поворота грузе́ным, когда груз 156 находится в грузовом контейнере 154. Согласно фиг. 5, на стадии поворота грузе́ным, оператор может управлять добычным одноковшовым экскаватором 102 для вращения грузового контейнера 154 поперечно из забоя 114 и к желаемому месту выгрузки. Это может выполняться за счет вращения рамы 120 относительно гусеничной платформы 122 вокруг оси у, пока грузовой контейнер 154, содержащий груз 156, не окажется над желаемым местом выгрузки. В примере, показанном на фиг. 5, желаемым местом выгрузки является кузов 171 карьерного самосвала 170. В таких примерах оператор также может управлять дополнительными компонентами механизма 128 управления или гусеничной платформы 122, или оператор карьерного самосвала 170 может управлять расположением карьерного самосвала 170, для точной настройки относительных положений грузового контейнера 154 и кузова 171 самосвала. В других примерах, желаемым местом выгрузки является другое место в открытой выработке 110, например, конвейерная лента или другая груда земляного материала. В таких примерах оператор также может управлять дополнительными компонентами механизма 128 управления или гусеничной платформы 122 для точной настройки относительных положений грузового контейнера 154 и желаемого места выгрузки.

Стадия выгрузки.

После стадии поворота грузе́ным может наступать стадия выгрузки, когда груз 156 в грузовом контейнере 154 располагается над желаемым местом выгрузки. Согласно фиг. 5 и 6, на стадии выгрузки, оператор может управлять добычным одноковшовым экскаватором 102 для выгрузки груза 156 из грузового контейнера 154 в желаемое место выгрузки. Например, оператор может управлять механизмом 149 управления дверцы для открывания нижней стенки 162 грузового контейнера 154. Дополнительно или альтернативно, оператор может предписывать по меньшей мере одному из моторизованных барабанов 144 и 146 рамы и инструмента выпускать по меньшей мере один трос 142 для вращения грузового контейнера 154 вокруг оси z относительно рукояти 125 к месту выгрузки для выгрузки груза 156.

Стадия поворота разгруженным.

После стадии выгрузки может наступать стадия поворота разгруженным, когда груз 156 выгружен,

и грузовой контейнер 154 опустошен. Согласно фиг. 6 и 7, на стадии поворота разгруженным, оператор может управлять добычным одноковшовым экскаватором 102 для вращения теперь пустого грузового контейнера 154 поперечно от желаемого места выгрузки в другое положение вблизи забоя 114 для извлечения оттуда земляного материала на последующей стадии выкапывания. Оператор может первоначально управлять механизмом 149 управления дверцы для закрывания нижней стенки 162, и/или предписывать по меньшей мере одному из моторизованных барабанов 144 и 146 рамы и инструмента убирать по меньшей мере один трос 142 от места выгрузки. Затем оператор может вращать раму 120 относительно гусеничной платформы 122 вокруг оси у, пока рабочий инструмент 160 вновь не окажется вблизи забоя 114. Оператор также может управлять гусеничной платформой 122 для перемещения всей рамы 120 для точной настройки относительных положений рабочего инструмента 126 и забоя 114 для следующей стадии выкапывания.

Неактивная стадия.

В течение каждой стадии рабочего цикла, между стадиями рабочего цикла или среди множества рабочих циклов, оператор может предписывать добычному одноковшовому экскаватору 102 переходить в неактивное состояние, в котором он не осуществляет никаких конкретных действий, образующих вышеописанные стадии рабочего цикла и/или остается неподвижным. В течение неактивной стадии оператор может ждать, пока другое оборудование или персонал не займут правильное положение. Например, на стадии выгрузки, оператор может предписывать добычному одноковшовому экскаватору 102 переходить в неактивное состояние, ожидая, пока водитель карьерного самосвала 170 расположит кузов 171 самосвала под грузовым контейнером 154. В другом примере, на стадии выкапывания, оператор может предписывать добычному одноковшовому экскаватору 102 переходить в неактивное состояние ожидая, пока персонал не достигнет безопасного места.

Система захвата изображений.

Возвращаясь к фиг. 1 и 2-7, система 100 контроля включает в себя систему 180 захвата изображений, монтируемую на добычном одноковшовом экскаваторе 102 посредством скобы 182, присоединенной к стреле 124, возможно вблизи моторизованного барабана 140. Система 180 захвата изображений обычно располагается таким образом, что поле 184 зрения системы 180 захвата изображений захватывает изображения и/или видео рабочего инструмента 126 как данные, и, в частности, грузового контейнера 154, щитков 152, зубьев 150 и груза 156, при наличии, и участка забоя 114, лежащего позади рабочего инструмента 126 в течение различных стадий рабочего цикла, описанных выше. В других примерах, система 180 захвата изображений может монтироваться в других местах или на других компонентах тяжелого оборудования для захвата рабочего инструмента 126, груз 156 и участок забоя 114 в зависимости от типа тяжелого оборудования. Согласно фиг. 23, система 180' захвата изображений может монтироваться на рукоять 951 гидравлического забойного экскаватора 950. Дополнительно или альтернативно, в других примерах, поле 184 зрения можно выбирать для захвата других компонентов тяжелого оборудования или других признаков фона, связанных с открытой выработкой 110. Например, поле 184 зрения можно выбирать для захвата изображений и видео забоя 114 или груды земляного материала, в течение и после каждой стадии выкапывания, и систему 180 захвата изображений также можно монтировать в других местах или на других компонентах тяжелого оборудования в зависимости от желаемого поля зрения.

Пример изображения или кадра видео, захваченного системой 180 захвата изображений на стадии выкапывания, показан позицией 200 на фиг. 8А, которая захватывает выкапываемый на данный момент участок забоя 114 и груз 156 в грузовом контейнере 154. Пример изображения или кадра, захваченного на стадии поворота грузным, показан позицией 205 на фиг. 8В, которая захватывает груз 156 в грузовом контейнере 154 и участок зубьев 150 рабочего инструмента 126. Пример изображения или кадра, захваченного на стадии выгрузки показан позицией 210 на фиг. 8С, которая захватывает зубья 150, участок щитков 152 и участок режущей кромки 160 рабочего инструмента 126, и участок кузова 171 самосвала карьерного самосвала 170. Пример изображения или кадра, захваченного на стадии поворота разгруженным, показан позицией 215 на фиг. 8D, которая захватывает зубья 150, щитки 152 и режущую кромку 160 рабочего инструмента 126.

В показанном примере система 180 захвата изображений может быть реализована в виде единой стереоскопической камеры, которая захватывает изображения или видео поля 184 зрения в течение рабочего цикла добычного одноковшового экскаватора 102. Пример стереоскопической камеры показан на фиг. 9 позицией 190 и может представлять собой стереокамеру MultiSense S30 от Carnegie Robotics, LLC. Стереоскопическая камера 190 имеет возможность использования формирования стереоизображения для получения трехмерного (3D) облака точек изображений и кадров видео. В показанном примере стереоскопическая камера 190 включает в себя первый формирователь 192 изображений и второй формирователь 194 изображений, монтируемые с разнесением на первое фиксированное расстояние 195 в корпусе 196. Первый и второй формирователи 192 и 194 изображений захватывают первое и второе изображения поля 184 зрения с немного разных точек зрения (например, левой и правой или верхней и нижней). Объединение первого и второго изображений с немного разных точек зрения и знание фиксированного расстояния 195 позволяют внутреннему процессору обработки краев стереоскопической камеры 190 или встроенной процессорной схеме 300 (показанной на фиг. 10) добычного одноковшового экскаватора 102,

описанной ниже, вычислять 3D координаты пикселей, связанных с признаками, найденными в обоих первом и втором изображениях и оценивать значение глубины этого пикселя относительно стереоскопической камеры 190. Дополнительно, в показанном примере, первый и второй формирователи 192 и 194 изображений могут захватывать первое и второе изображения в монохромном режиме, и система 180 захвата изображений может дополнительно включать в себя третий формирователь 198 изображений, который захватывает третье изображение поля 184 зрения в цвете (красный, зеленый и синий). Третий формирователь 196 изображений может быть отделен от первого формирователя 192 изображений вторым фиксированным расстоянием 197 и может быть отделен от второго формирователя 194 изображений третьим фиксированным расстоянием 198. Фиг. 8А-8В могут представлять третье изображение, захваченное третьим формирователем 198 изображений в течение разных стадий рабочего цикла.

В примерах, где стереоскопическая камера 190 захватывает видео поля 184 зрения, видео, захваченное одним или более из первого, второго и третьего формирователей изображений 192, 194, 198, может захватываться по существу непрерывно в течение рабочего цикла. Видео может иметь частоту кадров до 3 кадров в секунду (1/с), разрешение по вертикали 1920 пикселей и разрешение по горизонтали 1188 пикселей. В других примерах захваченное видео может иметь до 10 1/с, до 30 1/с или до 120 1/с и может иметь разрешение по вертикали в пределах от 50 до 2000 пикселей и разрешение в длину в пределах от 50 до 3000 пикселей. В примерах, где стереоскопическая камера 190 захватывает изображения, один или более из первого, второго и третьего формирователей 192, 194 и 198 изображений могут захватывать последовательные изображения в конкретные интервалы времени для генерации множества последовательных изображений в разные моменты времени в течение рабочего цикла. Интервалы времени между последовательными изображениями могут составлять 20 секунд, и изображения могут иметь разрешение по вертикали 1920 пикселей и разрешение по горизонтали 1200 пикселей. В других вариантах выполнения, интервалы времени могут составлять 1 секунду, 5 секунд, 10 секунд, 30 секунд, 60 секунд, 90 секунд или 120 секунд, и изображения могут иметь разрешение по вертикали в пределах от 50 до 2000 пикселей и разрешение в длину в пределах от 50 до 3000 пикселей. Кадры видео или изображения последовательных изображений поля 184 зрения и любые значения глубины, вычисленные внутренним процессором обработки краев, затем могут передаваться стереоскопической камерой 190 на процессорную схему 300 для последующей обработки.

В других примерах система 180 захвата изображений может быть реализована в виде единой двухмерной (2D) камеры, которая захватывает последовательные изображения или видео поля 184 зрения в течение рабочего цикла добычного одноковшового экскаватора 102.

Процессорная схема.

Система 100 контроля также включает в себя процессорную схему 300, пример которой показан на фиг. 10. Возвращаясь ненадолго к фиг. 1 и 2-7, в показанном иллюстративном примере процессорная схема 300 встроена в раму 120 добычного одноковшового экскаватора 102. Однако в других примерах процессорная схема 300 может располагаться на удалении от добычного одноковшового экскаватора 102, например, в центре управления (не показан) открытой выработки 110. Обращаясь теперь к фиг. 10, в показанном примере процессорная схема 300 включает в себя по меньшей мере один процессор 302, программную память 304, запоминающее устройство 306 и интерфейс ввода/вывода (I/O) 308, причем все осуществляют связь с процессором 302. Другие примеры процессорной схемы 300 могут включать в себя в меньшем количестве, дополнительные или альтернативные компоненты.

Интерфейс 308 I/O включает в себя интерфейс для обмена информацией с другими компонентами системы 100 контроля, например, с системой 180 захвата изображений, сервером 312, находящимся на удалении от добычного одноковшового экскаватора 102 (например, в центре управления открытой выработки 110) и/или компьютерной системой 314 оператора, находящейся в кабине 121 оператора. Хотя на фиг. 10 показаны одна-единственная система 180 захвата изображений, единственный сервер 312 и единственная компьютерная система 314, интерфейс 308 I/O может позволять процессору 302 выполнять связь с более чем одной системой 180 захвата изображений, более чем одним сервером 312 или более чем одной компьютерной системой 314. В некоторых примерах процессор 302 может выполнять связь с сервером 312 по беспроводной сети 310 и с системой 180 захвата изображений и компьютерной системой 314 по проводной сети. В других примерах процессор 302 может также выполнять связь с одной или более из системы 180 захвата изображений и компьютерной системы 314 по беспроводной сети 310. Интерфейс 308 I/O может включать в себя любой интерфейс связи, который позволяет процессору 302 выполнять связи с вышеописанными внешними компонентами, включающими в себя специализированные или стандартные технологии интерфейса I/O, например, канальную, разделения по портам, асинхронную.

В запоминающем устройстве 306 хранится принятая информация или информация, сгенерированная процессором 302, например, последовательные изображения или видео из системы 180 захвата изображений, и оно в основном может функционировать как хранилище информации или данных. В программной памяти 304 хранятся различные блоки кода, включающие в себя коды для предписания процессору 302 выполнять различные описанные ниже функции, например, глубинную обработку 350, извлечение 400 признака, идентификацию 450 ключевой точки, классификацию 500 активности, анализ 600 состояния и агрегация метрики 900. В программной памяти 304 также могут храниться коды системы

управления базой данных для управления данными, хранящимися в запоминающем устройстве 306. В других примерах, в программной памяти 304 могут храниться дополнительные или альтернативные блоки кода для предписания процессору 302 выполнять дополнительные или альтернативные функции. Программная память 304 и запоминающее устройство 306 могут быть реализованы в виде одной или комбинации оперативной памяти, жесткого диска, флеш-памяти или памяти на фазовых переходах или любой другой компьютерно-читываемой и/или -записываемой памяти.

Процессор 302 выполнен с возможностью выполнения функций, хранящихся в программной памяти 304, и обмена информацией, включающей в себя данные и команды, с системой 180 захвата изображений, сервером 312 и компьютерной системой 314 через интерфейс 308 I/O. В показанном примере процессор 302 можно оптимизировать для выполнения функций обработки изображений и может включать в себя специализированный графический процессор (GPU) для ускорения функций обработки изображений. В других примерах, процессорная схема 300 может быть частично или полностью реализована с использованием различной аппаратной логики, которая может включать в себя дискретные логические схемы и/или, например, специализированную интегральную схему. В некоторых примерах процессор 302 может располагаться в раме 120 добычного одноковшового экскаватора 102, но программная память 304 и запоминающее устройство 306 могут находиться на удалении от добычного одноковшового экскаватора 102. В таких примерах, процессор 302 может выполнять связь с программной памятью 304 и запоминающим устройством 306 через беспроводную сеть 310, образуя облачную процессорную схему.

В ходе работы процессорная схема 300 в основном выполнена с возможностью приема изображения или видео поля 184 зрения системы 180 захвата изображений и обработки изображений или видео, чтобы (а) определять текущую стадию работы добычного одноковшового экскаватора 102 и (б) генерировать информацию, касающуюся состояния различных компонентов рабочего инструмента 126, груза 156 и забоя 114. Процессор 302 может начинать эти функции обработки, принимая изображения или видео упомянутого поля 184 зрения из системы 180 захвата изображений на интерфейсе 308 I/O. Процессор 302 может сохранять принятые изображения или видео в запоминающем устройстве 306 до перехода к последующим функциям, описанным ниже.

Глубинная обработка.

В некоторых примерах процессорная схема 300 может принимать значения глубины, ассоциированные с изображениями или кадрами, захваченными системой 180 захвата изображений из внешнего источника, например, непосредственно от процессора обработки краев стереоскопической камеры 190. В таких примерах процессорная схема 300 может не иницировать никаких кодов 350 глубинной обработки или может иницировать только часть кодов 350 глубинной обработки. Однако в некоторых ситуациях процессорная схема 300 может не принимать никаких значений глубины от процессора обработки краев или может принимать значения глубины, которые являются неточными. Это может происходить, когда один или оба из первого и второго формирователей 192 и 194 изображений частично или полностью покрываются пылью или обломками в течение рабочих циклов, дают сбой вследствие экстремальных погодных условий, или пыль и обломки в открытой выработке 110 делают вычисление глубины процессором обработки краев неточным. В таких примерах процессорная схема 300 может иницировать свои собственные коды 350 глубинной обработки для оценивания значений глубины для каждого пикселя каждого изображения или каждого кадра, принятого из системы 180 захвата изображений. Значение глубины используется совместно со значениями красный, зеленый и синий этого пикселя (например, комбинированными значениями "RBGD", [красный, синий, зеленый, глубина]) в следующих описанных ниже функциях.

В примере, показанном на фиг. 11, коды 350 глубинной обработки начинаются на этапе 352, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 определять, включает ли в себя изображения принятых последовательных изображений или кадров принятого видео из системы 180 захвата изображений 2D или 3D изображения или кадры. Например, этап 350 может предписывать процессору 302 определять, приняты ли какие-либо значения глубины из системы 180 захвата изображений. Альтернативно или дополнительно, процессор 302 может определять, отсутствует ли один или более из первого изображения или кадра, захваченного первым формирователем 192 изображений и второго изображения или кадра, захваченного вторым формирователем 194 изображений для конкретного момента времени из принятых последовательных изображений или принятого видео. Если одно из первого изображения или кадра и второго изображения или кадра отсутствует, процессор 302 может определять, что данные, принятые для этого конкретного момента времени, являются 2D данными. Альтернативно или дополнительно, процессор 302 может определять, является ли система 180 захвата изображений 2D камерой или стереоскопической камерой.

Если на этапе 352 процессор 302 определяет, что начальное изображение или кадр является 2D данными, то коды 350 глубинной обработки могут продолжаться на этапе 354, который включает в себя коды, предписывающие процессору 302 генерировать значения глубины для этого начального изображения или кадра. Например, этап 352 может предписывать процессору 302 извлекать по меньшей мере одно последовательное изображение или кадр до и/или после начального изображения или кадра и идентифицировать по меньшей мере один общий признак в каждом изображении или кадре. По меньшей мере од-

но последовательное изображение или кадр может включать в себя 2 0 последовательных изображений или кадров, захваченных в $t_1, t_2, t_3 \dots t_{20}$; в других вариантах выполнения, по меньшей мере одно последовательное изображение или кадр может включать в себя примерно от 2 до 200 последовательных изображений или кадров, захваченных в от 2 до 200 последовательных моментов времени. Признаки изображения или кадра можно идентифицировать и описывать с использованием разнообразных описателей, известных специалисту в данной области техники, в том числе использующих угловые точки изображений или кадров, детектора масштабно-инвариантного преобразования признаков (SIFT) на основании опорных изображений рабочего инструмента 126, груза 156 или забоя 114 или детектора устойчивых признаков ускорения (SURF). Затем процессор 302 может отслеживать перемещение по меньшей мере одного общего признака по последовательным изображениям или кадрам для определения глубины пикселей, связанных с по меньшей мере одним общим признаком, на основании, например, оценивания фокусного расстояния относительно системы 180 захвата изображений и параметров радиального искажения.

Альтернативно или дополнительно, этап 354 также может предписывать процессору 302 вводить RGB-значения по меньшей мере одного из первого изображения или кадра, захваченного первым формирователем 192 изображений, второго изображения или кадра, захваченного вторым формирователем 194 изображений и/или третьего изображения или кадра, захваченного третьим формирователем 196 изображений, в модель 355 оценщика глубины. Модель 355 оценщика глубины может обучаться RGB-значениями двух или более из: (а) первых изображений или кадров, захваченных первым формирователем 192 изображений, (b) вторых изображений или кадров, захваченных вторым формирователем 194 изображений, и (с) третьих изображений или кадров, захваченных третьим формирователем 196 изображений, и соответствующими параметрами камеры, например, первым фиксированным расстоянием 195 между первым и вторым формирователями 192 и 194 изображений, вторым фиксированным расстоянием 197 между первым и третьим формирователями 192 и 196 изображений и третьим фиксированным расстоянием 198 между вторым и третьим формирователями 194 и 196 изображений. Вышеупомянутые RGB-значения и параметры камеры вводятся в нейронную сеть модели 355 оценщика глубины, чтобы итерационно генерировать и оптимизировать коэффициенты, которые позволяют нейронной сети для оценивания значений глубины на основании ввода RGB-значений одного из: (а) первого изображения или кадра, захваченного первым формирователем 192 изображений, (b) второго изображения или кадра, захваченного вторым формирователем 194 изображений, и (с) третьего изображения или кадра, захваченного третьим формирователем 196 изображений. Модель 355 оценщика глубины может обучаться на сервере 312, и обученная модель 355 оценщика глубины может локально сохраняться в запоминающем устройстве 306.

Затем коды 350 глубинной обработки продолжают на этапе 356, который может включать в себя коды для предписания процессору 302 сохранять определенное значение глубины совместно со значениями красный, зеленый и синий (например, значениями "RGB", [красный, синий, зеленый]) каждого пикселя для конкретного изображения или кадра. Например, этап 356 может предписывать процессору 302 укладывать в стопку, сращивать или сцеплять значение глубины и RGB-значения для генерации значений "RGBD". На этом коды 350 глубинной обработки заканчиваются.

Если на этапе 352 процессор 302 определяет, что изображение или кадр поля 184 зрения включает в себя 3D данные, то коды 350 глубинной обработки могут переходить к необязательному этапу 358, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 генерировать значения глубины на основании 3D данных. Например, этап 358 может предписывать процессору 302 идентифицировать по меньшей мере один общий признак в каждом из первого изображения или кадра, захваченного первым формирователем 192 изображений, второго изображения или кадра, захваченного вторым формирователем 194 изображений, или третьего изображения или кадра, захваченного третьим формирователем 196 изображений, в один и тот же момент времени. Аналогично этапу 354, признаки изображения или кадра можно идентифицировать и описывать с использованием разнообразных описателей, известных специалисту в данной области техники, включающих в себя, например, детектор SIFT или детектор SURF. Затем процессор 302 может вычислять относительное смещение между по меньшей мере одним общим признаком в первом изображении и втором изображении для определения глубины пикселя, связанного с по меньшей мере одним общим признаком, на основании, например, вычисленного относительного смещения и фиксированного расстояния 195 между первым и вторым формирователями 192 и 194 изображений. Дополнительно или альтернативно, этап 358 может предписывать процессору 302 вводить RGB-значения обоих из первого изображения или кадра и второго изображения или кадра в модель 355 оценщика глубины. Затем коды 350 глубинной обработки могут продолжаться на этапе 356 для сохранения значения глубины, как описано выше.

В некоторых примерах коды 350 глубинной обработки могут заканчиваться непосредственно после того, как процессор 302 определяет на этапе 352, что изображение или кадр включает в себя 3D данные, например согласно вариантам выполнения, где значение глубины обеспечивается, например, процессором обработки краев стереоскопической камеры 190.

Коды извлечения признака.

После приема последовательных изображений или видео, захваченного системой 180 захвата изо-

бражений, процессорная схема 300 может инициировать коды извлечения признака, хранящиеся в программной памяти 304, пример которых показан в основном позицией 400 на фиг. 12А и 12В. Коды 400 извлечения признака в основном включают в себя коды для преобразования каждого изображения из принятых последовательных изображений или каждого кадра принятого видео в одну или более карт признаков, которые можно использовать для последующих функций идентификации ключевой точки, классификации активности, сегментации признака и анализа состояния, описанных ниже. Таким образом, коды 400 извлечения признака образуют магистральный кодер для последующих функций процессорной схемы 300.

В примере, показанном на фиг. 12А и 12В, коды 400 извлечения признака могут начинаться на этапе 402, который включает в себя коды, предписывающие процессору 302 выполнять предобработку изображения или кадра. Например, этап 402 может предписывать процессору 302 понижать дискретизацию принятого изображения или кадра до меньшего разрешения по вертикали и меньшего разрешения по горизонтали, например, с использованием коробчатой понижающей дискретизации или билинейной понижающей дискретизации. В показанном варианте выполнения, изображение кадра подвергается понижающей дискретизации до разрешения по вертикали 400 пикселей и разрешения по горизонтали 640 пикселей; однако в других примерах, разрешение по вертикали и горизонтали в результате понижающей дискретизации может различаться.

Затем коды 400 извлечения признака могут продолжаться на этапе 404, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 обрабатывать RGB-значения каждого пикселя предобработанного изображения или кадра с использованием модели 401 выделителя признака, выполненной с возможностью вывода одной или более карт признаков, представляющих это изображение или кадр. Каждая карта признаков может представлять и сообщать о разных признаках или рисунках в изображении или кадре, например, прямых линиях, кривых линиях, горизонтальных линиях, вертикальных линиях, тени, свете и может подчеркивать разные компоненты изображения или кадра, например, зубья 150, щитки 152 и режущую кромку 160, груз 156 и забой 114 (или груда земляных материалов). В основном, карты признаков, сгенерированные моделью 401 выделителя признака, зависят от сверточных слоев, описанных ниже, и первоначально не заданы. Модель 401 выделителя признака может первоначально выводиться из и адаптироваться к существующей модели извлечения признака, например, U-Net, DenseNet, Segnet, Autoencoder, ResNet.

Согласно фиг. 12А, в показанном примере, модель 401 выделителя признака основана на архитектуре ResNet и включает в себя первый сверточный слой 410, который оперирует непосредственно в отношении RGB-значений каждого пикселя изображения или кадра. Первый сверточный слой 410 может иметь размер ядра 3×3 , шаг 2, размер фильтра 64 и за ним могут следовать операции нормализации партии (BN) и выпрямленной функции линейной активации (ReLU) для генерации формы тензора [1B, 200H, 320W, 64C]. Операция BN в основном функционирует для нормализации выходного тензора первого сверточного слоя 410 до его использования в качестве входа для последующих слоев. Операция ReLU генерирует функцию активации для выходного тензора первого сверточного слоя 410 и может снижать преждевременное схождение модели 401 выделителя признака. Выходной тензор первого сверточного слоя 410 вводится во второй сверточный слой 411, который может иметь размер ядра 3×3 , шаг 1, размер фильтра 64, за этим могут следовать соответствующие операции BN и ReLU для генерации формы тензора [1B, 200H, 320W, 64C]. Выходной тензор второго сверточного слоя 411 вводится в третий сверточный слой 412, который может иметь размер ядра 3×3 , шаг 1, размер фильтра 128, за этим могут следовать соответствующие операции BN и ReLU для генерации формы тензора [1B, 200H, 320W, 128C]. Слой 413 объединения по максимумам (макспулинга) оперирует в отношении выходного тензора третьего сверточного слоя 412 и может иметь размер ядра объединения (пулингового ядра) 3×3 , шаг 1 и заполнение 1 и выдает уплощенный тензор на вход в последующие блоки ResNet.

Согласно фиг. 12В, модель 401 выделителя (экстрактора) признака дополнительно включает в себя первый блок 420 ResNet и второй блок 421 ResNet. Первый блок 420 ResNet может включать в себя четвертый, пятый и шестой 2D сверточные слои 422, 423 и 424. Четвертый сверточный слой 422 первоначально оперирует в отношении выходного тензора слоя 413 объединения по максимумам и может иметь размер ядра 1×1 , шаг 1, размер фильтра 64, за этим могут следовать соответствующие операции BN и ReLU для генерации тензора [1B, 100H, 160W, 64C]. Выходной тензор четвертого сверточного слоя 422 вводится в пятый сверточный слой 423, который может иметь размер ядра 3×3 , шаг 1, размер фильтра 64, за этим могут следовать соответствующие операции BN и ReLU для генерации тензора [1B, 100H, 160W и 64C]. Шестой сверточный слой 424 оперирует как в отношении выходного тензора слоя 413 объединения по максимумам, так и в отношении выходного тензора пятого сверточного слоя 423, может иметь размер ядра 1×1 , шаг 1, и размер фильтра 256, за этим может следовать соответствующая операция BN для генерации тензора [1B, 100H, 160W, 256C]. Выходной тензор шестого сверточного слоя 424 на основании слоя 413 объединения по максимумам может суммироваться с выходным тензором шестого сверточного слоя 424 на основании пятого сверточного слоя 423, за этим может следовать операция ReLU. Суммированный выходной тензор шестого сверточного слоя 424 может возвращаться в четвертый свер-

точный слой 422 и шестой сверточный слой 424 для повторения первого блока 420 ResNet. В показанном примере первый блок 420 ResNet повторяется еще два раза; однако в других примерах, первый блок 420 ResNet может повторяться меньше или больше раз на основании глубины, необходимой для модели 401 выделителя признака. Второй блок 421 ResNet оперирует в отношении выходного тензора окончательной итерации первого блока 420 ResNet и может иметь архитектуру слоев, по существу аналогичную первому блоку 420 ResNet за исключением того, что один из соответствующих четвертого и пятого сверточных слоев 422 и 423 второго блока 421 ResNet может иметь размер фильтра 128 и шаг 2 для генерации тензоров [1B, 50H, 80W, 128C]; тогда как соответствующий шестой сверточный слой 424 второго блока 421 ResNet может иметь размер фильтра 512 для генерации тензора [1B, 50H, 80W, 512C]. В показанном примере второй блок 421 ResNet повторяется четыре раза; однако в других примерах второй блок 421 ResNet может повторяться меньше или больше раз на основании необходимой глубины. Выходной тензор окончательной итерации второго блока 421 ResNet может использоваться для последующих функций идентификации ключевой точки, классификации активности, сегментации признака и анализа состояния, описанных ниже.

Коды идентификации ключевой точки.

После того, как коды 400 извлечения признака генерируют карты признаков для изображений принятых последовательных изображений или кадров принятого видео, процессорная схема 300 может инициализировать коды идентификации ключевой точки хранящийся в программной памяти 304, пример которой показан в основном позицией 450 на фиг. 13А и фиг. 13В, коды 450 идентификации ключевой точки включают в себя коды для идентификации и классификации конкретных ключевых точек в изображениях и кадрах для генерации каркаса ключевых точек, которые можно использовать для последующей классификации активности и функций анализа состояния, описанных ниже.

В примере, показанном на фиг. 13А и 13В, коды 450 идентификации ключевой точки могут предписывать процессору 302 извлекать поднабор изображений или кадров, захваченных в течение периода времени системой 180 захвата изображений. Например, коды 450 идентификации ключевой точки могут предписывать процессору 302 дискретизировать четыре последовательных изображения или кадра, захваченные в четыре последовательных момента времени t_1 , t_2 , t_3 и t_4 . Альтернативно, коды 450 идентификации ключевой точки могут предписывать процессору 302 дискретизировать от 2 до 200 последовательных изображений или кадров, соответственно захваченных в 2-200 последовательных моментах времени. Затем коды 450 идентификации ключевой точки могут предписывать процессору 302 вводить карты признаков (сгенерированные кодами 400 извлечения признака), соответствующие этому поднабору изображений или кадров в модель 451 идентификатора ключевой точки, выполненную с возможностью вывода координат ключевых точек и меток ключевых точек для разных ключевых точек в поднаборе изображений или кадров. Используемые здесь "ключевые точки" представляют собой компьютерно-генерируемые метки для по меньшей мере одного пикселя изображения или кадра, которые функционируют, чтобы пометить компоненты признака изображения или кадра. Метки ключевых точек, выводимые моделью 451 идентификатора ключевой точки, в основном включают в себя ключевые точки, ассоциированные с рабочим инструментом 126, включающие в себя, без ограничения, "верхняя точка зуба", "нижняя точка зуба", "левая точка щитка", "правая точка щитка" и "верхняя точка щитка". В некоторых примерах метки ключевых точек также могут включать в себя "нижнюю точку щитка". Координаты ключевых точек, выводимые моделью 451 идентификатора ключевой точки, могут включать в себя координаты x и y по меньшей мере одного пикселя, соответствующего идентифицированной ключевой точке, в каждом изображении или кадре.

Согласно фиг. 14, метка ключевой точки "верхняя точка зуба" может представлять центр ведущего края наконечника 165 каждого зуба из зубьев 150 рабочего инструмента 126, тогда как метка ключевой точки "нижняя точка зуба" может представлять центр задней кромки промежуточного адаптера 164 каждого зуба. В некоторых примерах метки ключевых точек "верхняя точка зуба" и "нижняя точка зуба" может делиться на уникальные метки ключевых точек, ассоциированные с отдельным зубом из зубьев 150. В таких примерах метки ключевых точек могут включать в себя "верхняя точка зуба 1", "верхняя точка зуба 2", "верхняя точка зуба 3" до "верхняя точка зуба n ", и "нижняя точка зуба 1", "нижняя точка зуба 2", "нижняя точка зуба 3" до "нижняя точка зуба n ", где n - количество зубьев, образующих множество зубьев 150.

Метка ключевой точки "левая точка щитка" может представлять левую сторону ведущего края щитка из щитков 152, тогда как метка ключевой точки "правая точка щитка" может представлять правую сторону ведущего края щитка. Метка ключевой точки "верхняя точка щитка" может представлять центр ведущего края щитка, и в примерах, включающих в себя метку ключевой точки "нижняя точка щитка", эта метка ключевой точки может представлять центр задней кромки щитка. В некоторых примерах метки ключевых точек "левая точка щитка", "правая точка щитка", "верхняя точка щитка" и в необязательном порядке "нижняя точка щитка" может делиться на уникальные метки ключевых точек, ассоциированные с отдельными щитками из щитков 152. В таких примерах метки ключевых точек могут включать в себя "левая точка щитка 1", "левая точка щитка 2", "левая точка щитка 3" до "левая точка щитка m "; "правая точка щитка 1", "правая точка щитка 2", "правая точка щитка 3" до "правая точка

щитка m "; "верхняя точка щитка 1", "верхняя точка щитка 2", "верхняя точка щитка 3" до "верхняя точка щитка m " и "нижняя точка щитка 1", "нижняя точка щитка 2", "нижняя точка щитка 3" до "нижняя точка щитка m ", где m - количество щитков, образующих множество щитков 152.

Модель 451 идентификатора ключевой точки может обучаться RGB-значениями каждого пикселя обучающих изображений или кадров, где обучающие изображения или кадры дополнительно являются ключевой точкой, достоверно аннотированной, по меньшей мере, метками ключевых точек "верхняя точка зуба", "нижняя точка зуба", "левая точка щитка", "правая точка щитка", "верхняя точка щитка" (и в необязательном порядке "нижняя точка щитка"), координатами x и y ключевых точек, и, в необязательном порядке, видимостью ключевой точки (например [метка ключевой точки, x , y , z , видимость]). Вышеупомянутые RGB-значения и достоверные аннотации ключевых точек вводятся в коды 400 извлечения признака для генерации одной или более карт признаков (выходного тензора [1B, 50H, 80W, 512C]). Карты признаков вводятся в нейронную сеть модели 451 идентификатора ключевой точки, чтобы итерационно генерировать и оптимизировать коэффициенты, которые позволяют нейронной сети идентифицировать метки ключевых точек и генерировать соответствующие координаты ключевых точек для разных поднаборов изображений или кадров на основании ввода, включающего в себя карты признаков поднабора изображений или кадров (и на основании начального ввода RGB-значений пикселей поднабора изображений или кадров). Модель 451 идентификатора ключевой точки также может обучаться для генерации меток ключевых точек и координат ключевых точек на основании альтернативных или дополнительных вводов, например, значения глубины каждого пикселя (например, значения глубины, сгенерированной кодами 350 оценивания глубины) или смещения общих признаков по поднабору изображений или кадров (например, аналогично этапу 354 кодов 350 глубинной обработки); в таких примерах обучающие изображения или кадры также могут помечаться значениями глубины или значениями смещения. В некоторых примерах модель 451 идентификатора ключевой точки может первоначально выводиться из и адаптироваться к существующей модели идентификатора ключевой точки, например, KeypointNet, Keypoint RCNN или PoseNet, описанной в Bin XIAO et al., Simple Baselines for Human Pose Estimation and Tracking, arXiv:1804.06208 [cs.CV] (2018), включенной сюда посредством ссылки. Модель 451 идентификатора ключевой точки может обучаться на сервере 312, и обученная модель 451 идентификатора ключевой точки может локально сохраняться в запоминающем устройстве 306.

Возвращаясь к фиг. 13A и 13B, в показанном примере модель 451 идентификатора ключевой точки включает в себя первый (2+1)D сверточный слой 460, который оперирует непосредственно в отношении карт признаков поднабора из четырех изображений или кадров, сгенерированных кодами 400 извлечения признака. Первый сверточный слой 460 может выполнять начальную пространственную 2D свертку в отношении каждого из четырех изображений с размером пространственного ядра 1×1 , шагом 1, размером фильтра 64, и затем может выполнять временную 1D свертку в отношении комбинации из четырех изображений с размером временного ядра 1×1 , шагом 1, размером фильтра 64, но возможны и другие конфигурации. Затем за (2+1)D сверткой могут следовать соответствующие операции BN и ReLu, как описано выше, для генерации тензора [1B, 50H, 80W, 4F, 64C].

Выходной тензор первого сверточного слоя 460 может вводиться в блок 461 3D ResNet. В показанном примере блок 461 3D ResNet может включать в себя второй, третий и четвертый 3D сверточные слои 462, 463 и 464. Второй сверточный слой 462 первоначально оперирует в отношении выходного тензора первого сверточного слоя 460 и может иметь размер пространственного ядра 1×1 и шаг 1, размер временного ядра 1×1 и шаг 1, и размер фильтра 64, за этим могут следовать соответствующие операции BN и ReLu для генерации тензора [1B, 100H, 160W, 4F, 64C]. Третий сверточный слой 463 оперирует в отношении выходного тензора второго сверточного слоя 462 и может иметь размер пространственного ядра 3×3 и шаг 1, размер временного ядра 1×1 и шаг 1, и размер фильтра 64, за этим могут следовать соответствующие операции BN и ReLu для генерации тензора [1B, 100H, 160W, 4F и 64C]. Четвертый сверточный слой 464 оперирует как на выходном тензоре первого сверточного слоя 460, так и на выходном тензоре третьего сверточного слоя 463, и может иметь размер пространственного ядра 1×1 и шаг 1, размер временного ядра 1×1 и шаг 1, и размер фильтра 256, за этим может следовать соответствующая операция BN для генерации тензора [1B, 100H, 160W, 4F, 256C]. Выходной тензор четвертого сверточного слоя 464 на основании третьего сверточного слоя 463 суммируется с выходным тензором четвертого сверточного слоя 464 на основании первого сверточного слоя 460, и за ним следует операция ReLu. Суммарный выходной тензор третьего и четвертого сверточных слоев 463 и 464 может возвращаться во второй сверточный слой 462 и четвертый сверточный слой 464 для повторения блока 461 3D ResNet. В показанном примере блок 461 3D ResNet повторяется еще два раза; однако, в других примерах блок 461 3D ResNet может повторяться меньше или больше раз на основании глубины, необходимой для модели 451 идентификатора ключевой точки. Окончательная итерация блока 461 3D ResNet может генерировать выходной тензор [1B, 400H, 640W, 64C].

Обращаясь теперь к фиг. 13B, выходной тензор окончательной итерации блока 461 3D ResNet может вводиться в слой 465 объединения по максимумам для объединения четырех изображений или кадров и уменьшения размерности формы тензора с четырех измерений (4D) ([B, H, W, F, C]) до 3D ([B, H,

W, C], путем исключения параметра кадра F). Слой 465 объединения по максимумам может иметь размер ядра объединения 1×1 , шаг 1 и объединение (пул) из 4, и за ним могут следовать соответствующие операции BN и ReLu для генерации тензора [1B, 400H, 640W, 64C].

Затем уплощенный выходной тензор слоя 465 объединения по максимумам поступает на оба пятый сверточный слой 467 и восьмой сверточный слой 470. Пятый сверточный слой 467 может иметь размер ядра 5×5 , шаг 1, размер фильтра 64 и за этим могут следовать соответствующие операции BN и ReLu для генерации выходного тензора [1B, 400H, 640W, 64C]. Восьмой сверточный слой 470 может иметь размер ядра 1×1 , шаг 1, и размер фильтра 3 для генерации тензора [1B, 400H, 640W, 4C]. Выходной тензор восьмого сверточного слоя 470 на основании слоя 465 объединения по максимумам затем может уменьшаться в размерах посредством операции изменения размеров $1/4$ для генерации первой Ч канала. Операция изменения размеров аналогична операции BN и в основном позволяет модели 451 идентификатора ключевой точки лучше вычислять расстояние между данными (например, между пикселями, идентифицированными как ключевые точки, и прочими; например, между пикселями, классифицированными конкретной меткой ключевой точки, и пикселями, классифицированными другой меткой ключевой точки). В показанном примере операция изменения размеров является билинейной операцией изменения размеров; однако в других примерах это также могут быть другие операции изменения размеров, известные специалисту в данной области техники.

Выходной тензор пятого сверточного слоя 467 поступает на оба - шестой сверточный слой 468 и восьмой сверточный слой 470. Шестой сверточный слой 468 может иметь размер ядра 5×5 , шаг 1, размер фильтра 32 и за этим могут следовать соответствующие операции BN и ReLu для генерации тензора [1B, 400H, 640W, 32C]. Выходной тензор восьмого сверточного слоя 470 на основании пятого сверточного слоя 467 затем может уменьшаться в размерах посредством операции изменения размеров $1/2$ для генерации второй $1/2$ канала.

Выходной тензор шестого сверточного слоя 468 поступает на оба седьмой сверточный слой 469 и восьмой сверточный слой 470. Седьмой сверточный слой 469 может иметь размер ядра 5×5 , шаг 1, и размер фильтра 16 и за этим могут следовать соответствующие операции BN и ReLu для генерации тензора [1B, 400H, 640W, 16C]. Выходной тензор восьмого сверточного слоя 470 на основании шестого сверточного слоя 468, затем может уменьшаться в размерах посредством операции изменения размеров $3/4$ для генерации третьей $3/4$ канала.

Наконец, выходной тензор седьмого сверточного слоя 469 поступает на восьмой сверточный слой 470. Выходной тензор восьмого сверточного слоя 470 на основании седьмого сверточного слоя 469 может затем поступать на операцию изменения размеров 1 для генерации четвертой 1 канала.

Затем первый, второй, третий и четвертый каналы могут независимо вводиться в девятый сверточный слой 471, который может иметь размер ядра 1×1 , шаг 1 и размер фильтра 3 для генерации выходного тензора [1B, 400H, 640W, 4C]. Затем соответствующие выходные тензоры девятого сверточного слоя 471 на основании первого, второго и третьего каналов могут подвергаться повышающей дискретизации на основании предыдущих соответствующих операций уменьшения размеров, и затем первый, второй и третий каналы увеличенных размеров могут суммироваться с четвертым каналом для генерации выходного тензора [1B, 400H, 640W, 4C], представляющего метки ключевых точек и координаты ключевых точек для поднабора из четырех изображений или кадров. В показанном примере каждый из четырех каналов окончательного тензора модели 451 идентификатора ключевой точки может соответствовать одной из меток ключевых точек "верхняя точка зуба", "нижняя точка зуба", "левая точка щитка", и "правая точка щитка". В примерах, включающих в себя метки ключевых точек "нижняя точка щитка" и "верхняя точка щитка", параметры различных слоев модели 451 идентификатора ключевой точки можно изменять, чтобы прийти к окончательному тензору, имеющему, например, шесть или семь каналов.

Коды классификации активности.

После того, как коды 400 извлечения признака генерируют карты признаков для изображений принятых последовательных изображений или кадров принятого видео (и в некоторых примерах после того, как коды 450 идентификации ключевой точки генерируют метки ключевых точек и координаты ключевых точек для поднаборов изображений или кадров), процессор 300 может инициировать коды классификации активности, хранящиеся в программной памяти 304, пример которых показан в основном позицией 500 на фиг. 15A и 15B. Коды 500 классификации активности включают в себя коды для определения, какая стадия рабочего цикла добычного одноковшового экскаватора 102 должна быть связана с конкретным поднабором изображений или кадров.

В примере, показанном на фиг. 15A и 15B, коды 500 классификации активности начинаются на этапе 502, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 извлекать поднабор изображений или кадров, захваченных в течение периода времени. Например, коды 500 классификации активности могут предписывать процессору 302 дискретизировать 20 последовательных изображений или кадров, захваченных в двадцать последовательных моментов времени $t_1, t_2, t_3 \dots t_{20}$. Альтернативно, коды 500 классификации активности могут предписывать процессору 302 дискретизировать примерно от 2 до 200 последовательных изображений или кадров, соответственно захваченных в от 2 до 200 последова-

тельных моментов времени.

Затем коды 500 классификации активности продолжаются на этапе 504, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 выводить метки активности, представляющие разные стадии рабочего цикла, подлежащие связыванию с поднабором изображений или кадров. Например, этап 504 может предписывать процессору 302 вводить карты признаков (сгенерированные кодами 400 извлечения признака), соответствующие поднабору изображений или кадров, в модель 501 классификатора активности, выполненную с возможностью вывода вероятностей активности, что поднабор изображений или кадров соответствует конкретным меткам активности. В некоторых примерах коды 500 классификации активности также могут предписывать процессору 302 вводить координаты ключевых точек и метки ключевых точек поднабора изображений или кадров (сгенерированные кодами 450 идентификации ключевой точки) в модель 501 классификатора активности. Метки активности, выводимые моделью 501 классификатора активности, могут включать в себя, в порядке примера, но не ограничения, "фон", "копать", "поворот груженым", "выгрузка в самосвал", "выгрузка не в самосвал", "поворот разгруженным", и "неактивный". В некоторых примерах метки активности также могут включать в себя "поддержание".

Метка активности "копать" может быть связана с изображениями или кадрами, соответствующими полю 184 зрения системы 180 захвата изображений, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится на стадии выкапывания (показанной на фиг. 1, 2 и 3; пример которой показан на фиг. 8A). В некоторых примерах метки активности также могут включать в себя, например, "подстадия зацепления", "подстадия выкапывания" и "подстадия освобождения". Метка активности "подстадия зацепления" может быть связана с изображениями или кадрами, соответствующими полю 184 зрения, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится на подстадии зацепления (показанной на фиг. 1). Метка активности "подстадия выкапывания" может быть связана с изображениями или кадрами, соответствующими полю 184 зрения, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится на подстадии выкапывания (показанной на фиг. 2). Метка активности "подстадия освобождения" может быть связана с изображениями или кадрами, соответствующими полю 184 зрения, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится на подстадии освобождения (показанной на фиг. 3).

Метка активности "поворот груженым" может быть связана с кадрами или изображениями, соответствующими полю 184 зрения, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится на стадии поворота груженым (в основном переход от фиг. 4 к фиг. 5; пример которой показан на фиг. 8B), тогда как метка активности "поворот разгруженным" может быть связана с кадрами или изображениями, соответствующими полю 184 зрения, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится на стадии поворота разгруженным (в основном переход от фиг. 6 к фиг. 7; пример которой показан на фиг. 8D).

Метка активности "выгрузка в самосвал" может быть связана с изображениями или кадрами, соответствующими полю 184 зрения, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится на стадии выгрузки, где желаемым местом выгрузки является кузов 171 самосвала карьерного самосвала 170 (показанный на фиг. 5; пример которой показан на фиг. 8C), тогда как метка активности "выгрузка в самосвал пустой" может быть связана с изображениями или кадрами, соответствующими полю 184 зрения, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится на стадии выгрузки, где желаемым местом выгрузки является не кузов 171 самосвала.

Метка активности "неактивный" может быть связана с изображениями или кадрами, соответствующими полю 184 зрения, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится на неактивной стадии, где не выполняются никакие конкретные действия, которые образуют конкретную стадию рабочего цикла добычного одноковшового экскаватора 102 или где добычной одноковшовый экскаватор 102 не движется. Метка активности "поддержание" может быть связана с изображениями или кадрами, соответствующими полю 184 зрения, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится в месте поддержания. Метка активности "фон" может быть связана с изображениями или кадрами, соответствующими полю 184 зрения, и модель 501 классификатора активности не может классифицировать ее как любую другую из вышеперечисленных меток.

Вероятность активности, выводимая моделью 501 классификатора активности, может включать в себя процент для каждой из меток активности, где суммарный процент равен 1, например [0, 0, 0,95, 0,02, 0,03, 0, 0], соответствующий, например, меткам активности ["фон", "копать", "поворот разгруженным", "выгрузка в самосвал", "выгрузка не в самосвал", "неактивный", "поворот груженым"].

Модель 501 классификатора активности может обучаться RGB-значениями каждого пикселя обучающих изображений или кадров, где обучающие изображения или кадры дополнительно достоверно аннотируются по меньшей мере метками активности "фон", "копать", "поворот груженым", "выгрузка в самосвал", "выгрузка не в самосвал", "поворот разгруженным", и "неактивный". В примерах, включающих в себя метки активности "подстадия зацепления", "подстадия выкапывания", "подстадия освобождения", и "поддержание", обучающие изображения или кадры также могут быть достоверно аннотированы этими метками активности. Затем вышеупомянутые RGB-значения и достоверные аннотации активности вводятся в коды 400 извлечения признака для генерации одной или более карт признаков (выходного тензора [1B, 50H, 80W, 512C]). Карты признаков вводятся в нейронную сеть модели 501 классификатора активности, чтобы итерационно генерировать и оптимизировать коэффициенты, которые позволяют ней-

ронной сети генерировать соответствующие вероятности активности меток активности на основании ввода, включающего в себя карты признаков поднабора изображений и кадров (и на основании начального ввода RGB-значений пикселей поднабора изображений или кадров). Как описано выше, в некоторых примерах координаты ключевых точек и метки ключевых точек каждого изображения или кадра (сгенерированные кодами 450 идентификации ключевой точки) также могут использоваться моделью 501 классификатора активности для генерации вероятностей активности меток активности. В других примерах модель 501 классификатора активности также может обучаться для генерации вероятностей активности меток активности на основании альтернативных или дополнительных вводов, например, значения глубины каждого пикселя или смещения общих признаков по поднабору изображений или кадров. В таких примерах обучающие изображения или кадры также могут помечаться метками ключевых точек и координатами ключевых точек, значениями глубины и/или значениями смещения. В некоторых примерах модель 501 классификатора активности может первоначально выводиться из и адаптироваться к существующей модели пространственно-временной классификации активности, например, системе, описанной в Du TRAN et al., A Closer Look at Spatiotemporal Convolutions for Action Recognition, arXiv:1711.11248v3 [cs.CV] (2018), включенной сюда посредством ссылки. Модель 501 классификатора активности может обучаться на сервере 312 и локально сохраняться в запоминающем устройстве 306.

По-прежнему согласно фиг. 15A, в иллюстративном примере модель 501 классификатора активности включает в себя первый (2+1)D сверточный слой 510, который оперирует непосредственно в отношении карт признаков поднабора из 20 изображений или кадров, сгенерированных кодами 400 извлечения признака, и может выполнять начальную пространственную 2D свертку в отношении каждого из 20 изображений или кадров с размером пространственного ядра 1×1 , шагом 1 и размером фильтра 16, и затем может выполнять временную 1D свертку в отношении комбинации 20 изображений или кадров, опять же с размером временного ядра 1×1 , шагом 1 и размером фильтра 16, но возможны и другие конфигурации. За (2+1)D сверткой могут следовать соответствующие операции BN и ReLu, как описано выше, для генерации тензора [1B, 50H, 80W, 20F, 16C].

Выходной тензор первого сверточного слоя 510 вводится во второй (2+1)D сверточный слой 513, который также может выполнять начальную пространственную 2D свертку с размером пространственного ядра 5×5 , шагом 1 и размером фильтра 16, и затем временную 1D свертку с размером временного ядра 5×5 , шагом 1 и размером фильтра 16, за этим могут следовать соответствующие операции BN и ReLu. Выходной тензор первой итерации второго сверточного слоя 513 поступает в первый слой 530 3D объединения по максимумам, который может иметь пространственное ядро объединения 2×2 и шаг 2 и временное ядро объединения 1×1 и шаг 1. Выходной тензор первого слоя 530 объединения по максимумам может возвращаться во второй сверточный слой 513 для повторения второго сверточного слоя 513. Выход второй итерации второго сверточного слоя 513 поступает во второй слой 514 3D объединения по максимумам, который может иметь пространственное ядро объединения 2×2 и шаг 2, и временное ядро объединения 2×2 и шаг 2. Затем выход второго слоя 514 объединения по максимумам возвращается во второй сверточный слой 513 для повторения второго сверточного слоя 513, слоя 530 объединения по максимумам, второго сверточного слоя 513 и второго слоя 514 объединения по максимумам. В других примерах комбинация второго сверточного слоя 513, первого слоя 530 объединения по максимумам, второго сверточного слоя 513 и второго слоя 514 объединения по максимумам может повторяться меньше или больше раз. Окончательная итерация второго слоя 514 объединения по максимумам может генерировать тензор [1B, 3H 5W, 1F, 16C].

Затем выходной тензор окончательной итерации второго слоя 514 объединения по максимумам подвергается операциям прореживания $p=0,5$ и уплощения. Операция прореживания уменьшает связь между данными и может выбрасывать все связи ниже границы прореживания, тогда как операция уплощения дополнительно уплощает выходной тензор слоя 514 объединения по максимумам от 3D к 1D (преобразует тензор в [1B, 240C]), чтобы его можно было вводить в первый и второй плотные слои 516 и 517.

Уплощенный и прореженный тензор выводится в первый плотный слой 516, который может иметь 16 каналов (соответствующих 3840 соединенным краям), за этим может следовать соответствующая операция ReLu, как описано выше, для генерации тензора [1B, 16C]. Выходной тензор первого плотного слоя 516 поступает на второй плотный слой 517, который может иметь 7 каналов (соответствующих 112 соединенным краям), за этим может следовать сигмоидальная операция для генерации вероятностей активности для меток активности. Сигмоидальная операция аналогична операции ReLu и действует как функция активации для выходного тензора второго плотного слоя 517. В показанном примере каждый из семи каналов окончательного тензора модели 501 классификатора активности может соответствовать одной из меток активности "фон", "копать", "поворот разгруженным", "выгрузка в самосвал", "выгрузка не в самосвал", "неактивный", и "поворот груженым". В примерах, включающих в себя метку активности "поддержание", параметры различных слоев модели 501 классификатора активности можно изменять, чтобы прийти к окончательному тензору, имеющему, например, восемь каналов.

Обращаясь теперь к фиг. 15B, затем коды 500 классификации активности продолжаются на этапе

520, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 агрегировать поднаборы 20 изображений или кадров для генерации множества поднаборов изображений или кадров, каждый из которых помечен вероятностями активности для меток активности. Например, этап 520 может предписывать процессору 302 последовательно сцеплять поднабор изображений или кадров на основании меток времени. Этап 520 также может предписывать процессору 302 определять точки перехода, где наивысшие вероятности активности для меток активности изменяются. Например, для пяти последовательных поднаборов из 20 изображений или кадров, вероятности активности могут быть [0, 0, 0,95, 0,02, 0,03, 0, 0], [0, 0, 0,8, 0,1, 0,1, 0, 0], [0, 0, 0,9, 0,05, 0,05, 0, 0], [0, 0,6, 0, 0,2, 0,2, 0, 0] и [0, 0,8, 0,2, 0,1, 0,1, 0] соответственно (на основании ["фон", "копать", "поворот разгруженным", "выгрузка в самосвал", "выгрузка не в самосвал", "неактивный", "поворот груженым"]). Процессор 302 может определять, на основании вероятностей активности, что первые три поднабора предположительно классифицируются как "поворот разгруженным", тогда как последние два поднабора предположительно классифицируются как "копать" и что точка перехода находится между третьим и четвертым поднаборами от "поворот разгруженным" до "копать".

Затем коды 500 классификации активности продолжаются на этапе 522, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 определять, идентифицирует ли точка перехода разрешенный переход. Разрешенные переходы могут включать в себя следующее:

- (a) переход от "поворот груженым" к "выгрузка в самосвал"/"выгрузка не в самосвал"/"неактивный";
- (b) переход от "выгрузка в самосвал" или "выгрузка не в самосвал" к "поворот разгруженным"/"неактивный";
- (c) переход от "поворот разгруженным" к "копать"/"неактивный";
- (d) переход от "копать" к "поворот груженым"/"неактивный";
- (e) переход от "неактивный" к "поворот груженым"/"выгрузка в самосвал"/"выгрузка не в самосвал"/"копать"/"фон"; и
- (f) переход от "фон" к "поворот груженым"/"выгрузка в самосвал"/"выгрузка не в самосвал"/"копать"/"неактивный".

Разрешенные переходы могут различаться для различных типов рабочих циклов тяжелого оборудования. Например, для подцикла очистки рабочей площадки, который включает в себя только вышеописанный (1) стадию выкапывания и (2) стадию выгрузки, разрешенные переходы могут включать в себя (a) переход от "копать" к "выгрузка" и (b) переход от "выгрузка" к "копать", и могут не включать в себя переход от "поворот груженым" к "копать" или переход от "поворот разгруженным" к "копать".

Если точка перехода идентифицирует разрешенный переход, коды классификации активности переходят к этапу 524, который включает в себя коды, предписывающие процессору 302 определять, превышает ли наивысшая вероятность активности порог разрешенного перехода. В показанном примере порог разрешенного перехода может быть равен 0,4; однако в других вариантах выполнения, порог разрешенного перехода может составлять, например, от 0,2 до 0,75.

Если на этапе 524, процессор 302 определяет, что наивысшая вероятность активности выше порога разрешенного перехода, то коды 500 классификации активности продолжаются на этапе 525, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 классифицировать поднабор изображений или кадров после точки перехода (и до следующей точки перехода) как метку активности, связанную с этой наивысшей вероятностью активности. Например, для точки перехода от "поворот разгруженным" к "копать", этапы 524 и 525 могут предписывать процессору 302 классифицировать поднабор изображений или кадров, имеющих вероятности активности [0, 0,6, 0, 0,2, 0,2, 0, 0] (на основании ["фон", "копать", "поворот разгруженным", "выгрузка в самосвал", "выгрузка не в самосвал", "неактивный", "поворот груженым"]), в качестве "копать".

Затем коды 500 классификации активности продолжаются на этапе 529, который включают в себя коды, предписывающие процессору 302 для назначения поднабора изображений или кадров, классифицированных меткой активности, конкретному рабочему циклу. На основании нормального рабочего цикла добычного одноковшового экскаватора 102, каждый рабочий цикл может включать в себя множество поднаборов изображений или кадров, помеченных "копать", затем следует множество поднаборов изображений или кадров, помеченных "поворот груженым", затем следует множество поднаборов изображений или кадров, помеченных "выгрузка в самосвал" или "выгрузка не в самосвал", и наконец следует множество поднаборов изображений или кадров, помеченных "поворот разгруженным", до того, как другой рабочий цикл инициируется другим множеством поднаборов изображений, помеченных "копать". Таким образом, этап 529 может предписывать процессору 302 идентифицировать каждый рабочий цикл путем определения точек перехода к "копать", где все изображения и кадры, попадающие до точки перехода к "копать", могут назначаться предыдущему рабочему циклу, и все изображения и кадры, попадающие после точки перехода, могут назначаться текущему рабочему циклу. Процессор 302 также может назначать идентификатор общего рабочего цикла всем поднаборам изображений или кадров, которые попадают в один рабочий цикл. На этом коды 500 классификации активности заканчиваются.

Если на этапе 524 процессор 302 определяет, что наивысшая вероятность активности не выше порога разрешенного перехода, то коды 500 классификации активности продолжаются на этапе 528, который

может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 классифицировать поднабор изображений или кадров после точки перехода (и до следующей точки перехода) как метку активности, связанную с поднабором изображений или кадров от до точки перехода. Например, для точки перехода от "поворот разгруженным" к "копать", этапы 524 и 528 могут предписывать процессору 302 идентифицировать поднабор изображений или кадров, имеющих вероятности активности [0,2, 0,3, 0, 0,2, 0,2, 0, 0] (на основании ["фон", "копать", "поворот разгруженным", "выгрузка в самосвал", "выгрузка не в самосвал", "неактивный", "поворот груженым"]), как "поворот разгруженным" а не "копать". Затем коды 500 классификации активности продолжаются на этапе 529, как описано выше.

Однако, если на этапе 522, процессор 302 не идентифицирует разрешенный переход, коды 500 классификации активности переходят к этапу 526, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 определять, превышает ли наивысшая вероятность активности порог запрещенного перехода. В показанном примере порог запрещенного перехода может быть равен 0,8; однако в других вариантах выполнения порог разрешенного перехода может составлять, например, от 0,6 до 0,95. В основном, порог запрещенного перехода выше, чем порог разрешенного перехода, поскольку разрешенные переходы соответствуют обычным переходам в рабочем цикле добычного одноковшового экскаватора 102, тогда запрещенные переходы могут соответствовать необычным переходам в течение рабочего цикла. Таким образом, коды 500 классификации активности могут требовать более высоких вероятностей из модели 501 классификатора активности для разрешения запрещенных переходов по сравнению с разрешенными переходами.

Если на этапе 526 процессор 302 определяет, что наивысшая вероятность активности выше порога запрещенного перехода, то коды 500 классификации активности продолжаются на этапе 525, как описано выше. Например, для точки перехода от "копать" к "выгрузка в самосвал", этапы 526 и 525 могут предписывать процессору 302 идентифицировать поднабор изображений или кадров, имеющих вероятности активности [0, 0,1, 0, 0, 0,9, 0, 0] (на основании ["фон", "копать", "поворот разгруженным", "выгрузка в самосвал", "выгрузка не в самосвал", "неактивный", "поворот груженым"]), как "выгрузка в самосвал".

Если на этапе 526 процессор 302 определяет, что наивысшая вероятность активности не выше порога запрещенного перехода, то коды 500 классификации активности продолжаются на этапе 528, как описано выше. Например, для точки перехода от "копать" к "выгрузка в самосвал", этапы 526 и 528 могут предписывать процессору 302 идентифицировать поднабор изображений или кадров, имеющих вероятности активности [0, 0,4, 0, 0, 0,6, 0, 0] (на основании ["фон", "копать", "поворот разгруженным", "выгрузка в самосвал", "выгрузка не в самосвал", "неактивный", "поворот груженым"]), в качестве "копать", а не "выгрузка в самосвал".

Коды сегментации признака.

После того, как коды 400 извлечения признака генерируют карты признаков для изображений принятых последовательных изображений или кадров принятого видео (и в некоторых примерах после того, как коды 450 идентификации ключевой точки генерируют метки ключевых точек и координаты ключевых точек для поднаборов изображений или кадров), процессорная схема 300 может инициализировать коды сегментации признака хранящийся в программной памяти 304, пример которой показан в основном позиции 550 на фиг. 16. Коды 550 сегментации признака включают в себя коды для обеспечения идентификации и классификации конкретных признаков в каждом изображении или кадре для генерации сегментаций признаков, которые можно использовать для последующих функций анализа состояния, описанных ниже.

В примере, показанном на фиг. 16, коды 550 сегментации признака могут предписывать процессору 302 извлекать поднабор изображений или кадров, захваченных в течение периода времени. Например, коды 550 сегментации признака могут предписывать процессору 302 дискретизировать четыре последовательные изображения или кадры, захваченные в четыре последовательные моменты времени t_1 , t_2 , t_3 и t_4 . Альтернативно, коды 550 сегментации признака могут предписывать процессору 302 дискретизировать от 2 до 200 последовательных изображений или кадров, соответственно захваченных в от 2 до 200 последовательных моментов времени. Затем коды 550 сегментации признака могут предписывать процессору 302 вводить карты признаков (сгенерированные кодами 400 извлечения признака), соответствующие поднабору изображений или кадров, в модель 551 сегментатора признаков, выполненную с возможностью вывода меток признаков для пикселей этого поднабора изображений или кадров. В некоторых примерах коды 550 сегментации признака также могут предписывать процессору 302 вводить координаты ключевых точек и метки ключевых точек поднабора изображений или кадров (сгенерированные кодами 450 идентификации ключевой точки) в модель 551 сегментатора признаков. Метки признаков, выводимые моделью 551 сегментатора признаков, могут включать в себя, без ограничения, "зубья", "щиток" и "груз". В некоторых примерах метки признаков также могут включать в себя "забой". Множество пикселей, имеющих общую метку признака, в основном являются сегментациями, связанными с этим признаком, например, сегментацией "зубья" или сегментацией "груз".

Метка признака "зубья" (или сегментация "зубья") в основном может быть связана с пикселями, соответствующими участкам зубьев 150 рабочего инструмента 126, наблюдаемого в изображении или кадре. Пример сегментации "зуб" показан на фиг. 17. В некоторых примерах метка признака "зубья" может

делиться на уникальные метки признаков, ассоциированные с отдельным зубом из зубьев 150, например, "зуб 1", "зуб 2", "зуб 3" [...] до "зуб n", где n - количество зубьев, образующих множество зубьев 150.

Метка признака "щиток" (или сегментация "щиток") в основном может быть связана с пикселями, соответствующими участкам щитков 152 рабочего инструмента 126, наблюдаемого в изображении или кадре. Пример сегментации "щиток" показан на фиг. 17. Аналогично метке признака "зубья", в некоторых примерах метка признака "щиток" может делиться на уникальные метки признаков, ассоциированные с отдельными щитками из щитков 152, например "щиток 1", "щиток 2", "щиток 3" [...] до "щиток m", где m - количество щитков, образующих множество щитков 152.

Метка признака "груз" (или сегментация "груз") в основном может быть связана с пикселями, соответствующими участкам груза 156 в грузовом контейнере 154 которые наблюдаются в изображении или кадре. Пример сегментации "груз" показан на фиг. 17. Метка признака "забой" (или сегментация "забой") в основном может быть связана с пикселями, соответствующими участкам забоя 114 которые наблюдаются в изображении или кадре.

Модель 551 сегментатора признаков может обучаться RGB-значениями каждого из пикселей обучающих изображений или кадров, где пиксели обучающих изображений или кадров являются дополнительным признаком, достоверно аннотированным по меньшей мере метками признаков "зубья", "щиток" и "груз", (и в необязательном порядке "забой"). Вышеупомянутые RGB-значения и достоверные аннотации сегментации вводятся в коды 400 извлечения признака для генерации одной или более карт признаков (выходных тензоров [1B, 50H, 80W, 512C]). Затем карты признаков вводятся в нейронную сеть модели 551 сегментатора признаков чтобы итерационно генерировать и оптимизировать коэффициенты, которые позволяют нейронной сети для генерации соответствующий метки признаков для разных поднаборов изображений или кадров на основании ввода, включающего в себя карты признаков поднабора изображений или кадров (и на основании начального ввода RGB-значений пикселей поднабора изображений или кадров). Как описано выше, в некоторых примерах координаты ключевых точек и метки ключевых точек, ассоциированные с поднабором изображений или кадров (сгенерированных кодами 450 идентификации ключевой точки), также могут использоваться моделью 551 сегментатора признаков для генерации меток признаков. В некоторых других примерах модель 551 сегментатора признаков также может генерироваться метками признаков на основании альтернативных или дополнительных вводов, например, значения глубины каждого пикселя или смещения общих признаков по поднабору изображений или кадров. В таких примерах обучающие изображения или кадры также могут быть достоверно аннотированы метками ключевых точек и координатами ключевых точек, значениями глубины или значениями смещения. В некоторых примерах модель 551 сегментатора признаков может первоначально выводиться из и адаптироваться к существующей пространственной временной модель сегментатора признаков, например, системе, описанной в Huan FU et al., Deep Ordinal Regression Network for Monocular Depth Estimation, arXiv:1806.02446v1 [cs.CV] (2018), которая включена в данное описание посредством ссылки. Модель 551 сегментатора признаков может обучаться на сервере 312 и локально сохраняться в запоминающем устройстве 306.

По-прежнему согласно фиг. 16, в иллюстративном примере модель 551 сегментатора признаков включает в себя первый (2+1)D сверточный слой 560, который оперирует непосредственно в отношении карт признаков поднабора из четырех изображений или кадров, сгенерированных кодами извлечения признака. Первый сверточный слой 560 может выполнять начальную пространственную 2D свертку в отношении каждого из четырех изображений с размером пространственного ядра 1×1, шагом 1 и размером фильтра 16, и затем может выполнять временную 1D свертку в отношении комбинации из четырех изображений с размером временного ядра 1×1, шагом 1 и размером фильтра 16, но возможны и другие конфигурации. За (2+1)D сверткой следуют соответствующие операции BN и ReLU, как описано выше, для генерации тензора [1B, 50H, 80W, 4F, 512C].

Выходной тензор первого сверточного слоя 560 вводится в блок 561 3D ResNet, который может быть аналогичен блоку 461 3D ResNet модели 451 идентификатора ключевой точки (показанному на фиг. 13A) для генерации тензора [1B, 50H, 80W, 4F, 64C]. Выходной тензор блока 561 3D ResNet вводится в слой 562 объединения по максимумам для объединения четырех изображений или кадров и снижения размерности тензора от 4D к 3D ([B, H, W, C], за счет исключения параметра кадра F). Слой 562 объединения по максимумам может иметь пространственный размер ядра объединения 1×1 и шаг 1 и временной размер ядра объединения 4×4 и шаг 1, и за этим могут следовать соответствующие операции BN и ReLU для генерации тензора [1B, 50H, 80W, 64C].

Выходной тензор слоя 562 объединения по максимумам поступает на модуль 580 понимания сцены, который может включать в себя кодер 563 полных изображений, второй сверточный слой 564, первый слой 565 полного пространственного пирамидального объединения (ASPP), второй слой 566 ASPP, третий слой 567 ASPP, третий сверточный слой 568, четвертый сверточный слой 569, пятый сверточный слой 570 и слой 571 повышающей дискретизации. Кодер 563 полных изображений и второй сверточный слой 564 могут быть аналогичны кодеру полных изображений и сверточным слоям, описанным в Huan FU et al., Deep Ordinal Regression Network for Monocular Depth Estimation, arXiv:1806.02446v1 [cs.CV]

(2018), опять же включенную в данное описание посредством ссылки. Первый слой 565 ASPP может иметь размер ядра 3×3 , шаг 1 и растяжение 4. Второй слой 566 ASPP может иметь размер ядра 3×3 , шаг 1 и растяжение 8. Третий слой 567 ASPP может иметь размер ядра 3×3 , шаг 1 и растяжение 8. Выходной тензор слоя 562 объединения по максимумам вводится в каждый из кодера 563 полных изображений, второго сверточного слоя 564 и первый, второй и третий слои 565, 566 и 567 ASPP, за этим могут следовать соответствующие операции ReLu, как описано выше. Соответствующий выходной тензор каждого из кодера 563 полных изображений, второго сверточного слоя 564 и слоев 565, 566 и 567 ASPP с первого по третий на основании слоя 562 объединения по максимумам вводятся в третий сверточный слой 568, который может иметь размер ядра 1×1 , шаг 1, и размер фильтра 16, за этим могут следовать соответствующие операции ReLu. Затем соответствующие выходные тензоры третьего сверточного слоя 568 на основании каждого из кодера 563 полных изображений, второго сверточного слоя 564 и слоев 565, 566 и 567 ASPP с первого по третий могут суммироваться. Суммированный выходной тензор вводится в четвертый сверточный слой 569, который может иметь размер ядра 1×1 , шаг 1 и размер фильтра 16, затем могут следовать операции ReLu. Выходной тензор четвертого сверточного слоя 569 может подвергаться операции прореживания $p=0,5$ до его ввода в пятый сверточный слой 570, который может иметь размер ядра 1×1 , шаг 1 и размер фильтра 1. Выходной тензор пятого сверточного слоя 570 может вводиться в слой 571 повышающей дискретизации для генерации каналов, метки признаков которых связаны с пикселями поднабора из четырех изображений или кадров. Слой 571 повышающей дискретизации может увеличивать высоту и ширину выходного тензора пятого сверточного слоя 570 и может включать в себя, например, билинейную повышающую дискретизацию или один или более обучаемых слоев повышающей дискретизации, которые повышают дискретизацию выходного тензора обратно к исходному размеру поднабора изображений или кадров например. Выходной тензор слоя 571 повышающей дискретизации может включать в себя канал, соответствующий каждой из меток признаков "зубья", "щиток", "груз" и в необязательном порядке "забой" в некоторых вариантах выполнения.

Коды анализа состояния.

После того, как коды 450 идентификации ключевой точки генерируют метки ключевых точек и координаты ключевых точек, коды 500 классификации активности генерируют вероятности активности для меток активности, и коды 550 сегментации признака генерируют метки признаков для принятых последовательных изображений и/или принятого видео, процессорная схема 300 может инициировать коды анализа состояния, хранящиеся в программной памяти 304, пример которой показан в основном позицией 600 на фиг. 18. Коды 600 анализа состояния в основном включают в себя коды для оценивания состояния разных признаков, идентифицированных кодами 550 сегментации признака, на основании стадии рабочего цикла добычного одноковшового экскаватора 102, идентифицированной кодами 500 классификации активности.

Согласно фиг. 18, коды 600 анализа состояния начинаются на этапе 602, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 определять, представляет ли конкретное изображение или конкретный кадр в последовательности кадров или изображений поле 184 зрения системы 180 захвата изображений, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится на стадии поворота разгруженным или на стадии выгрузки (в основном, в отсутствие груза 156 в грузовом контейнере 154, когда можно анализировать зубья 150, щитки 152 и режущую кромку 160), или на стадии поворота груженым (в основном, при наличии груза 156 в грузовом контейнере 154, когда можно анализировать груз 156), или на другой стадии (например, на стадии выкапывания, когда можно анализировать забой 114). Например, этап 602 может предписывать процессору 302 извлекать метку активности, связанную с каждым конкретным изображением или конкретным кадром, сгенерированным этапом 525 или 528 кодов 500 классификации активности (показанным на фиг. 15). Если извлеченная метка активности для изображения или кадра является "поворот разгруженным", "выгрузка в самосвал" или "выгрузка не в самосвал", процессор 302 может определять, что конкретное изображение или конкретный кадр соответствует полю 184 зрения, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится на соответствующей стадии поворота разгруженным или стадии выгрузки. Напротив, если извлеченная метка активности является "поворот груженым", процессор 302 может определять, что конкретное изображение или конкретный кадр соответствует полю 184 зрения, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится на стадии поворота груженым. Наконец, если извлеченная метка активности является "копать", "неактивный" или "фон", то процессор 302 может определять, что конкретное изображение или конкретный кадр соответствует полю 184 зрения, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится на другой стадии.

Мультиплексор поворота разгруженным/выгрузки.

Если на этапе 602 коды 600 анализа состояния определяют, что конкретное изображение или конкретный кадр представляет поле 184 зрения, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится на стадии поворота разгруженным или на стадии выгрузки, коды 600 анализа состояния переходят к мультиплексору 601 поворота разгруженным/выгрузки. Мультиплексор 601 поворота разгруженным/выгрузки в основном функционирует для определения, когда и как часто инициировать один или более из субкодов 606 обнаружения потерь и субкодов 608 контроля износа, пока добычной одноковшо-

вый экскаватор 102 находится либо на стадии поворота разгруженным, либо на стадии выгрузки.

Субкоды 606 и 608 обнаружения потерь и контроля износа в основном включают в себя коды, предписывающие процессору 302 анализировать и контролировать износ различных компонентов рабочего инструмента 126. В частности, субкоды 606 обнаружения потерь в основном включают в себя коды, предписывающие процессору 302 анализировать множество зубьев 150 и/или множество щитков 152 рабочего инструмента 126 для определения, отсутствует ли какой-либо из зубьев 150 или щитков 152. Например, в течение рабочего цикла добычного одноковшового экскаватора 102, один или более из зубьев 150 или щитков 152 может отсоединиться и попадать в груз 156 или забой 114.

Отсоединенный зуб или щиток в грузе 156 может вызывать повреждение дробильного оборудования в ходе дальнейшей обработки груза 156. Дополнительно, рабочие инструменты 126 с отсутствующим зубом могут быть менее эффективны в разработке забоя 114 или груды земляного материала, тогда как отсутствующий щиток 152 может приводить к быстрому повреждению режущей кромки 160.

Субкоды 608 контроля износа в основном включают в себя коды, предписывающие процессору 302 анализировать множество зубьев 150 и/или множество щитков 152 рабочего инструмента 126 для определения изменения длины зубьев 150 и/или щитков 152 с течением времени (например на протяжении одного рабочего цикла или на протяжении множественных рабочих циклов). В течение рабочего цикла добычного одноковшового экскаватора 102, зубья 150 и щитки 152 изнашиваются вследствие продолжительного контакта с забоем 114. Контроль рисунков износа зубьев 150 и щитков 152 позволяет оператору знать, когда заменять зубья 150 и щитки 152. Рисунки износа также могут коррелировать с личностью конкретного оператора и/или составом конкретного забоя 114 или груды земляного материала.

В связи с этим, субкоды 606 обнаружения потерь могут быть более важной и более критической функцией, чем субкоды 608 контроля износа, поскольку отсоединенный зуб или щиток может вызывать повреждение последующего оборудования, может снизить эффективность выкапывания и может потребовать ремонтных работ в текущем рабочем цикле. Напротив, износ зуба или щитка можно контролировать и ремонтировать в более позднем рабочем цикле. Ввиду важности субкодов 606 обнаружения потерь, мультиплексор 601 поворота разгруженным/выгрузки может выполнять обнаружение потерь в отношении 100% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии поворота разгруженным и в отношении 100% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии выгрузки рабочего цикла. В других примерах мультиплексор 601 поворота разгруженным/выгрузки может выполнять обнаружение потерь в отношении от 10% до 100% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии поворота разгруженным, в отношении от 10% до 100% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии выгрузки, в зависимости от вычислительной мощности процессора 302 и предварительной информации, например, типа тяжелого оборудования и состава груза 156 и/или забоя 114. Например, если груз 156 включает в себя вязкий материал, который легко прилипает к компонентам рабочего инструмента 126, мультиплексор 601 поворота разгруженным/выгрузки может выполнять обнаружение потерь в отношении на менее, чем 70% изображений или кадров, принятых на стадии выгрузки, поскольку зубья 150 и щитки 152 могут все еще быть заграждены грузом 156 в большинстве изображений или кадров, принятых на стадии выгрузки, но в отношении почти 100% изображений или кадров, принятых на стадии поворота разгруженным, поскольку груз 156 должен полностью отсутствовать.

Мультиплексор 601 поворота разгруженным/выгрузки может выполнять субкоды 608 контроля износа в зависимости от оставшейся вычислительной мощности процессора 302 и может выполнять контроль износа в отношении 100% изображений или кадров, принятых в течение только конкретной стадии поворота разгруженным и в отношении 0% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии выгрузки. В связи с этим, контроль износа на стадии поворота разгруженным может быть более точным, чем контроль износа на стадии выгрузки. На стадии выгрузки, участки груза 156 в грузовом контейнере 154 и перемещение открываемой нижней стенки 162 могут мешать обнаружению ключевых точек рабочего инструмента 126. Однако на стадии поворота разгруженным в грузовом контейнере 154 не остается груза 156, и никакое перемещение нижней стенки 162 не мешает обнаружению ключевых точек. Однако в других примерах мультиплексор 601 поворота разгруженным/выгрузки может выполнять контроль износа в отношении от 0% до 100% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии выгрузки и/или в отношении от 10% до 100% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии поворота разгруженным, в зависимости от вычислительной мощности процессора 302 и предварительной информации, например, типа тяжелого оборудования и состава груза 156 и/или забоя 114.

Субкоды обнаружения потерь.

Если мультиплексор 601 поворота разгруженным/выгрузки определяет, что процессор 302 должен инициировать субкоды 606 обнаружения потерь для конкретного изображения или кадра, принятого на стадии поворота разгруженным или стадии выгрузки, иллюстративная реализация субкодов 606 обнаружения потерь с использованием нейронной сети описана в патентной заявке PCT того же заявителя № WO2019227194A1 под названием METHOD, APPARATUS AND SYSTEM FOR MONITORING A CONDITION ASSOCIATED WITH OPERATING HEAVY EQUIPMENT SUCH AS A MINING SHOVEL OR EXCAVATOR, поданной 1 июня 2018 г. и включенной в данное описание посредством ссылки. Другой

пример субкодов 606 обнаружения потерь в основном показан на фиг. 19, хотя возможны и другие конфигурации.

В примере, показанном на фиг. 19, субкоды 606 обнаружения потерь начинаются на этапе 620, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 определять, включает ли в себя конкретное изображение или конкретный кадр участки, соответствующие множеству зубьев 150, и/или участки, соответствующие множеству щитков 152. Например, этап 620 может предписывать процессору 302 извлекать метки признаков пикселей изображения или кадра, сгенерированного кодами 550 сегментации признака, и определять, классифицируются ли любой из пикселей меткой признака "зубья" (а именно, сегментацию "зубья") и/или меткой признака "щиток" (а именно, сегментацию "щиток"). Затем процессор 302 может определять, что конкретное изображение или конкретный кадр, имеющее/ий сверх порогового количества пикселей, помеченных меткой признака "зубья" или меткой признака "щиток", включает в себя участок, соответствующий зубьям 150 или щиткам 152, и что конкретное изображение или конкретный кадр, имеющее/ий менее порогового количества пикселей, помеченных меткой признака "зубья" или меткой признака "щиток", не включает в себя участок, соответствующий зубьям 150 или щиткам 152.

Если на этапе 620 процессор 302 определяет, что конкретное изображение или конкретный кадр не включает в себя никаких участков, соответствующих зубьям 150, или никаких участков, соответствующих щиткам 152, субкоды 606 обнаружения потерь могут предписывать процессору 302 повторно инициализировать субкоды 606 обнаружения потерь для последующего изображения или кадра или могут заканчиваться, в зависимости от инструкций мультиплексора 601 поворота разгруженным/выгрузкой. Это может продолжаться, пока процессор 302 идентифицирует изображение или кадр, которое/ый включает в себя участок, соответствующий зубьям 150, и/или участок, соответствующий щиткам 152, и в этот момент субкоды 606 обнаружения потерь переходят к этапу 621.

Этап 621 может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 извлекать метки ключевых точек и координаты ключевых точек, сгенерированные кодами 450 идентификации ключевой точки для этого изображения или кадра. Например, в примерах, где метки ключевых точек являются общими для зубьев 150 и щитков 152 (например, "верхняя точка зуба" и "нижняя точка зуба"; или "левая точка щитка" и "правая точка щитка"), этап 621 может предписывать процессору 302 извлекать каждую из общих ключевых точек. Дополнительно или альтернативно, согласно вариантам выполнения, где метки ключевых точек делятся на уникальные метки ключевых точек, ассоциированные с отдельными зубьями 150 и отдельными щитками 152 (например "верхняя точка зуба n", где n соответствует количеству зубьев, образующих множество зубьев 150; или "левая точка щитка m", где m соответствует количеству щитков, образующих множество щитков 152 например), процессор 302 может извлекать каждую из уникальных ключевых точек. Этап 620 также может предписывать процессору 302 нормализовывать в 2D координаты ключевых точек, ассоциированные с извлеченными метками ключевых точек. Например, процессор 302 может извлекать значения глубины, сгенерированные кодами 350 глубинной обработки, которые связаны с пикселями, соответствующими координатам ключевой точки, для нормализации в 2D координат ключевых точек.

Затем субкоды 606 обнаружения потерь продолжают на этапе 622, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 определять вероятности отсутствия каких-либо ключевых точек в извлеченных ключевых точках. В примерах, где метки ключевых точек являются общими для зубьев 150 и щитков 152, процессор 302 может определять отсутствуют ли какие-либо из общих ключевых точек, путем сравнения извлеченных меток ключевых точек и нормализованных в 2D координат ключевых точек со ссылкой на ключевую точку. Ссылка на ключевую точку может соответствовать достоверным координатам каждой ключевой точки рабочего инструмента 126 (например, каждой ключевой точки, показанной на фиг. 14) в 2D изображении или кадре. Ссылка на ключевую точку может включать в себя комбинированную ссылку на ключевую точку для зубьев 150 и щитка 152, или может включать в себя ссылку на ключевую точку для зубьев, относящуюся к зубьям 150 (в том числе, например, метки ключевых точек "верхняя точка зуба" и "нижняя точка зуба") и отдельную ссылку на ключевую точку щитка для щитка 152 (в том числе метки ключевых точек "левая точка щитка", "правая точка щитка", "верхняя точка щитка" и "нижняя точка щитка"). Сравнение со ссылкой на ключевую точку может генерировать вероятность отсутствия конкретной ключевой точки в извлеченных ключевых точках, и может выполняться путем ввода RGB-значений изображения или кадра и меток ключевых точек и координат ключевых точек в модель 611 отсутствующих ключевых точек, сконфигурированную для генерации вероятностей того, что каждая ключевая точка ссылки на ключевую точку присутствует в этом изображении или кадре наподобие описанного в патентной заявке PCT того же заявителя № WO2019227194A1 под названием METHOD, APPARATUS AND SYSTEM FOR MONITORING A CONDITION ASSOCIATED WITH OPERATING HEAVY EQUIPMENT SUCH AS A MINING SHOVEL OR EXCAVATOR, поданной 1 июня 2018 г. и включенной в данное описание посредством ссылки.

Например, сравнение извлеченных ключевых точек зубьев со ссылкой на ключевую точку для зубьев может генерировать [0,9, 0,9, 0,8, 0,9, 0,9, 0,2] (соответствующие опорным ключевым точкам [верхняя точка зуба a, нижняя точка зуба a, верхняя точка зуба b, нижняя точка зуба b, верхняя точка зуба c, верх-

няя точка зуба с]), указывающие, что ключевая точка "верхняя точка зуба" может не присутствовать для зубьев с. Аналогично, сравнение извлеченных ключевых точек щитка с опорными ключевыми точками щитка может генерировать [0,1, 0,2, 0,3, 0,9, 0,8, 0,9] (соответствующие опорным ключевым точкам [левая точка щитка а, правая точка щитка а, верхняя точка щитка а, нижняя точка щитка а, левая точка щитка b, правая точка щитка b, верхняя точка щитка b, нижняя точка щитка b]), указывающие, что ключевые точки "левая точка щитка", "правая точка щитка", "верхняя точка щитка" и "нижняя точка щитка" могут не присутствовать для щитка а.

Дополнительно или альтернативно, в примерах, где метки ключевых точек являются уникальными метками ключевых точек, этап 622 может предписывать процессору 302 определять, отсутствуют ли какие-либо из уникальных ключевых точек. Процессор 302 может также генерировать вероятности, соответствующие присутствующим уникальным ключевым точкам, например, [1, 1, 1, 1, 1, 0] (соответствующие уникальным меткам ключевых точек ["верхняя точка зуба 1", "нижняя точка зуба 1", "верхняя точка зуба 2", "нижняя точка зуба 2", "верхняя точка зуба 3", "верхняя точка зуба 3"]), указывающие, что ключевая точка "верхняя точка зуба 3" может не присутствовать. Аналогично, процессор 302 может также генерировать [0, 0, 0, 1, 1, 1] (соответствующие уникальным меткам ключевых точек ["левая точка щитка 1", "правая точка щитка 1", "верхняя точка щитка 1", "нижняя точка щитка 1", "левая точка щитка 2", "правая точка щитка 2", "верхняя точка щитка 2", "нижняя точка щитка 2"]), указывающие, что ключевые точки "левая точка щитка 1", "правая точка щитка 1", "верхняя точка щитка 1" и "нижняя точка щитка 1" могут не присутствовать.

Затем субкоды 606 обнаружения потерь продолжают на этапе 624, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 сохранять определенные вероятности присутствия ключевых точек для изображения или кадра в буфере и определять, закончился ли конкретный рабочий цикл добычного одноковшового экскаватора 102. Например, процессор 302 может извлекать рабочий идентификатор для этого изображения или кадра, сгенерированного этапом 529 кодов 500 классификации активности, и определять, что конкретный рабочий цикл закончился, когда рабочий идентификатор изменяется. Дополнительно или альтернативно, процессор 302 может извлекать метки активности для этого изображения или кадра, сгенерированного этапами 525 и 528 кодов 500 классификации активности, и определять, что конкретный рабочий цикл закончился, путем определения точки перехода к метке активности "копать".

Если на этапе 624, процессор 302 определяет, что конкретный рабочий цикл не закончен, субкоды 606 обнаружения потерь могут предписывать процессору 302 повторно инициировать субкоды 606 обнаружения потерь для последующего изображения или кадра этого рабочего цикла или могут заканчиваться, в зависимости от инструкций мультиплексора 601 поворота разгруженным/выгрузки. Это может продолжаться, пока процессор 302 идентифицирует изображение или кадр, которое/ый соответствует концу конкретного рабочего цикла добычного одноковшового экскаватора 102, и в этот момент субкоды 606 обнаружения потерь переходят к этапу 626.

Этап 626 может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 агрегировать вероятности присутствия ключевых точек для каждого изображения или кадра в конкретном рабочем цикле и определять, выше ли агрегированные вероятности или ниже порога потерь. Агрегирование вероятностей присутствия ключевых точек по рабочему циклу может увеличивать уровень доверия идентификации присутствующих и отсутствующих ключевых точек. Под агрегацией подразумевается, что процессор 302 суммирует и усредняет каждую вероятность для каждой ключевой точки изображений или кадров конкретного рабочего цикла. Например, для первого изображения и второго изображения одного рабочего цикла, для которого этап 622 сгенерировал вероятности присутствия ключевых точек зубьев [0,9, 0,9, 0,8, 0,9, 0,9, 0,2] и [1,0, 0,7, 0,7, 0,8, 0,9, 0,8] (соответствующие опорным ключевым точкам [верхняя точка зуба а, нижняя точка зуба а, верхняя точка зуба b, нижняя точка зуба b, верхняя точка зуба с, верхняя точка зуба с]), этап 626 может предписывать процессору 302 генерировать агрегированные вероятности [0,95, 0,8, 0,75, 0,85, 0,9, 0,5]. Вероятности ниже порога потерь могут представлять ключевую точку, которая, вероятно, отсутствует. В некоторых примерах порог потерь может составлять 0,35; однако в других примерах порог потерь может составлять от 0,1 до 0,5 и может зависеть от предварительной информации, например, тип тяжелого оборудования и состава груза 156. Например, для вязких грузов 156, для которых характерно прилипание к компонентам рабочего инструмента 126, порог потерь может превышать 0,35, поскольку видимость ключевых точек в изображениях или кадрах может снижаться.

Если на этапе 626, процессор 302 определяет, что одна из агрегированных вероятностей присутствия ключевых точек для конкретного рабочего цикла ниже порога потерь, то субкоды 606 обнаружения потерь могут продолжаться на этапе 627, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 генерировать предупреждение для оператора добычного одноковшового экскаватора 102, например, путем отправки предупреждающего сообщения на компьютерную систему 314, например, через интерфейс 308 I/O. Затем субкоды 606 обнаружения потерь продолжают на этапе 629, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 сохранять агрегированные вероятности присутствия ключевых точек в запоминающем устройстве 306. Затем сохраненные агрегированные вероятности могут выгружаться на сервер 312 для последующего анализа. На этом субкоды 606 обнаружения

потерь заканчиваются.

Если на этапе 626, процессор 302 определяет, что ни одна из агрегированных вероятностей отсутствия ключевых точек для конкретного рабочего цикла не ниже порога потерь, то субкоды 606 обнаружения потерь могут переходить сразу на этап 629 как описано выше.

Субкоды контроля износа.

Если мультиплексор 601 поворота разгруженным/выгрузки определяет, что процессор 302 должен инициировать субкоды 608 контроля износа для конкретного изображения или кадра, принятого на стадии поворота разгруженным или стадии выгрузки, пример субкодов 608 контроля износа с использованием нейронной сети описан в патентной заявке PCT того же заявителя № WO2019227194A1 под названием METHOD, APPARATUS AND SYSTEM FOR MONITORING A CONDITION ASSOCIATED WITH OPERATING HEAVY EQUIPMENT SUCH AS A MINING SHOVEL OR EXCAVATOR, поданной 1 июня 2018 г. и включенной в данное описание посредством ссылки. Другой пример субкодов 608 контроля износа в основном показан на фиг. 20, хотя возможны и другие конфигурации.

В примере, показанном на фиг. 20, субкоды 608 контроля износа начинаются на этапе 650, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 определять, включает ли в себя конкретное изображение или конкретный кадр участки, соответствующие множеству зубьев 150, и/или участки, соответствующие множеству щитков 152, и может быть аналогичен этапу 620 субкодов 606 обнаружения потерь. Если на этапе 650, процессор 302 определяет, что конкретное изображение или конкретный кадр не включает в себя никаких участков, соответствующих зубьям 150, или никаких участков, соответствующих щиткам 152, субкоды 608 контроля износа могут предписывать процессору 302 повторно инициировать субкоды 608 контроля износа для последующего изображения или кадра или могут заканчиваться, в зависимости от инструкций мультиплексора 601 поворота разгруженным/выгрузки. Это может продолжаться, пока процессор 302 идентифицирует изображение или кадр, которое/ый включает в себя участок, соответствующий зубьям 150, и/или участок, соответствующий щиткам 152, и в этот момент субкоды 608 контроля износа переходят к этапу 651.

Этап 651 может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 извлекать метки ключевых точек и координаты ключевых точек, сгенерированные кодами 450 идентификации ключевой точки для этого изображения или кадра, и может быть аналогичен этапу 621 субкодов 606 обнаружения потерь. Этап 651 также может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 нормализовывать в 2D координаты ключевых точек, ассоциированные с извлеченными метками ключевых точек, и опять же может быть аналогичен этапу 621 субкодов 606 обнаружения потерь.

Затем субкоды 608 контроля износа продолжают на этапе 652, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 обрабатывать сегментации "зубья" и/или сегментации "щиток" и извлеченные метки ключевых точек и координаты ключевых точек для определения длины каждого зуба из множества зубьев 150 и/или длины каждого щитка из множества щитков 152. Например, этап 652 также предписывает процессору 302 вычислять расстояние между нормализованными в 2D координатами ключевых точек одной или более меток ключевых точек для определения длины зубьев 150 и/или щитков 152. В частности, процессор 302 может определять длину зуба в одном конкретном изображении или конкретном кадре путем вычисления расстояния между нормализованными в 2D координатами ключевых точек ближайших соседних меток ключевых точек "верхняя точка зуба", "нижняя точка зуба", "левая точка щитка" и "правая точка щитка". Процессор 302 также может определять длину щитка в одном конкретном изображении или конкретном кадре путем вычисления расстояния между нормализованными в 2D координатами ключевых точек ближайших соседних меток ключевых точек "левая точка щитка", "правая точка щитка", "верхняя точка щитка" и "нижняя точка щитка". Затем процессор 302 может определять идентичность зуба из зубьев 150 и/или идентичность щитка из щитков 152 в соответствии с определенными длинами путем подсчета количества определенных длин или с использованием координат x из координат ключевых точек, используемых для определения длины. Альтернативно или дополнительно, процессор 302 может сравнивать координаты ключевых точек со ссылкой на ключевую точку, соответствующую достоверным координатам каждой ключевой точки рабочего инструмента 126 подобно этапу 622 субкодов 606 обнаружения потерь для определения идентичности зуба и/или щитка.

Затем субкоды 608 контроля износа продолжают на этапе 654, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 сохранять определенные длины каждого зуба из множества зубьев 150 и/или каждого щитка из множества щитков 152 для конкретного изображения или кадра в запоминающем устройстве 306. Затем сохраненные длины можно выгружать на сервер 312 для последующего анализа. На этом субкоды 608 контроля износа заканчиваются.

Мультиплексор поворота грузным.

Возвращаясь к фиг. 18, если на этапе 602 коды 600 анализа состояния определяют, что конкретное изображение или конкретный кадр представляет поле 184 зрения, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится на стадии поворота грузным, коды 600 анализа состояния поступают на мультиплексор 701 поворота грузным. Мультиплексор 701 поворота грузным в основном функционирует для определения, когда и как часто инициировать один или более из субкодов 702 обнаружения валунов, субкоды 704 анализа груза и субкодов 606 обнаружения потерь, пока добычной одноковшовый экскава-

тор 102 находится на стадии поворота груженым.

Субкоды 702 и 704 обнаружения валунов и анализа груза в основном включают в себя коды, предписывающие процессору 302 анализировать и контролировать груз 156 в грузовом контейнере 154. В частности, субкоды 702 обнаружения валунов в основном включают в себя коды, предписывающие процессору 302 анализировать груз 156 для определения, присутствуют ли большие валуны в грузе 156. Большие валуны могут вызывать повреждение карьерного самосвала 170 и дробильного оборудования в ходе дальнейшей обработки груза 156. Большие валуны также могут быть проблемой безопасности для водителя карьерного самосвала 170 на стадии выгрузки.

Субкоды 704 анализа груза в основном включают в себя коды, предписывающие процессору 302 анализировать изображения или кадры, включающие в себя груз 156, для определения, имеются ли надлежащие изображения или кадры, подлежащие отправке на сервер 312 для последующего анализа груза 156. Например, сервер 312 может выполнять фрагментационный анализ груза 156 для генерации метрик по размеру и составу груза 156, которые могут помочь при последующей обработке груза 156 и также помочь при определении, какую технику или тяжелое оборудование следует использовать на стадии выкапывания для более эффективного выкапывания груза 156 из забоя 114. Примеры такого фрагментационного анализа описаны в патентной заявке PCT того же заявителя WO2017100903A1 под названием METHOD AND APPARATUS FOR IDENTIFYING FRAGMENTED MATERIAL PORTIONS WITHIN AN IMAGE, поданной 13 декабря 2016 г. и включенной в данное описание посредством ссылки. Однако фрагментационный анализ может быть вычислительно затратным и может выполняться на сервере 312 для резервирования вычислительных ресурсов процессорной схемы 300 для других критических функций, например, субкодов 606 обнаружения потерь или субкодов 702 обнаружения валунов.

В связи с этим, субкоды 702 обнаружения валунов могут быть более важной и более критической функцией, чем субкоды анализа груза 702, поскольку валун в грузе 156 может представлять прямую проблему безопасности, приводить к повреждению последующего оборудования и может требовать немедленного действия в текущем рабочем цикле. Однако субкоды 702 обнаружения валунов могут быть более вычислительно затратными, чем выбор изображения или кадра, предусмотренный субкодами 704 анализа груза. Ввиду важности, но вычислительной затратности субкодов 702 обнаружения валунов, мультиплексор 701 поворота груженым может выполнять обнаружение валунов в отношении 50% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии поворота груженым. В других примерах мультиплексор 701 поворота груженым может выполнять обнаружение валунов в отношении 25-100% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии поворота разгруженным, в зависимости от вычислительной мощности процессора 302, меток признаков сегментации, принятых от кодов 550 сегментации признака, и предварительной информации, например, типа тяжелого оборудования и состава груза 156. Например, если тип тяжелого оборудования имеет сравнительно короткую стадию поворота груженым (т.е. быстрый поворот), мультиплексор 701 поворота груженым может выполнять субкоды 702 обнаружения валунов в отношении почти 100% изображений или кадров, принятых в течение этой короткой стадии поворота груженым, чтобы гарантировать, что валунов в грузе 156 не обнаружено.

Как описано выше, субкоды 704 анализа груза, осуществляемые встроенной процессорной схемой 300 для выбора конкретного изображения или конкретного кадра могут требовать мало вычислительных ресурсов. Мультиплексор 701 поворота груженым может выполнять субкоды 704 анализа груза в зависимости от оставшейся вычислительной мощности процессора 302 и может выполнять анализ груза в отношении 50% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии поворота груженым. Однако в других примерах мультиплексор 701 поворота груженым может выполнять анализ груза в отношении от 25% до 75% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии поворота груженым.

Дополнительно, ввиду важности субкодов 606 обнаружения потерь, мультиплексор 701 поворота груженым может также выполнять обнаружение потерь в отношении от 10% до 50% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии поворота груженым. В связи с этим, мультиплексор 701 поворота груженым может также выполнять часть субкодов 606 обнаружения потерь, по-разному применимый к зубьям 150 и к щитку 152 на изображениях или кадрах, принятых на стадии поворота груженым. Например, вследствие наличия груза 156 на стадии поворота груженым, груз 156 может закрывать большой участок щитков 152, но закрывать лишь малый участок зубьев 150. Таким образом, груз 156 может делать обнаружение потерь щитков 152 ненадежным, но оказывать незначительное влияние на обнаружение потерь зубьев 150. Мультиплексор 701 поворота груженым может выполнять часть субкодов 606 обнаружения потерь, применимый к зубьям 150, в отношении 50% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии поворота груженым, но может выполнять часть субкодов 606 обнаружения потерь, применимый к щиткам 152 только в отношении 10% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии поворота груженым. Однако в других примерах мультиплексор 701 поворота груженым может выполнять обнаружение потерь в отношении одного или более из зубьев 150 или щитков 152 в отношении от 5% до 75% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии поворота груженым, в зависимости от вычислительной мощности процессора 302 и предварительной информации, например, типа тяжелого оборудования и состава груза 156 и/или забоя 114. Аль-

тернативно или дополнительно, мультиплексор 701 поворота грузным может также дискретизировать изображения или кадры, принятые в течение конкретной стадии поворота грузным с установленными интервалами, например, каждые пять секунд, каждые 10 секунд, каждые 30 секунд и каждые 60 секунд, и выполнять обнаружение потерь на дискретизированных изображениях или кадрах.

Субкоды обнаружения валунов.

Если мультиплексор 701 поворота грузным определяет, что процессор 302 должен инициировать субкоды 702 обнаружения валунов, иллюстративная реализация субкодов 702 обнаружения валунов с использованием нейронной сети описана в патентной заявке РСТ того же заявителя № WO2019227194A1 под названием METHOD, APPARATUS AND SYSTEM FOR MONITORING A CONDITION ASSOCIATED WITH OPERATING HEAVY EQUIPMENT SUCH AS A MINING SHOVEL OR EXCAVATOR, поданной 1 июня 2018 г. и включенной в данное описание посредством ссылки. Другой пример субкодов 702 обнаружения валунов в основном показан на фиг. 21, хотя возможны и другие конфигурации.

В примере, показанном на фиг. 21, субкоды 702 обнаружения валунов начинаются на этапе 710, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 определять, включает ли в себя конкретное изображение или конкретный кадр участки соответствующее грузу 156. Например, этап 710 может предписывать процессору 302 извлекать метки признаков пикселей изображения или кадра, сгенерированного кодами 550 сегментации признака и определять, все ли пиксели классифицируются меткой "груз" (а именно сегментацию "груз"). Процессор 302 может определять, что конкретное изображение или конкретный кадр, имеющее/ий сверх порогового количества пикселей, помеченных меткой признака "груз", включает в себя участок, соответствующий грузу 156, и что конкретное изображение или конкретный кадр, имеющее/ий менее порогового количества пикселей, помеченных меткой признака "груз" не включает в себя участок, соответствующий грузу 156.

Если на этапе 710 процессор 302 определяет, что конкретное изображение или конкретный кадр не включает в себя ни одного участка, соответствующего грузу 156, то субкоды 702 обнаружения валунов могут предписывать процессору 302 повторно инициировать субкоды 702 обнаружения валунов для последующего изображения или кадра или для окончания, в зависимости от инструкций от мультиплексора 701 поворота грузным. Это может продолжаться, пока процессор 302 идентифицирует конкретное изображение или конкретный кадр, которое/ый включает в себя участок, соответствующий грузу 156, и в этот момент субкоды 702 обнаружения валунов переходят к этапу 712.

Этап 712 может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 обрабатывать изображение или кадр для определения, включает ли в себя изображение или кадр валун. Например, этап 712 может предписывать процессору 302 вводить RGB-значения каждого пикселя изображения или кадра в модель 715 обнаружения валунов, выполненную с возможностью выводить один или более наборов координат ограничивающей коробки валуна, представляя наличие одного или более валунов в этом изображении или кадре, или не выводить координат ограничивающей коробки валуна представляя отсутствие валуна в этом изображении или кадре. Координаты ограничивающей коробки валуна могут включать в себя верхний правый и нижний левый углы ограничивающих коробок валуна, например, [x1, y1, x2, y2].

Модель 715 обнаружения валунов может обучаться RGB-значениями обучающих изображений или кадров захваченный системой 180 захвата изображений на стадии поворота грузным, которые дополнительно достоверно аннотируются верхним правым и нижним левым углами ограничивающих коробок валунов, которые присутствуют, или не имеют достоверных аннотаций, если валуны отсутствуют. Вышеупомянутые RGB-значения и соответствующие достоверные аннотации валунов вводятся в нейронную сеть модели 715 обнаружения валунов, чтобы итерационно генерировать и оптимизировать коэффициенты, которые позволяют нейронной сети определять, присутствуют ли валуны в грузе 156, и ограничивающую коробку валуна на основании входных RGB-значений изображений или кадров. Модель 715 обнаружения валунов может первоначально выводиться из и адаптироваться к существующей модели обнаружения объекта, например, модели обнаружения объекта "Стоит только раз взглянуть" (YOLO) в реальном времени. Модель 715 обнаружения валунов может обучаться на сервере 312, и обученная модель 715 обнаружения валунов может локально сохраняться в запоминающем устройстве 306.

Если на этапе 712 процессор 302 определяет, что в изображении или кадре нет валунов, например, на том основании, что модель 715 обнаружения валунов не выводит никаких координат ограничивающего бокса валуна, то субкоды 702 обнаружения валунов могут предписывать процессору 302 повторно инициировать субкоды 702 обнаружения валунов для последующего изображения или кадра, или могут заканчиваться в зависимости от инструкций мультиплексора 701 поворота грузным. Это может продолжаться, пока процессор 302 не определит наличие валуна в конкретном кадре или изображении, например, на том основании, что модель 715 обнаружения валунов выводит один или более наборов координат ограничивающего бокса валуна, и в этот момент субкоды 702 обнаружения валунов переходят к этапу 716.

Этап 716 может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 определять размер каждого валуна, идентифицированного на этапе 712. Например, этап 716 может предписывать процессору 302 использовать значение глубины, связанное с пикселями изображения или кадра, сгенерированного кодами 350 глубинной обработки, для 2D нормализации координат ограничивающего бокса валуна, выводи-

мых моделью 715 обнаружения валунов, для определения нормализованных в 2D координат ограничивающего бокса. Затем процессор 302 может определять размер валуна для каждого валуна путем определения, например, расстояния между координатами x (ширины валуна) и координатами y (высоты валуна) нормализованной в 2D ограничивающего бокса валуна для каждого валуна, и может выводить высоту валуна и ширину валуна для каждого валуна.

Затем субкоды 606 обнаружения потерь продолжают на этапе 717, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 сохранять определенный(е) размер(ы) валуна для изображения или кадра в буфере и определять, достаточное ли количество изображений или кадров было проанализировано для генерации агрегированного(ых) размера(ов) валуна(ов). В показанном примере достаточное количество изображений или кадров может включать в себя пять изображений или кадров, собранных в течение конкретной стадии поворота грузежом; однако в других примерах достаточное количество изображений или кадров может включать в себя примерно от двух до 15 изображений или кадров.

Если на этапе 717 процессор 302 определяет, что было проанализировано недостаточное количество изображений или кадров, то субкоды 702 обнаружения валунов могут предписывать процессору 302 повторно инициировать субкоды 702 обнаружения валунов для последующего изображения или кадра. Это может продолжаться, пока процессор 302 не определит, что было проанализировано достаточное количество изображений или кадров, и в этот момент субкоды 702 обнаружения валунов переходят к этапу 718.

Этап 718 может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 агрегировать определенный размер валуна для каждого валуна на основании множественных изображений и кадров, и определять, выше ли или ниже агрегированный(е) размер(ы) валуна некоторого порога валуна. Агрегирование определенного размера валунов по множественным изображениям или кадрам может увеличивать уровень доверия для идентифицированных валунов и идентифицированных размеров валунов. Под агрегацией подразумевается, что процессор 302 суммирует и усредняет каждый определенный размер конкретного валуна по пяти изображениям или кадрам. Например, для изображений с первого по пятый, для которых этап 716 определил размер конкретного валуна равным h1, 6м×W1, 4м, H1, 7м×W1, 3м, H1, 2м×W1, 1м, H1, 4м×W1, 4м и H1, 7м×W1, 5м соответственно, этап 717 может предписывать процессору 302 генерировать агрегированный размер валуна для этого конкретного валуна H1, 52м×W1, 34м. Эта агрегация может повторяться для каждого валуна, идентифицированного в пяти изображениях. Размеры валунов ниже порога валуна могут не представлять проблему безопасности или могут не приводить ни к какому повреждению последующего оборудования обработки. В некоторых примерах порогом валуна является ширина или высота 1,2 м; однако в других примерах порогом валуна может являться ширина или высота 0,2 м и 3,0 м.

Если на этапе 718 процессор 302 определяет, что один агрегированный размер валуна выше порога валуна в ширину и/или высоту, то субкоды 702 обнаружения валунов продолжают на этапе 719, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 306 генерировать предупреждение для оператора добычного одноковшового экскаватора 102, например, путем отправки предупреждающего сообщения на компьютерную систему 314, например, через интерфейс 308 I/O. В некоторых примерах этап 719 может предписывать процессору 302 генерировать одно-единственное предупреждение в течение одного рабочего цикла и не повторять предупреждение в течение одного рабочего цикла. Затем субкоды 702 обнаружения валунов продолжают на этапе 720, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 сохранять агрегированный(е) размер(ы) валуна в запоминающем устройстве 306. Затем сохраненный(е) агрегированный(е) размер(ы) валуна могут выгружаться на сервер 312 для последующего анализа. На этом субкоды 702 обнаружения валунов заканчиваются.

Если на этапе 718 процессор 302 определяет, что ни один агрегированный размер валуна не превышает порог валуна в ширину или высоту, то субкоды 702 обнаружения валунов могут переходить сразу на этап 720, как описано выше.

Субкоды анализа груза.

Если мультиплексор 701 поворота грузежом определяет, что процессор 302 должен инициировать субкоды 704 анализа груза, иллюстративная реализация субкодов 704 анализа груза в основном показана на фиг. 22, хотя возможны и другие конфигурации.

В примере, показанном на фиг. 22, субкоды 704 анализа груза начинаются на этапе 750, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 определять, включает ли в себя конкретное изображение или конкретный кадр участки соответствующее грузу 156, и может быть аналогичен этапу 710 субкодов 702 обнаружения валунов. Если на этапе 750, процессор 302 определяет, что конкретное изображение или конкретный кадр не включает в себя ни одного участка, соответствующего грузу 156, субкоды 704 анализа груза могут предписывать процессору 302 повторно инициировать субкоды 704 анализа груза для последующего изображения или кадра или могут заканчиваться, в зависимости от инструкций от мультиплексора 701 поворота грузежом. В результате процессор 302 может идентифицировать конкретное изображение или конкретный кадр, которое/ый включает в себя участок, соответствующий грузу 156, и в этот момент субкоды 704 анализа груза переходят к этапу 752.

Этап 752 может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 сохранять извлеченные

сегментации "груз" в буфере и определять, закончился ли конкретный рабочий цикл добычного одноковшового экскаватора 102, и может быть аналогичен этапу 624 субкодов 606 обнаружения потерь. Если на этапе 752, процессор 302 определяет, что конкретный рабочий цикл не закончен, субкоды 704 анализа груза могут предписывать процессору 302 повторно инициировать субкоды 704 анализа груза для последующего изображения или кадра этого рабочего цикла или могут заканчиваться, в зависимости от инструкций мультиплексора 701 поворота грузом. Это может продолжаться, пока процессор 302 идентифицирует изображение или кадр, которое/ый соответствует концу конкретного рабочего цикла, и в этот момент субкоды 704 анализа груза могут переходить к этапу 754.

Этап 754 может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 выбирать наибольшую сегментацию "груз" из сегментаций "груз", хранящихся в буфере. Например, процессор 302 может использовать значение глубины, связанное с пикселями изображения или кадра, сгенерированного кодами 350 глубинной обработки, для 2D нормализации пикселей каждого изображения или кадра, хранящегося в буфере, и затем определять, какое(ие) нормализованное(ый) в 2D изображение(я) или кадр(ы) имеет(ют) наибольшее количество пикселей, помеченных меткой признака "груз". В некоторых других вариантах выполнения, этап 754 также может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 для выбора чистой сегментации "груз" из сегментаций "груз", хранящихся в буфере. Например, процессор 302 также может определять, какое(ие) нормализованное(ый) в 2D изображение(я) или кадр(ы) имеет(ют) наибольший процент сегментации "груз", где краевые пиксели между двумя частицами груза 156 могут различаться.

Затем субкоды 704 анализа груза продолжаются на этапе 756, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 сохранять выбранное(ый) изображение или кадр в запоминающем устройстве 306. Затем сохраненное(ый) выбранное(ый) изображение или кадр может выгружаться на сервер 312 для последующего анализа. На этом субкоды 704 анализа груза заканчиваются. Как описано выше, сервер 312 может выполнять фрагментационный анализ в отношении выбранного изображения или кадра для генерации результатов фрагментации, например, графиков распределения размеров, статистики диапазона размеров и состава материала для груза 156.

Другой мультиплексор.

Возвращаясь к фиг. 18, если на этапе 602 коды 600 анализа состояния определяют, что конкретное изображение или конкретный кадр представляет поле 184 зрения, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится на другой стадии (например, стадии выкапывания или неактивной стадии), коды 600 анализа состояния могут поступать на другой мультиплексор 801. Другой мультиплексор 801 в основном функционирует для определения, когда и как часто инициировать один или более из субкодов 802 анализа забоя и субкодов 606 обнаружения потерь, пока добычной одноковшовый экскаватор 102 находится либо на стадии выкапывания, либо на неактивной стадии.

Субкоды 802 анализа забоя в основном включают в себя коды, предписывающие процессору 302 анализировать и контролировать забой 114. В частности, субкоды 802 анализа забоя в основном включают в себя коды, предписывающие процессору 302 анализировать изображения или кадры, включающие в себя забой 114 для определения, имеются ли надлежащие изображения или кадры, подлежащие отправке на сервер 312 для последующего анализа забоя 114. Сервер 312 может выполнять фрагментационный анализ забоя 114 для генерации метрик по размеру и составу забоя 114, которые могут помочь при последующей обработке грузов 156, выкопанных из забоя 114, и также помочь при определении, какую технику следует использовать на стадии выкапывания для более эффективного выкапывания забоя 114. Примеры такого фрагментационного анализа описаны в патентной заявке PCT того же заявителя WO2017100903A1 под названием METHOD AND APPARATUS FOR IDENTIFYING FRAGMENTED MATERIAL PORTIONS WITHIN AN IMAGE, поданной 13 декабря 2016 г. и включенной в данное описание посредством ссылки. Сервер 312 также может моделировать забой 114 для определения контуров забоя 114 после конкретной стадии выкапывания. Однако такой последующий анализ забоя 114 может быть вычислительно затратным и может выполняться на сервере 312 для резервирования вычислительных ресурсов процессорной схемы 300 для других критических функций, например, субкодов 606 обнаружения потерь или субкодов 702 обнаружения валунов.

В связи с этим, субкоды анализа забоя 802 осуществляемые встроенной процессорной схемой 300 для выбора конкретного изображения или конкретного кадра для последующего анализа, могут требовать мало вычислительных ресурсов. Однако анализ забоя 114 может быть менее важен для управления текущим рабочим циклом. Другой мультиплексор 801 может таким образом выполнять субкоды 802 анализа забоя в отношении 50% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии выкапывания и/или в отношении 50% изображений или кадров, принятых в течение конкретной неактивной стадии. Однако в других примерах другой мультиплексор 801 может выполнять анализ забоя в отношении от 50% до 100% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии выкапывания, или в отношении от 50% до 100% изображений или кадров, принятых в течение конкретной неактивной стадии.

Дополнительно, ввиду важности субкодов 606 обнаружения потерь, другой мультиплексор 801 может также выполнять обнаружение потерь в отношении 0% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии выкапывания, и в отношении 50% изображений или кадров, принятых в течение кон-

кретной неактивной стадии. В связи с этим, на стадии выкапывания, зубья 150 и щитки 152 будут вероятно, по существу, заграждены земляным материалом на забое 114, тогда как в течение неактивной стадии, существует возможность того, что зубья 150 в щитках 152 наблюдаются. Однако в других примерах другой мультиплексор 801 может выполнять обнаружение потерь одного или более из зубьев 150 или щитков 152 в отношении от 5% до 75% изображений или кадров, принятых в течение конкретной стадии выкапывания и в отношении от 5% до 75% изображений или кадров, принятых в течение конкретной неактивной стадии. Альтернативно или дополнительно, другой мультиплексор 801 может также дискретизировать изображения или кадры, принятые в течение конкретной стадии выкапывания или неактивной стадии с установленными интервалами, например, каждые пять секунд, каждые 10 секунд, каждые 30 секунд и каждые 60 секунд, и выполнять обнаружение потерь на дискретизированных изображениях или кадрах.

Анализ забоя.

Если другой мультиплексор 801 определяет, что процессор 302 должен инициировать субкоды 802 анализа забоя, иллюстративная реализация субкодов 802 анализа забоя в основном показана на фиг. 22, хотя возможны и другие конфигурации.

В примере, показанном на фиг. 22, субкоды 802 анализа забоя начинаются на этапе 810, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 определять, включает ли в себя конкретное изображение или конкретный кадр участки, соответствующие забою 114. Например, этап 810 может предписывать процессору 302 извлекать метки признаков пикселей изображения или кадра, сгенерированного кодами 550 сегментации признака и определять, классифицируются ли любой из пикселей меткой "забой" (а именно, сегментацию "забой"). Затем процессор 302 может определять, что конкретное изображение или конкретный кадр, имеющее/ий сверх порогового количества пикселей, помеченных меткой признака "забой", включает в себя участок, соответствующий забою 114, и что конкретное изображение или конкретный кадр, имеющее/ий менее порогового количества пикселей, помеченных меткой признака "забой", не включает в себя участок, соответствующий забою 114.

Если на этапе 810 процессор 302 определяет, что конкретное изображение или конкретный кадр не включает в себя никаких участков, соответствующих забою 114, субкоды 802 анализа забоя могут предписывать процессору 302 повторно инициировать субкоды 802 анализа забоя для последующего изображения или кадра или могут заканчиваться, в зависимости от инструкций от другого мультиплексора 801. Это может продолжаться, пока процессор 302 идентифицирует конкретное изображение или конкретный кадр, которое/ый включает в себя участок, соответствующий забою 114, и в этот момент субкоды 802 анализа забоя переходят к этапу 812.

Этап 812 может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 сохранять извлеченные сегментации "забой" в буфере и определять, закончился ли конкретный рабочий цикл добычного одноковшового экскаватора 102, и может быть аналогичен этапу 624 субкодов 606 обнаружения потерь и этапу 752 субкодов 704 анализа груза. Если на этапе 812, процессор 302 определяет, что конкретный рабочий цикл не закончен, субкоды 802 анализа забоя могут предписывать процессору 302 повторно инициировать субкоды 802 анализа забоя для последующего изображения или кадра этого рабочего цикла или могут заканчиваться, в зависимости от инструкций другого мультиплексора 801. Это может продолжаться, пока процессор 302 идентифицирует изображение или кадр, которое/ый соответствует концу конкретного рабочего цикла добычного одноковшового экскаватора 102, и в этот момент субкоды 802 анализа забоя могут переходить к этапу 814.

Этап 814 может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 выбирать наибольшую и/или чистейшую сегментацию "забой" из сегментации "забой", хранящихся в буфере, и может быть аналогичен этапу 754 субкодов 704 анализа груза.

Затем субкоды 802 анализа забоя продолжают на этапе 816, который может включать в себя коды, предписывающие процессору 302 сохранять выбранное(ый) изображение или кадр в запоминающем устройстве 306. Затем сохраненное(ый) выбранное(ый) изображение или кадр может выгружаться на сервер 312 для последующего анализа. На этом субкоды 802 анализа забоя заканчиваются. Как описано выше, сервер 312 может выполнять фрагментационный анализ в отношении выбранного изображения или кадра для генерации результатов фрагментации, например, графиков распределения размеров, статистики диапазона размеров и состава материала для забоя 114. Сервер 312 также может выполнять дополнительное моделирование анализа в отношении выбранного изображения или кадра.

Коды агрегации метрики.

После того, как коды 500 классификации активности генерируют метки активности и коды 600 анализа состояния генерируют анализ разных компонентов рабочего инструмента 126, груза 156 и забоя 114, процессорная схема 300 также может инициировать коды 900 агрегации метрики, хранящиеся в программной памяти 304. Коды 900 агрегации метрики в основном включают в себя коды, предписывающие процессору 302 или процессору сервера 312 агрегировать разные метрики, ассоциированные с разными стадиями рабочего цикла для идентификации тенденций на протяжении множественных рабочих циклов или тенденций, связанных с общей стадией (например стадии выкапывания, стадии поворота грузным, стадии выгрузки, стадии поворота разгруженным и т.д.) множественных рабочих циклов. В связи с этим,

стадия "общая" для множественных рабочих циклов означает одну и ту же стадию на протяжении множественных рабочих циклов. Например, один рабочий цикл может включать в себя одну стадию выкапывания и одну стадию поворота грузом, и стадии выкапывания из множества рабочих циклов могут быть общими стадиями выкапывания, тогда как стадии поворота грузом множественных рабочих циклов могут быть общими стадиями поворота грузом. Одним примером агрегированной метрики может быть длительность разных общих стадий на протяжении множественных рабочих циклов, например, средняя или срединная продолжительность времени, например, для стадии выкапывания или стадии выгрузки. Другим примером агрегированной метрики может быть износ множества зубьев 150 или множества щитков 152 на протяжении каждого рабочего цикла и множества рабочих циклов. Агрегированные метрики могут коррелировать с идентичностью оператора, состав груза 156 и состав конкретного забоя 114.

Например, коды 900 агрегации метрики могут включать в себя коды, предписывающие процессору 302 агрегировать изображения или кадры, принятые на протяжении одного рабочего цикла для определения продолжительности времени для разных стадий этого рабочего цикла. Например, коды 900 агрегации метрики могут предписывать процессору 302 извлекать последовательность последовательных изображений или кадров, имеющих одну и ту же метку активности и принадлежащих одной и той же стадии (например, между двумя точками перехода) в одном рабочем цикле и определять количество кадров, классифицированных одной и той же меткой активности. В более конкретном примере, последовательность из 200 изображений или кадров, извлеченных в t_0-t_{200} , может классифицироваться меткой "копать" кодами 500 классификации активности. Коды 900 агрегации метрики могут предписывать процессору 302 определять продолжительность времени, соответствующую этой последовательности из 200 изображений, на основании частоты кадров системы 180 захвата изображений или частоту кадров изображений или видеозаписей, которые анализируются процессорной схемой 300. Например, если изображения или видеозаписи захватываются с частотой 3 1/с, последовательность из 200 изображений и в основном соответствуют 66,7 секунд, указывая, что стадия выкапывания этого конкретного рабочего цикла составляет приблизительно 66,7 секунд. Это позволяет процессору 302 определять продолжительность времени, затраченного на выполнение каждой стадии каждого рабочего цикла.

Коды 900 агрегации метрики также могут включать в себя коды, предписывающие процессору 302 агрегировать продолжительности времени для общей стадии множественных рабочих циклов для определения тенденций, связанных с этой общей стадией. Например, коды 900 агрегации метрики могут предписывать процессору 302 агрегировать продолжительности времени, определенные для стадий выкапывания множественных рабочих циклов или агрегировать продолжительности времени, определенные для стадий выгрузки множественных рабочих циклов. Это позволяет процессору 302 определять тенденции, ассоциированные с выполнением конкретной общей стадии, например, среднюю продолжительность времени, затраченную на стадии выкапывания на протяжении множественных рабочих циклов и среднюю продолжительность времени, затраченную на стадии выгрузки на протяжении множественных рабочих циклов.

Коды 900 агрегации метрики также могут включать в себя коды, предписывающие процессору 302 агрегировать длину из множества зубьев 150 и/или множества щитков 152 для определения тенденций износа в течение одного рабочего цикла. Например, коды 900 агрегации метрики могут предписывать процессору 302 извлекать определенную длину, сгенерированную этапом 654 субкодов 608 контроля износа, собранную в течение одной стадии (например, в течение конкретной стадии поворота разгруженным или в течение конкретной стадии выгрузки) одного рабочего цикла, и строить график длин для генерации линии тенденции износа для этого одного рабочего цикла.

Коды 900 агрегации метрики также могут включать в себя коды, предписывающие процессору 302 агрегировать длины зубьев 150 и/или щитков 152 на протяжении множественных рабочих циклов. Например, коды 900 агрегации метрики могут предписывать процессору 302 агрегировать длины, определенные в течение стадий поворота разгруженным множественных рабочих циклов. Это позволяет процессору 302 строить график длин для генерации линии тенденции износа на протяжении множественных рабочих циклов. Это также позволяет процессору 302 определять, когда конкретный зуб или щиток изменился, например, путем резкого увеличения длины, а не постепенного уменьшения длины.

В основном, вышеприведенные примеры позволяют процессорной схеме 300 определять текущую стадию рабочего цикла тяжелого оборудования (например, добычной одноковшовый экскаватор 102 или гидравлический забойный экскаватор 950) на основании изображений или кадров, захваченных системой захвата изображений (например, системой 180 захвата изображений или системой 180' захвата изображений), монтируемой на тяжелом оборудовании. Вышеприведенные примеры также позволяют процессорной схеме 300 выполнять последовательность разного контрольного анализа на рабочих инструментах тяжелого оборудования, грузах, переносимых тяжелым оборудованием, и/или забое, на данный момент разрабатываемом с помощью тяжелого оборудования, с использованием одних и тех же изображений или кадров, захваченных системой захвата изображений. Дополнительно, для усовершенствования различных субкодов контрольного анализа (например, субкодов 606 обнаружения потерь, субкодов 608 контроля износа, субкодов 702 обнаружения валунов, субкодов 704 анализа груза и субкодов 802 анализа

забоя), осуществляемых процессорной схемой 300, контрольный анализ, осуществляемый процессорной схемой 300 можно изменять в зависимости от текущей стадии рабочего цикла тяжелого оборудования.

Используемый здесь термин, выражающий степень, например, используемые здесь термины "приблизительно", "около", "в основном" и "по существу" представляют значение, величину или характеристику вблизи указанного значения, величину или характеристику, которая все еще осуществляет желаемую функцию или достигает желаемого результата. Например, термины "приблизительно", "около", "в основном" и "по существу" могут означать величину, которая отличается менее чем на 10%, менее чем на 5%, менее чем на 1%, менее чем на 0,1%, или менее чем на 0,01% от указанного значения.

Хотя были описаны и проиллюстрированы конкретные примеры, такие примеры следует считать лишь иллюстративными, но не ограничивающими раскрытые примеры, поскольку они подлежат толкованию в соответствии с прилагаемой формулой изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ контроля операций тяжелого оборудования, имеющего рабочий инструмент, выполненный с возможностью выкапывать груз из забоя, причем способ содержит этапы, на которых:

захватывают множество изображений в течение рабочего цикла тяжелого оборудования;

обрабатывают множество изображений посредством модели классификатора активности, реализованной на процессорной схеме, причем модель классификатора активности включает в себя нейронную сеть, сконфигурированную и обученную для генерации метки активности на основании последовательности изображений во множестве изображений, причем метка активности ассоциирует последовательность изображений с по меньшей мере одной стадией из множества стадий, образующих рабочий цикл;

выполняют по меньшей мере один анализ с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией, причем по меньшей мере один анализ включает в себя анализ рабочего инструмента, анализ груза и/или анализ забоя;

агрегируют результаты по меньшей мере одного анализа, выполняемого с использованием упомянутой последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией, во множестве рабочих циклов; и

генерируют по меньшей мере одну агрегированную метрику, характеризующую по меньшей мере одну стадию, во множестве рабочих циклов на основании агрегированных результатов по меньшей мере одного анализа.

2. Способ по п.1, дополнительно содержащий этап, на котором обрабатывают множество изображений посредством модели сегментатора признаков, реализованной на процессорной схеме, причем модель сегментатора признаков включает в себя нейронную сеть, сконфигурированную и обученную для генерации сегментаций для множества изображений.

3. Способ по п.2, в котором сегментации содержат по меньшей мере сегментацию рабочего инструмента, соответствующую рабочему инструменту, сегментацию груза, соответствующую грузу, и/или сегментацию забоя, соответствующую забюю.

4. Способ по п.3, в котором по меньшей мере одна стадия из множества стадий включает в себя стадию выкапывания, и выполнение по меньшей мере одного анализа включает в себя этап, на котором:

выполняют анализ забоя с использованием последовательности изображений, ассоциированных со стадией выкапывания.

5. Способ по п.4, в котором выполнение анализа забоя включает в себя этап, на котором выполняют анализ забоя на сегментации забоя из последовательности изображений, ассоциированных со стадией выкапывания, для выбора одного или более изображений из последовательности изображений, ассоциированных с хранилищем выкопанного, для передачи на сервер.

6. Способ по п.3, в котором по меньшей мере одна стадия из множества стадий включает в себя стадию поворота разгруженным или стадией выгрузки, и выполнение по меньшей мере одного анализа включает в себя этап, на котором:

выполняют анализ рабочего инструмента с использованием последовательности изображений, ассоциированных со стадией поворота разгруженным или стадией выгрузки.

7. Способ по п.6, в котором выполнение анализа рабочего инструмента включает в себя один или более из этапов, на которых:

выполняют обнаружение потерь на сегментации рабочего инструмента из последовательности изображений, ассоциированных со стадией поворота разгруженным или стадией выгрузки, для определения, отсутствует ли участок по меньшей мере одного зуба и/или по меньшей мере одного щитка рабочего инструмента; и

выполняют контроль износа на сегментации рабочего инструмента из последовательности изображений, ассоциированных со стадией поворота разгруженным или стадией выгрузки, для определения длины по меньшей мере одного зуба и/или длины по меньшей мере одного щитка.

8. Способ по п.7, в котором:

выполнение обнаружения потерь содержит этап, на котором выполняют обнаружение потерь на

первом проценте последовательности изображений, ассоциированных со стадией поворота разгруженным или стадией выгрузки, в ответ на команды от мультиплексора поворота разгруженным/выгрузки; и выполнение контроля износа содержит этап, на котором выполняют контроль износа на втором проценте последовательности изображений, ассоциированных со стадией поворота разгруженным или стадией выгрузки, в ответ на команды от мультиплексора поворота разгруженным/выгрузки.

9. Способ по п.3, в котором по меньшей мере одна стадия из множества стадий включает в себя стадию поворота грузом упомянутого рабочего цикла, и выполнение по меньшей мере одного анализа включает в себя этап, на котором:

выполняют анализ груза с использованием последовательности изображений, ассоциированных со стадией поворота грузом.

10. Способ по п.9, в котором выполнение анализа груза включает в себя один или более из этапов, на которых:

выполняют анализ груза на сегментации груза последовательности изображений, ассоциированных со стадией поворота грузом для выбора одного или более изображений из последовательности изображений, ассоциированных со стадией поворота грузом, для передачи на сервер; и

выполняют обнаружение валунов на сегментации груза последовательности изображений, ассоциированных со стадией поворота грузом, для определения, присутствуют ли какие-либо валуны в грузе.

11. Способ по п.10, в котором:

выполнение анализа груза содержит этап, на котором выполняют анализ груза на первом проценте последовательности изображений, ассоциированных со стадией поворота грузом, в ответ на команды от мультиплексора поворота грузом; и

выполнение обнаружения валунов содержит этап, на котором выполняют обнаружение валунов на втором проценте последовательности изображений, ассоциированных со стадией поворота грузом, в ответ на команды от мультиплексора поворота грузом.

12. Способ по п.1, дополнительно включающий в себя этап, на котором обрабатывают множество изображений посредством модели идентификатора ключевой точки, реализованной на процессорной схеме, причем модель идентификатора ключевой точки включает в себя нейронную сеть, сконфигурированную и обученную для идентификации множества ключевых точек рабочего инструмента и генерирования метки ключевой точки и координат ключевых точек для каждой ключевой точки из множества ключевых точек.

13. Способ по п.1, в котором по меньшей мере одна стадия во множестве рабочих циклов включает в себя стадию выкапывания, и по меньшей мере одна агрегированная метрика характеризует среднюю продолжительность времени, затраченную на разработку забоя на стадии выкапывания, во множестве рабочих циклов.

14. Способ по п.1, в котором по меньшей мере одна стадия во множестве рабочих циклов включает в себя стадию выгрузки, и по меньшей мере одна агрегированная метрика характеризует среднюю продолжительность времени для нагружения карьерного самосвала на стадии выгрузки во множестве рабочих циклов.

15. Способ по п.1, в котором по меньшей мере одна агрегированная метрика характеризует износ рабочего инструмента во множестве рабочих циклов.

16. Компьютерно-считываемый носитель данных, хранящий инструкции, которые, при выполнении по меньшей мере одним процессором процессорной схемы, предписывают по меньшей мере одному процессору, по меньшей мере:

обрабатывать множество изображений, захваченных в течение рабочего цикла тяжелого оборудования, посредством модели классификатора активности, реализованной на процессорной схеме, причем модель классификатора активности включает в себя нейронную сеть, сконфигурированную и обученную для генерации метки активности на основании последовательности изображений во множестве изображений, причем метка активности ассоциирует последовательность изображений с по меньшей мере одной стадией из множества стадий, образующих рабочий цикл ;

выполнять по меньшей мере один анализ с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией, причем по меньшей мере один анализ включает в себя анализ рабочего инструмента тяжелого оборудования, анализ груза, выкопанного из забоя тяжелым оборудованием, и/или анализ забоя;

агрегировать результаты по меньшей мере одного анализа, осуществляемого с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией, во множестве рабочих циклов; и

генерировать по меньшей мере одну агрегированную метрику, характеризующую по меньшей мере одну стадию, во множестве рабочих циклов на основании агрегированных результатов по меньшей мере одного анализа.

17. Компьютерная система, содержащая по меньшей мере один процессор процессорной схемы, причем по меньшей мере один процессор выполнен с возможностью, по меньшей мере:

обрабатывать множество изображений, захваченных в течение рабочего цикла тяжелого оборудова-

ния, посредством модели классификатора активности, реализованной на процессорной схеме, причем модель классификатора активности включает в себя нейронную сеть, сконфигурированную и обученную для генерации метки активности на основании последовательности изображений во множестве изображений, причем метка активности ассоциирует последовательность изображений с по меньшей мере одной стадией из множества стадий, образующих рабочий цикл;

выполнять по меньшей мере один анализ с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией, причем по меньшей мере один анализ включает в себя анализ рабочего инструмента тяжелого оборудования, анализ груза, выкопанного из забоя тяжелым оборудованием, и/или анализ забоя;

агрегировать результаты по меньшей мере одного анализа, осуществляемого с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией, во множестве рабочих циклов; и

генерировать по меньшей мере одну агрегированную метрику, характеризующую по меньшей мере одну стадию, во множестве рабочих циклов на основании агрегированных результатов по меньшей мере одного анализа.

18. Компьютерная система по п.17, в котором по меньшей мере одна стадия включает в себя стадию поворота разгруженным или стадию выгрузки, причем выполнение по меньшей мере одного анализа содержит выполнение анализа рабочего инструмента на основании последовательности изображений, ассоциированных со стадией поворота разгруженным или стадией выгрузки, и при этом по меньшей мере один процессор выполнен с возможностью выполнения анализа рабочего инструмента за счет того, что выполнен с возможностью, по меньшей мере:

выполнять обнаружение потерь на сегментации рабочего инструмента для определения, отсутствует ли участок по меньшей мере одного зуба и/или по меньшей мере одного щитка рабочего инструмента, причем сегментация рабочего инструмента представляет рабочий инструмент в последовательности изображений, ассоциированных со стадией поворота разгруженным или стадией выгрузки, и/или

выполнять контроль износа на сегментации рабочего инструмента для определения длины по меньшей мере одного зуба и/или по меньшей мере одного щитка.

19. Компьютерная система по п.17, в котором по меньшей мере одна стадия включает в себя стадию поворота груженым, причем выполнение по меньшей мере одного анализа содержит выполнение анализа груза на основании последовательности изображений, ассоциированных со стадией поворота груженым, причем по меньшей мере один процессор выполнен с возможностью выполнения анализа груза за счет того, что выполнен с возможностью, по меньшей мере:

выполнять анализ груза на сегментации груза для выбора одного или более изображений из последовательности изображений, ассоциированных со стадией поворота груженым, для передачи на сервер, причем сегментация груза представляет груз в последовательности изображений, ассоциированных со стадией поворота груженым, и/или

выполнять обнаружение валунов на сегментации груза для определения, присутствуют ли какие-либо валуны в грузе.

20. Компьютерная система по п.17, в которой по меньшей мере одна агрегированная метрика характеризует износ рабочего инструмента во множестве рабочих циклов.

21. Способ контроля операций тяжелого оборудования, имеющего рабочий инструмент, выполненный с возможностью выкапывать груз из забоя, причем способ содержит этапы, на которых:

захватывают множество изображений в течение рабочего цикла тяжелого оборудования;

обрабатывают множество изображений посредством модели классификатора активности, реализованной на процессорной схеме, причем модель классификатора активности включает в себя нейронную сеть, сконфигурированную и обученную для генерации метки активности на основании последовательности изображений во множестве изображений, причем метка активности ассоциирует последовательность изображений с по меньшей мере одной стадией из множества стадий, образующих рабочий цикл; и

выполняют по меньшей мере один анализ с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией, причем по меньшей мере один анализ включает в себя анализ рабочего инструмента, анализ груза и/или анализ забоя.

22. Компьютерно-считываемый носитель данных, хранящий инструкции, которые, при выполнении по меньшей мере одним процессором процессорной схемы, предписывает по меньшей мере одному процессору, по меньшей мере:

обрабатывать множество изображений, захваченных в течение рабочего цикла тяжелого оборудования, посредством модели классификатора активности, реализованной на процессорной схеме, причем модель классификатора активности включает в себя нейронную сеть, сконфигурированную и обученную для генерации метки активности на основании последовательности изображений во множестве изображений, причем метка активности ассоциирует последовательность изображений с по меньшей мере одной стадией из множества стадий, образующих рабочий цикл; и

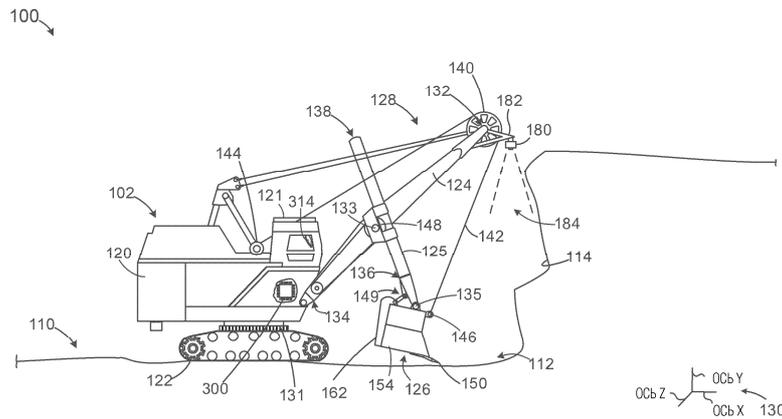
выполнять по меньшей мере один анализ с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией, причем по меньшей мере один анализ включает в себя

анализ рабочего инструмента тяжелого оборудования, анализ груза, выкопанного из забоя тяжелым оборудованием, и/или анализ забоя.

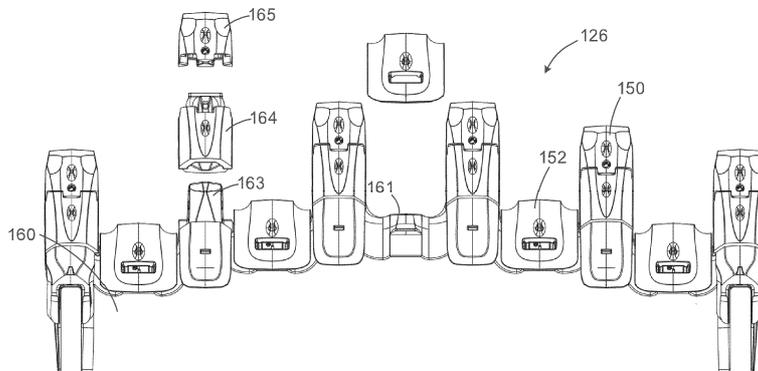
23. Компьютерная система, содержащая по меньшей мере один процессор процессорной схемы, причем по меньшей мере один процессор выполнен с возможностью, по меньшей мере:

обрабатывать множество изображений, захваченных в течение рабочего цикла тяжелого оборудования, посредством модели классификатора активности, реализованной на процессорной схеме, причем модель классификатора активности включает в себя нейронную сеть, сконфигурированную и обученную для генерации метки активности на основании последовательности изображений во множестве изображений, причем метка активности ассоциирует последовательность изображений с по меньшей мере одной стадией из множества стадий, образующих рабочий цикл; и

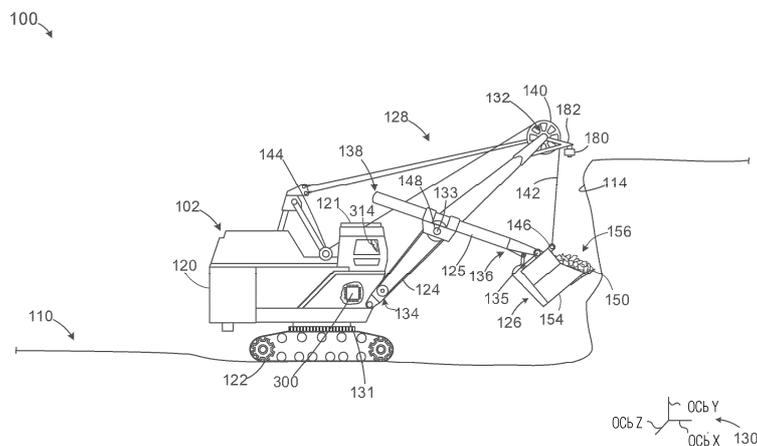
выполнять по меньшей мере один анализ с использованием последовательности изображений, ассоциированных с по меньшей мере одной стадией, причем по меньшей мере один анализ включает в себя анализ рабочего инструмента тяжелого оборудования, анализ груза, выкопанного из забоя тяжелым оборудованием, и/или анализ забоя.



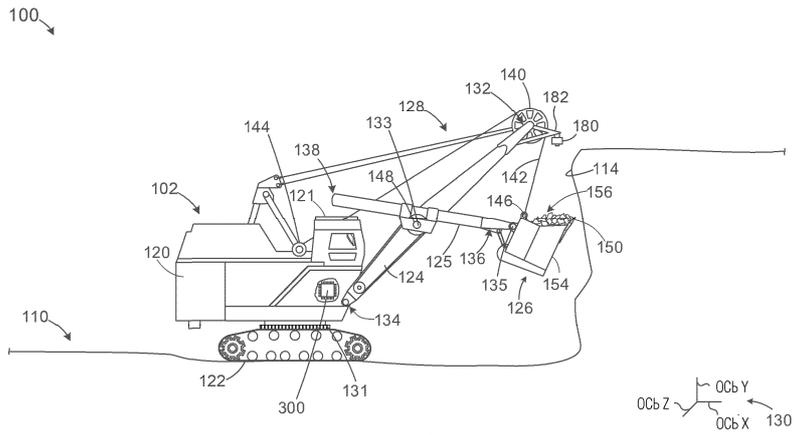
Фиг. 1



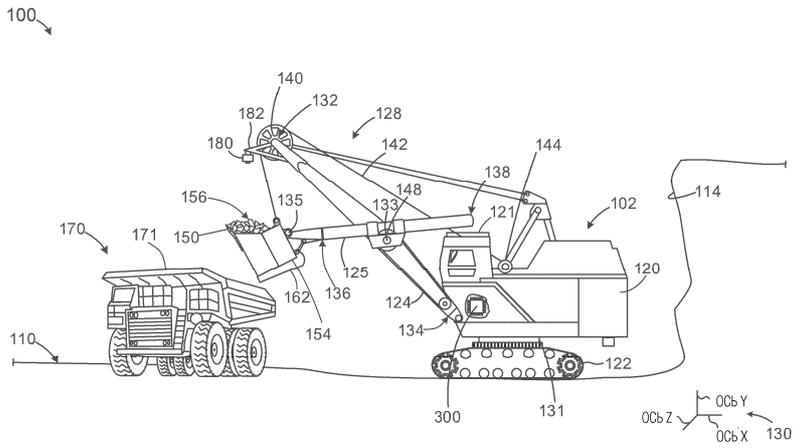
Фиг. 2



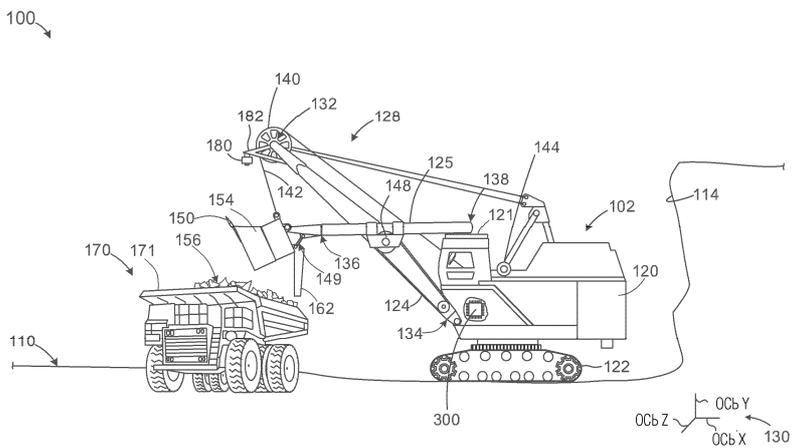
Фиг. 3



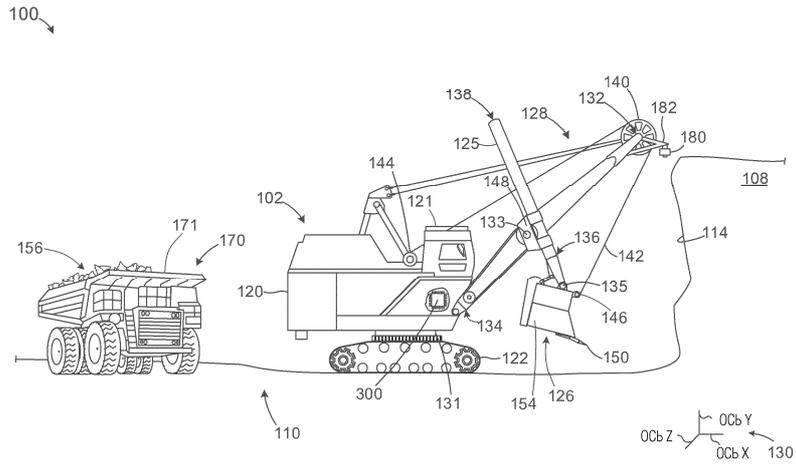
Фиг. 4



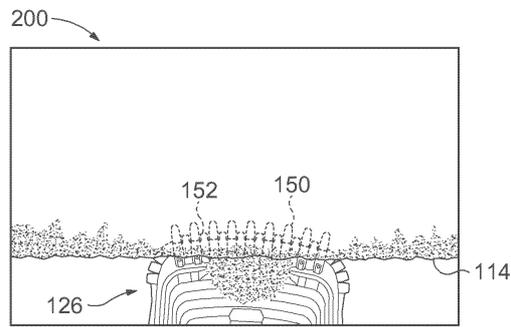
Фиг. 5



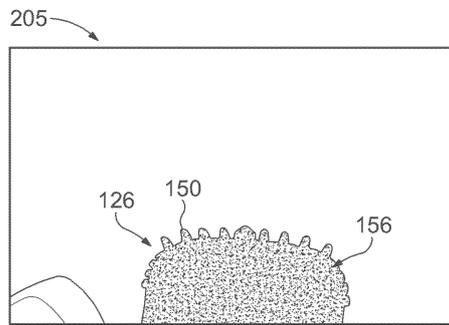
Фиг. 6



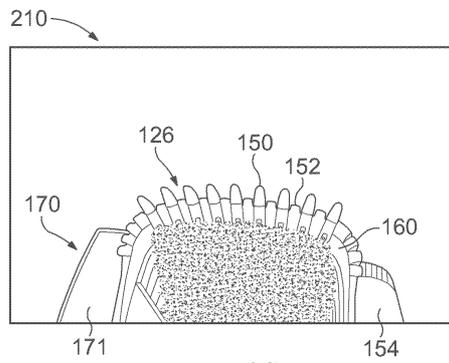
Фиг. 7



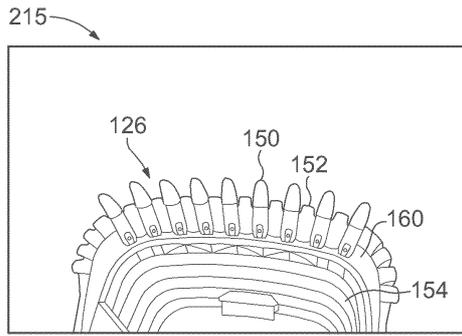
Фиг. 8А



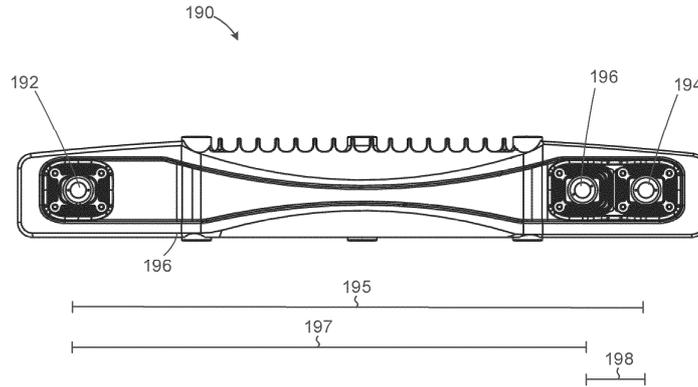
Фиг. 8В



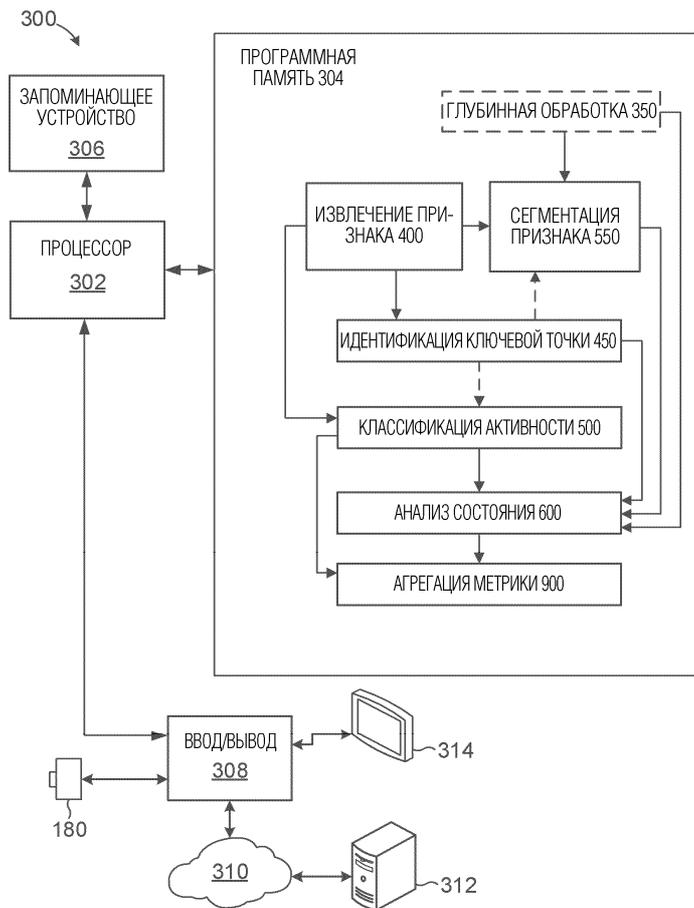
Фиг. 8С



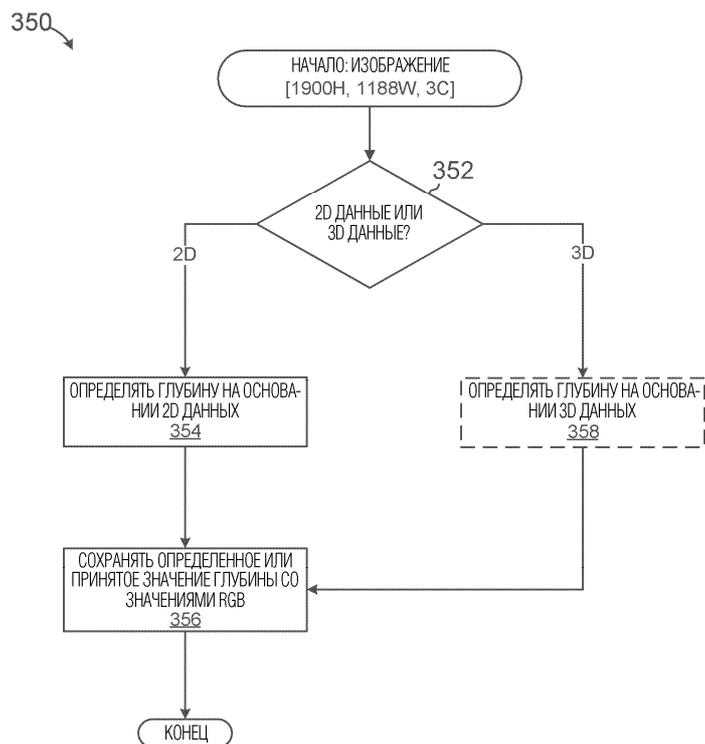
Фиг. 8D



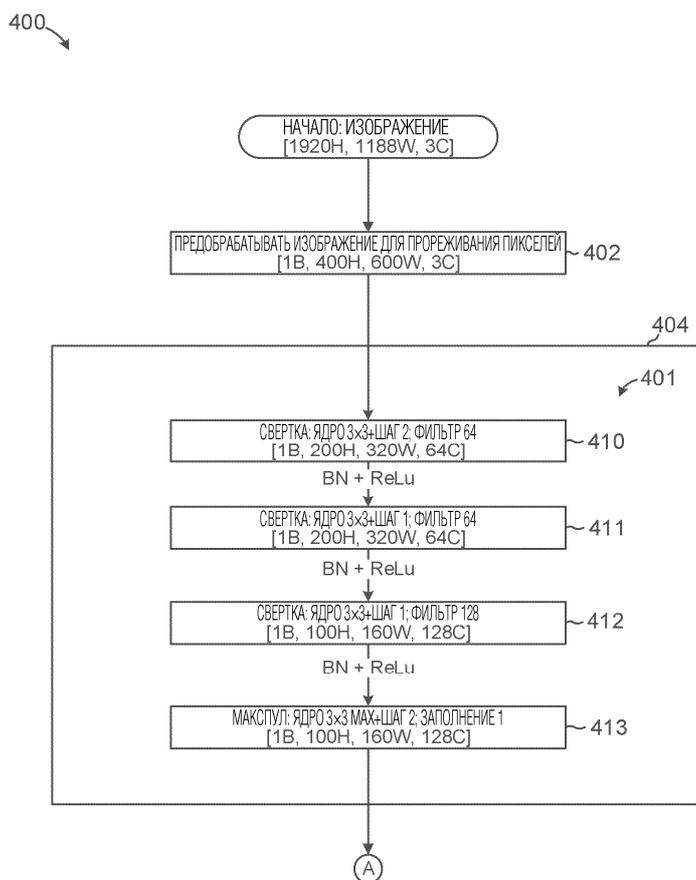
Фиг. 9



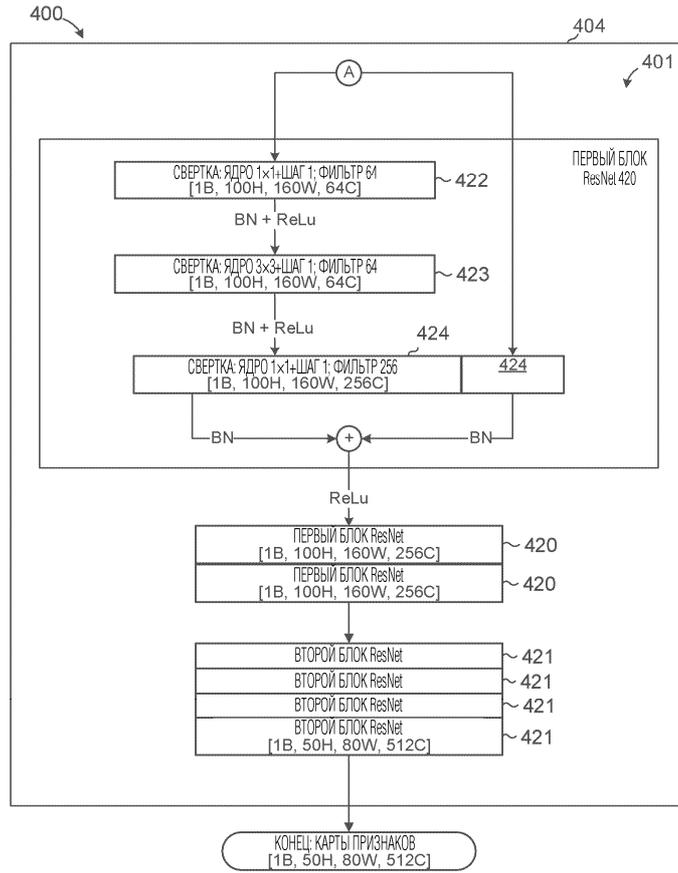
Фиг. 10



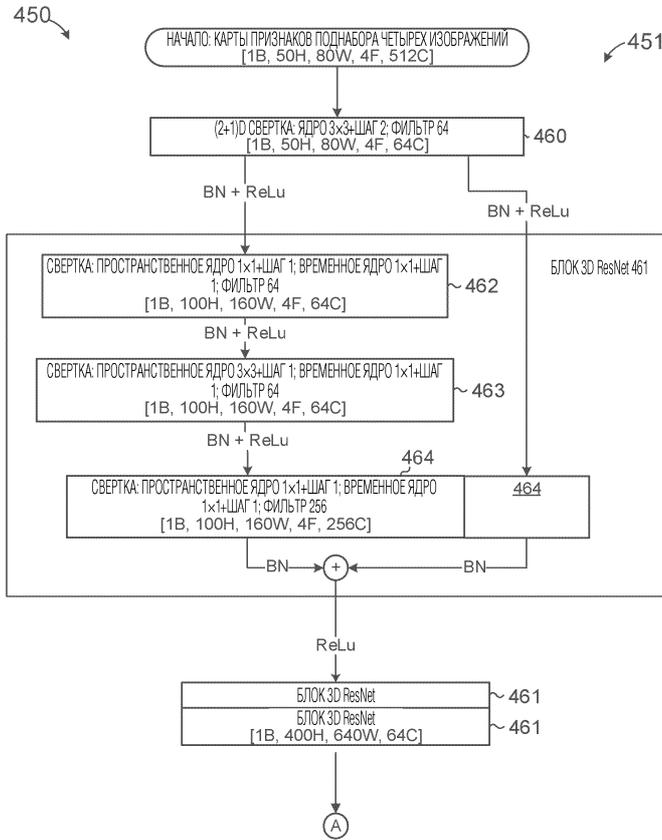
Фиг. 11



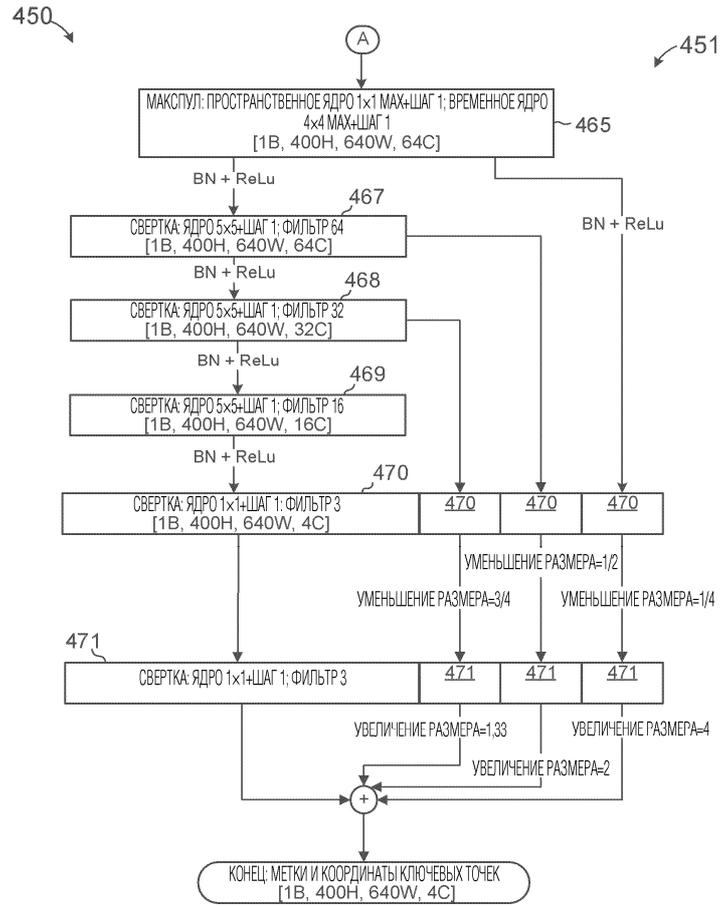
Фиг. 12А



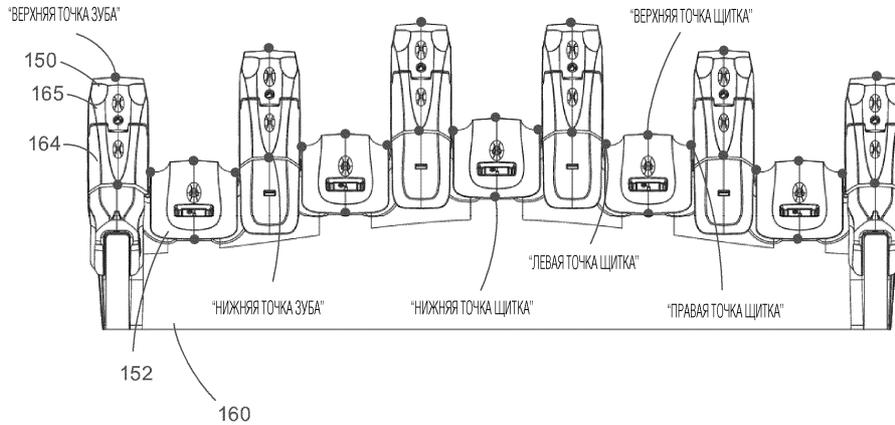
Фиг. 12В



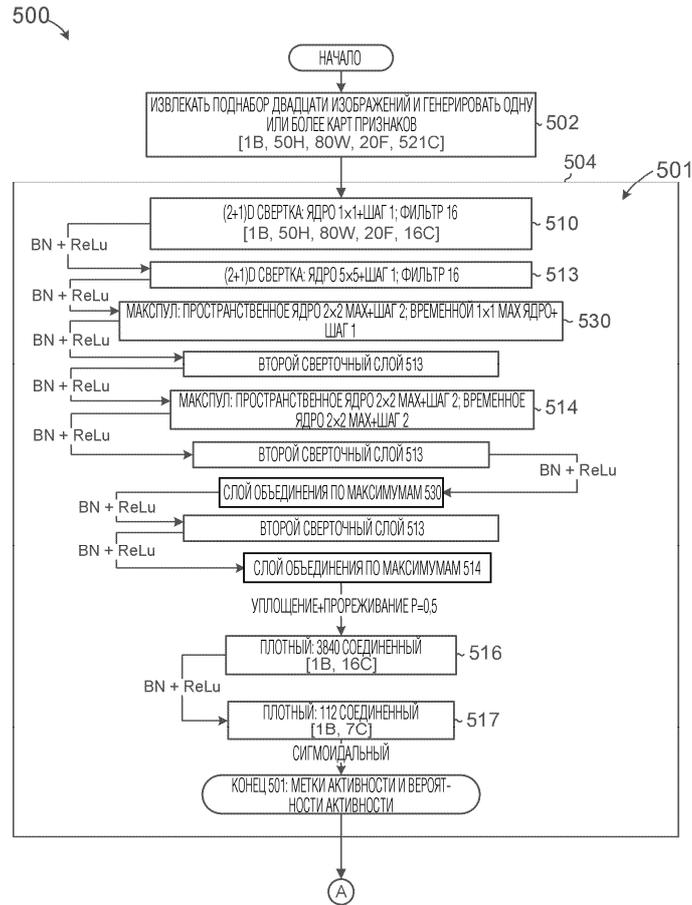
Фиг. 13А



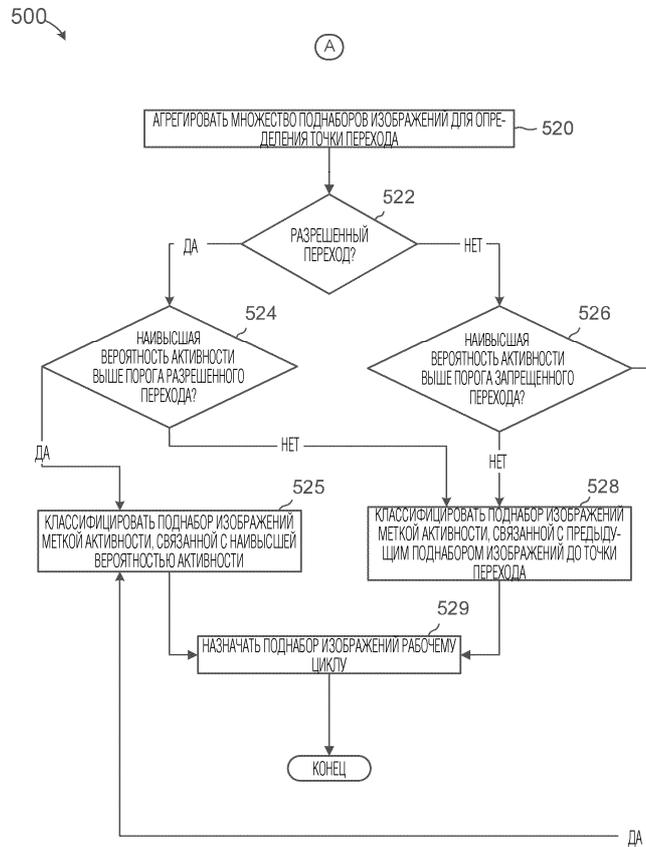
Фиг. 13В



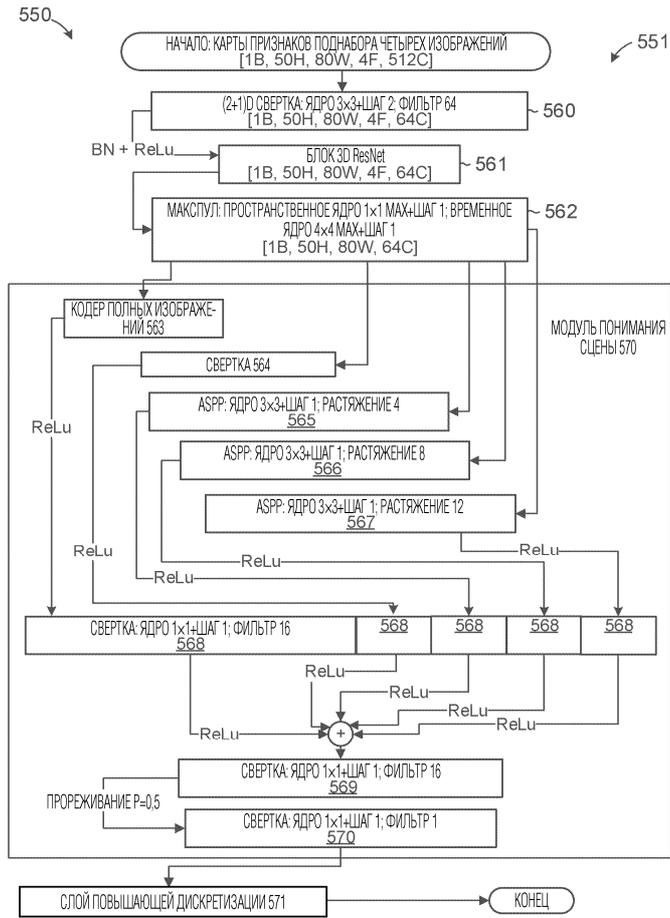
Фиг. 14



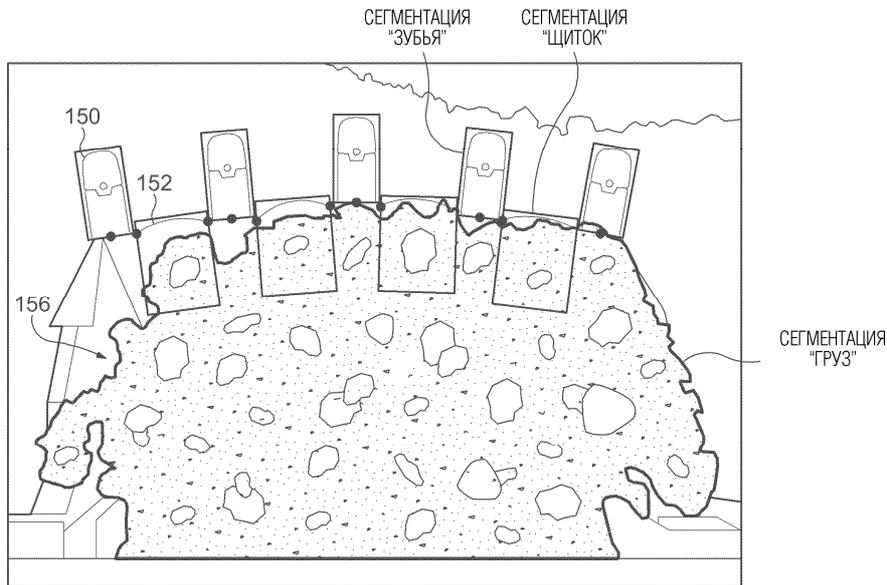
Фиг. 15А



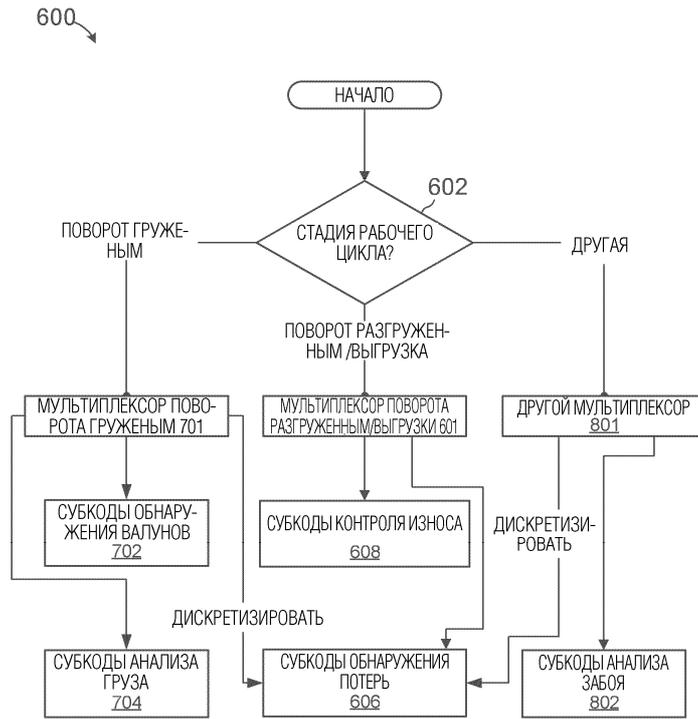
Фиг. 15В



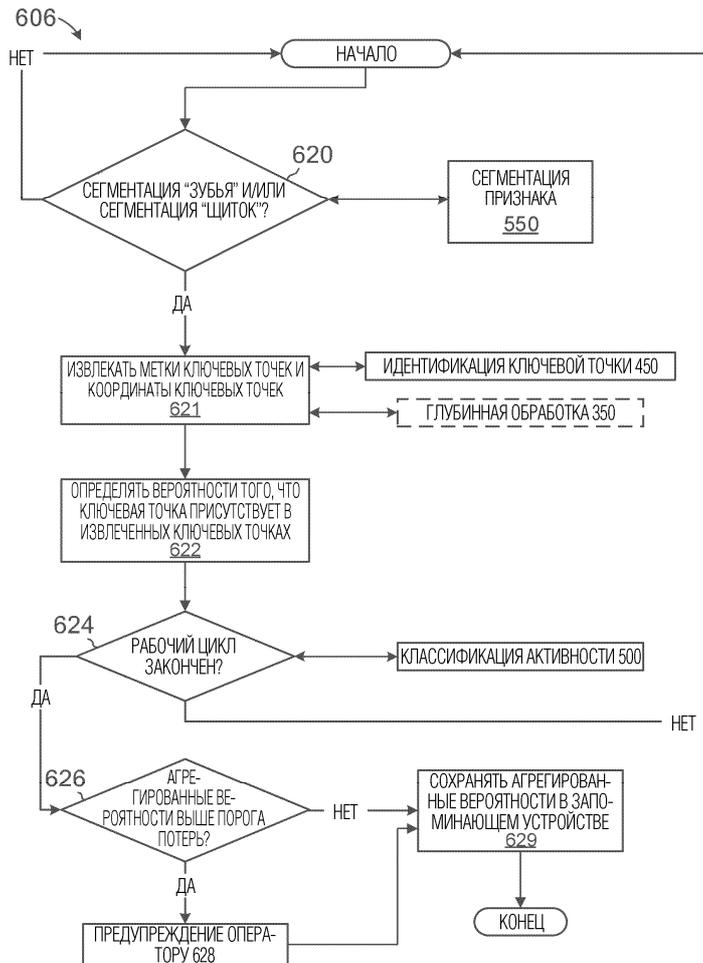
Фиг. 16



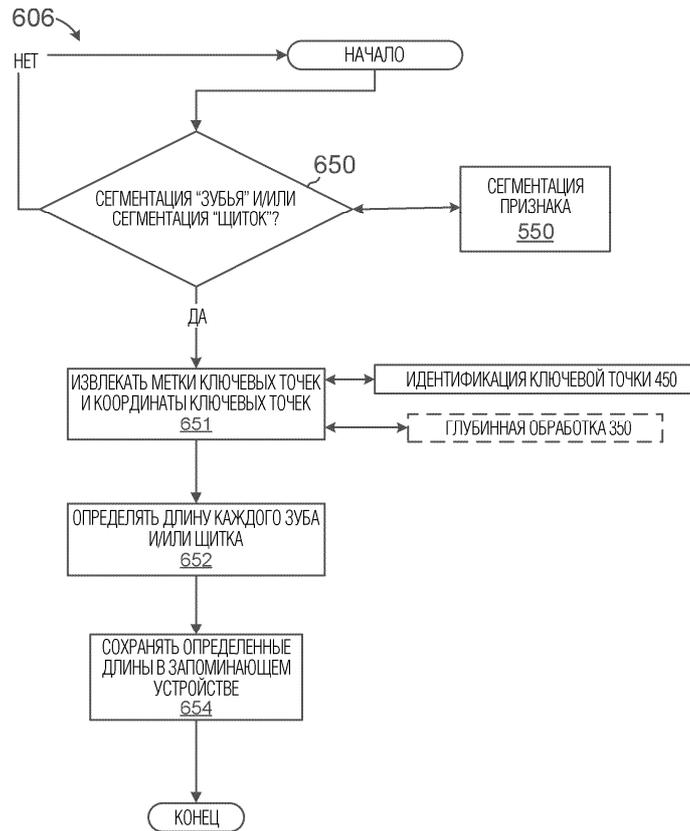
Фиг. 17



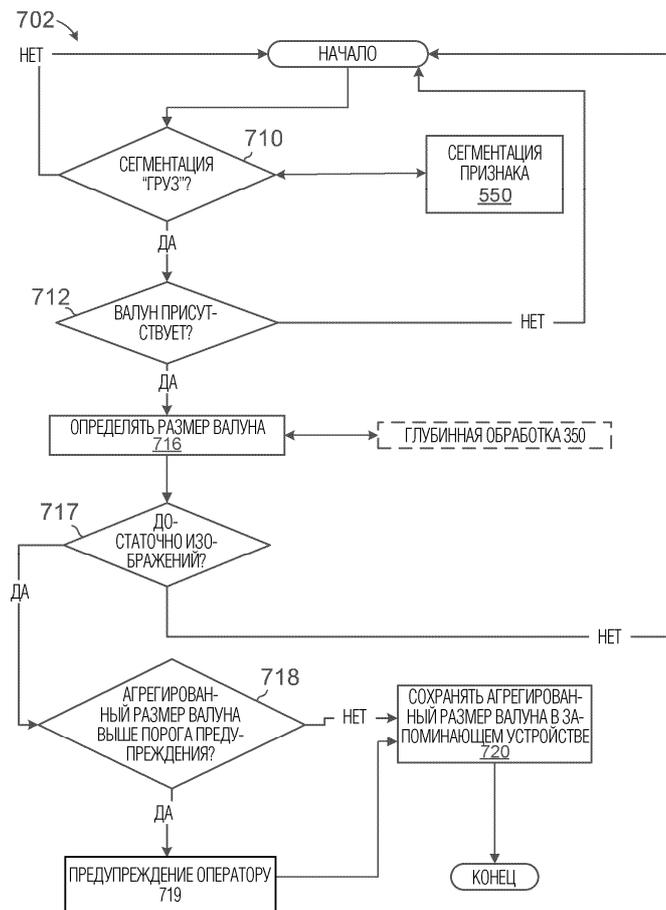
Фиг. 18



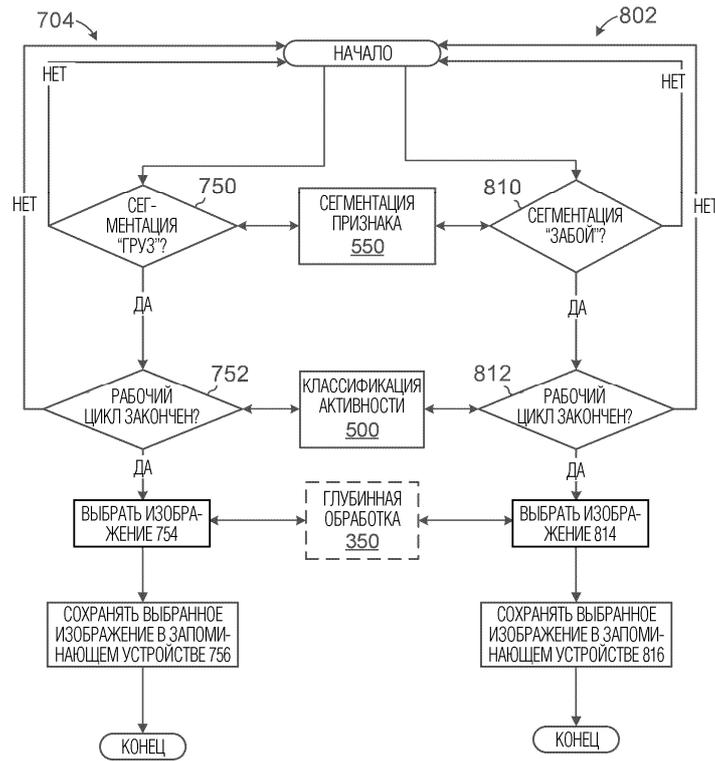
Фиг. 19



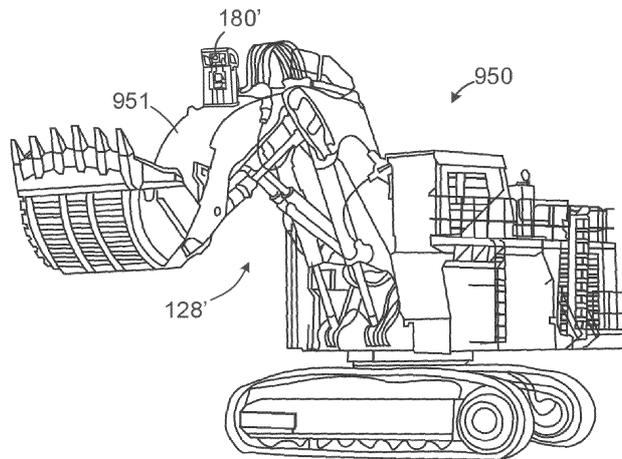
Фиг. 20



Фиг. 21



Фиг. 22



Фиг. 23