

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202392546** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2024.02.29

(22) Дата подачи заявки
2022.04.19

(51) Int. Cl. **G01S 17/46** (2006.01)
G01S 19/42 (2010.01)
G06T 7/70 (2017.01)
F42D 3/04 (2006.01)
E21C 41/00 (2006.01)

(54) **ГЕОПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ПОЛУЧЕННОГО ДРОБЛЕНИЕМ МАТЕРИАЛА**

(31) **2021901147**

(32) **2021.04.19**

(33) **AU**

(86) **PCT/AU2022/050355**

(87) **WO 2022/221912 2022.10.27**

(71) Заявитель:

ОРИКА ИНТЕРНЭШНЛ ПТИ ЛТД
(SG)

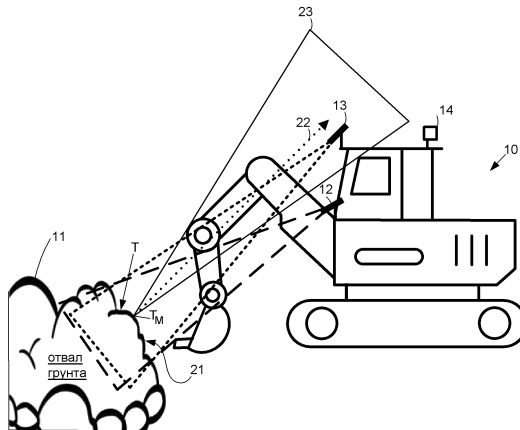
(72) Изобретатель:

Чэнь Бэнни, Оди Майкл, Кирби
Мэйрик (AU)

(74) Представитель:

Билык А.В., Поликарпов А.В.,
Соколова М.В., Путинцев А.И.,
Черкас Д.А., Игнатьев А.В., Дмитриев
А.В., Бельтюкова М.В. (RU)

(57) Описана система определения местоположения обломков взорванной породы, содержащая систему формирования трехмерных изображений, установленную на экскаваторном устройстве и выполненную с возможностью визуализации части отвала из обломков взорванной породы и с возможностью захвата по меньшей мере одного изображения визуализируемой части указанного отвала; систему позиционирования, выполненную с возможностью определения местоположения и курса экскаваторного устройства; процессор, выполненный с возможностью выполнения программных инструкций для обработки сигналов от системы формирования трехмерных изображений, в том числе путем выполнения операций обработки изображения по меньшей мере одного изображения визуализируемой части отвала из обломков взорванной породы, чтобы определить опорное местоположение в визуализируемой части отвала из обломков взорванной породы; определить опорное местоположение в географической системе координат; идентифицировать множество отдельных обломков взорванной породы в визуализируемой части отвала из обломков взорванной породы; и определить четкую географическую координату, соответствующую каждому из множества отдельных обломков взорванной породы.



A1

202392546

202392546

A1

ГЕОПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ПОЛУЧЕННОГО ДРОБЛЕНИЕМ МАТЕРИАЛА

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0001] Настоящее изобретение относится к горнодобывающей промышленности. Более конкретно, изобретение относится к способам и устройствам для точной идентификации, определения местоположения и отслеживания материала, полученного дроблением, такого как обломки взорванной породы, образующиеся в связи с добычей полезных ископаемых или в ее результате.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[0002] Может возникнуть необходимость в достижении большей эффективности горных работ, что может включать измерение результатов во всех аспектах горных работ, от первоначального понимания ресурса, планирования взрывных работ до характеристики результатов взрывных работ и мониторинга последующей обработки. Понятно, что оптимизация на всех этапах влияет на общую эффективность горнодобывающих операций.

[0003] В качестве простого примера: тщательное планирование взрывных работ может привести к узкому диапазону размеров получаемых обломков, что означает, что для последующей обработки требуется меньше разнообразного оборудования. Напротив, плохое планирование взрывных работ может означать, что в результате дробление включает очень большие куски, для обработки которых потребуются более крупный и дорогой экскаватор, а также предварительное измельчение после взрыва, что увеличивает затраты.

[0004] Хорошо известно, что нельзя управлять тем, что не измеряется. Поэтому для эффективных операций по добыче полезных ископаемых предпочтительно, чтобы измерения проводились на протяжении всего процесса, например, на всех этапах. Одним из этапов, на котором в настоящее время могут проводиться недостаточные измерения, является дробление после взрыва. В частности, может не существовать эффективной системы автоматического сбора и передачи данных о дроблении, особенно в отвале грунта, где ковш собирает взорванные обломки породы, которые загружаются в грузовик или на конвейер для последующей обработки. Точные и своевременные данные о размере и местоположении обломков породы могут обеспечить полезную обратную связь для

улучшения процесса взрывных работ, а также могут предоставить полезные данные для планирования операций по транспортировке и измельчению.

[0005] Существует два аспекта характеристики отвала. Во-первых, необходимо охарактеризовать обломки породы в отвале, особенно их размер и форму. Во-вторых – определить рабочую зону, в которой находится каждый обломок породы. Один способ для первого аспекта описан в заявке на патент США № 2019/0012768, переданной Motion Metrix International Corp (Моушн Метрикс Интернэшнл Корп.). В этой патентной заявке описано использование сверточной нейронной сети для идентификации пиксельных данных, связанных с изображением. Нейронная сеть обучается с использованием предыдущих изображений раздробленного материала.

[0006] Подход, указанный в этой заявке, является лишь одним из множества подходов к идентификации обломков горных пород. Другие способы включают обнаружение краев, анализ поверхности и гиперспектральный анализ. Специалистам в данной области техники могут быть известны другие подходящие способы.

[0007] Однако идентификация обломков породы или даже граничных областей может иметь мало смысла, если не будет определено точное местоположение. Как только местоположение будет точно известно, можно будет провести анализ эффективности взрыва, в результате которого образовался отвал, и спланировать необходимые ресурсы для последующей переработки. К сожалению, подходящие способы неизвестны.

[0008] Один способ также описан компанией Motion Metrix International Corp в патенте США № 8843279. В этом патенте описаны устройство и способ определения пространственного положения погрузочного оборудования, однако не описано, как получить пространственное положение обломков. Поэтому он бесполезен для характеристики обломков, образовавшихся в результате взрыва.

[0009] Желательно решить одну или несколько проблем или ограничений предшествующего уровня техники, например, как указано выше, или по меньшей мере предоставить полезную альтернативу.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0010] В соответствии с одним аспектом настоящего изобретения, система для определения местоположений обломков взорванной породы содержит систему формирования трехмерных изображений, установленную на экскаваторном устройстве и выполненную с возможностью визуализации части отвала из обломков взорванной породы и выполненную с возможностью захвата по меньшей мере одного изображения видимой

части отвала из обломков взорванной породы; систему позиционирования, выполненную с возможностью определения местоположения и курса экскаваторного устройства; процессор, выполненный с возможностью выполнения программных инструкций для обработки сигналов от системы формирования трехмерных изображений, в том числе путем выполнения операций обработки изображения по меньшей мере одного изображения видимой части отвала из обломков взорванной породы, чтобы идентифицировать опорное местоположение (которое может называться как «первое место») в визуализируемой части отвала из обломков взорванной породы; определить опорное местоположение в географической системе координат; идентифицировать множество отдельных обломков взорванной породы в визуализируемой части отвала из обломков взорванной породы; и определить отдельные географические координаты, соответствующие каждому из множества отдельных обломков взорванной породы.

[0011] В соответствии с дополнительным аспектом настоящего изобретения, каждая отдельная географическая координата может включать или представлять собой набор координат в шахтной системе координат или в географической системе координат универсальной поперечной проекции Меркатора (UTM).

[0012] Визуализируемая часть отвала из обломков взорванной породы может включать или представлять собой текущую поверхность забоя, к которой должны быть направлены операции по выемке материала.

[0013] Система формирования трехмерных изображений может быть намеренно/специально выполнена с возможностью предпочтительно визуализации и отображения текущего забоя на месте разработки отвала из обломков взорванной породы.

[0014] Более конкретно, система формирования трехмерных изображений может быть намеренно/специально расположена относительно экскаваторного устройства таким образом, что во время начальной части каждой из множества операций по выемке материала, направленной на забой на месте выемки, (a) в поле обзора системы формирования трехмерных изображений предпочтительно входит текущий забой на месте выемки и/или его целевую часть; и (b) система формирования трехмерных изображений предпочтительно захватывает по меньшей мере одно изображение текущего забоя на месте выемки и/или его целевой части.

[0015] Система формирования трехмерных изображений может быть специально выполнена с возможностью ручного и/или автоматического запуска операций обработки изображения (чтобы выбрать одно из по меньшей мере одного захваченных изображений для обработки). Система формирования трехмерных изображений может быть специально

выполнена с возможностью автоматического запуска операций обработки изображения на основе одного или нескольких из следующих критериев запуска, которым соответствует по меньшей мере одно захваченное изображение: значение экспозиции по меньшей мере одного изображения находится в пределах заранее выбранного диапазона; измеренная разница между изображением и предыдущим изображением превышает заранее выбранный порог; система формирования трехмерных изображений генерирует информацию о расстоянии по меньшей мере из заранее выбранной части изображения; среднее расстояние между местоположением формирования трехмерных изображений и отвалом находится в пределах заранее выбранного диапазона; разница в расстоянии между ближайшей точкой обзора и самой дальней точкой обзора меньше заранее выбранного порога; и средний уклон отвала в поле обзора находится в заранее выбранном диапазоне перпендикулярности к линии обзора системы формирования трехмерных изображений.

[0016] Система позиционирования может содержать или представлять собой антенну/маркер глобальной навигационной спутниковой системы (GNSS), дифференциальную глобальную навигационную спутниковую систему (DGNSS), такую как система глобального позиционирования (GPS) с дифференциальной системой глобального позиционирования (DGPS), или систему универсального тахеометра (UTS).

[0017] Процессор может быть выполнен с возможностью определения отдельной географической координаты, соответствующей каждому из множества отдельных обломков взорванной породы, путем определения отдельной географической координаты, соответствующей каждому из множества отдельных обломков взорванной породы, относительно опорного местоположения в географической системе координат.

[0018] Процессор может быть выполнен с возможностью определения опорного местоположения в географической системе координат путем:

(i) вычисления α из:

$$\alpha \equiv \frac{R_{FM}}{R_{FP}}$$

где R_{FM} — трехмерное расстояние между местоположением F системы формирования трехмерных изображений и местоположением M обломков взорванной породы, а R_{FP} — трехмерное расстояние между местоположением F системы формирования трехмерных изображений и местоположением точки P в центре поля обзора системы формирования трехмерных изображений на том же уровне, на котором расположено экскаваторное устройство;

(ii) вычисления v_M исходя из:

$$v_M = \begin{pmatrix} x_F + \alpha\Delta x \\ \alpha\Delta y \\ z_F + \alpha\Delta z \end{pmatrix}$$

где x_F — координата x точки F , Δx — расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси x , Δy — расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси y , z_F — координата z точки F , а Δz представляет собой расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси z ;

(iii) преобразования v_M в шахтные координаты V_M из:

$$V = Rv + V_A \text{ и}$$

$$R = \begin{pmatrix} \cos(B - \theta) & \sin(B - \theta) & 0 \\ -\sin(B - \theta) & \cos(B - \theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \text{ и/или}$$

(iv) преобразования V_M в географические координаты путем применения обратного аффинного преобразования к шахтным координатам для получения координат UTM и применения обратной проекции UTM для получения географических координат.

[0019] В соответствии с одним аспектом настоящего изобретения, способ определения местоположения обломков взорванной породы в отвале из обломков взорванной породы включает использование системы формирования трехмерных изображений, установленной на экскаваторном устройстве, визуализирующей часть отвала из обломков взорванной породы и выполненной с возможностью захвата по меньшей мере одного изображения визуализируемой части отвала из обломков взорванной породы; использование системы позиционирования, выполненной с возможностью определения местоположения и курса экскаваторного устройства; использование процессора, выполненного с возможностью автоматического выполнения программных инструкций для обработки сигналов от системы формирования трехмерных изображений, в том числе путем выполнения операций обработки изображения по меньшей мере одного изображения визуализируемой части отвала из обломков взорванной породы, чтобы: идентифицировать местоположение в визуализируемой части отвала из обломков взорванной породы; определять местоположение в географической системе координат; идентифицировать множество отдельных обломков взорванной породы в визуализируемой части отвала из обломков взорванной породы; и определить четкую географическую координату, соответствующую каждому из множества отдельных обломков взорванной породы.

[0020] Определение отдельной географической координаты, соответствующей каждому из множества отдельных обломков взорванной породы, может включать определение набора координат в шахтной системе координат или в географической системе координат универсальной поперечной проекции Меркатора (UTM).

[0021] Использование системы формирования трехмерных изображений, установленной на экскаваторном устройстве, может включать настройку системы формирования трехмерных изображений относительно экскаваторного устройства таким образом, что во время начальной части каждой из множества операций по выемке материала, направленной на текущий забой на месте разработки отвала из обломков взорванной породы: (а) в поле обзора системы формирования трехмерных изображений преимущественно входит текущий забой на месте выемки; и (b) система формирования трехмерных изображений предпочтительно фиксирует по меньшей мере одно изображение текущего забоя на месте выемки.

[0022] Определение отдельной географической координаты, соответствующей каждому из множества отдельных обломков взорванной породы, может включать определение отдельной географической координаты, соответствующей каждому из множества отдельных обломков взорванной породы, относительно опорного местоположения в географической системе координат.

[0023] Определение опорного местоположения в географической системе координат включает:

(i) вычисление α из:

$$\alpha \equiv \frac{R_{FM}}{R_{FP}}$$

где R_{FM} — трехмерное расстояние между местоположением F системы формирования трехмерных изображений и местоположением M обломков взорванной породы, а R_{FP} — трехмерное расстояние между местоположением F системы формирования трехмерных изображений и местоположением точки P в центре поля обзора системы формирования трехмерных изображений на том же уровне, на котором расположено экскаваторное устройство;

(ii) вычисление v_M исходя из:

$$v_M = \begin{pmatrix} x_F + \alpha \Delta x \\ \alpha \Delta y \\ z_F + \alpha \Delta z \end{pmatrix}$$

где x_F — координата x точки F, Δx — расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси x, Δy — расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси y, z_F — координата z точки F, а Δz представляет собой расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси z;

(iii) преобразование v_M в шахтные координаты V_M из:

$$V = Rv + V_A \text{ и}$$

$$R = \begin{pmatrix} \cos(B - \theta) & \sin(B - \theta) & 0 \\ -\sin(B - \theta) & \cos(B - \theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \text{ и/или}$$

(iv) преобразование V_M в географические координаты путем применения обратного аффинного преобразования к шахтным координатам для получения координат UTM и применения обратной проекции UTM для получения географических координат.

[0024] В соответствии с одним аспектом настоящего изобретения, предложен способ определения географических координат обломков взорванной породы, вынимаемых экскаваторным устройством, при этом экскаваторное устройство имеет систему формирования трехмерных изображений, выполненную с возможностью визуализации и идентификации обломков взорванной породы, а также местоположения, определяемого с использованием системы позиционирования, при этом способ включает этапы:

(i) вычисления α из:

$$\alpha \equiv \frac{R_{FM}}{R_{FP}}$$

где R_{FM} — трехмерное расстояние между местоположением F системы формирования трехмерных изображений и местоположением M обломков взорванной породы, а R_{FP} — трехмерное расстояние между местоположением F системы формирования трехмерных изображений и местоположением точки P в центре поля обзора системы формирования трехмерных изображений на том же уровне, на котором расположено экскаваторное устройство;

(ii) вычисления v_M исходя из:

$$v_M = \begin{pmatrix} x_F + \alpha \Delta x \\ \alpha \Delta y \\ z_F + \alpha \Delta z \end{pmatrix}$$

где x_F — координата x точки F, Δx — расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси x, Δy — расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси y, z_F — координата z точки F, а Δz представляет собой расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси z;

(iii) преобразования v_M в шахтные координаты V_M из:

$$V = Rv + V_A \text{ и}$$

$$R = \begin{pmatrix} \cos(B - \theta) & \sin(B - \theta) & 0 \\ -\sin(B - \theta) & \cos(B - \theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \text{ и}$$

(iv) преобразования V_M в географические координаты путем применения обратного аффинного преобразования к шахтным координатам для получения координат UTM и применения обратной проекции UTM для получения географических координат.

[0025] В соответствии с одним аспектом настоящего изобретения, система для определения местоположения обломков взорванной породы в отвале, полученном в результате взрыва, содержит систему формирования трехмерных изображений, установленную на экскаваторном устройстве, которая для каждой из множества операций или последовательностей операций по выемке, направленной на текущий забой на месте разработки отвала, полученного в результате взрыва, специально выполнена с возможностью визуализации и захвата по меньшей мере одного изображения текущего забоя на месте выемки или его целевой части в связи с предварительным или начальным этапом или частью выемки каждой загрузки или ковша с обломками взорванной породы от текущего забоя на месте разработки; систему позиционирования, выполненную с возможностью определения местоположения и курса экскаваторного устройства; процессор, выполненный с возможностью выполнения программных инструкций, чтобы по меньшей мере для одного захваченного изображения текущего забоя на месте разработки, или его целевой части: (а) принимать, определять, генерировать или извлекать трехмерные данные облака точек, соответствующие по меньшей мере одному захваченному изображению текущего забоя на месте разработки или его целевой части; (б) идентифицировать множество обломков взорванной породы в по меньшей мере одном захваченном изображении текущего забоя на месте разработки или его целевой части путем выполнения операций обработки изображения; и (с) определять или выводить географические координаты, соответствующие местоположениям в физическом пространстве каждого из множества идентифицированных обломков взорванной породы, путем обработки данных трехмерного облака точек относительно местоположения и курса экскаваторного устройства.

[0026] В соответствии с одним аспектом настоящего изобретения, предложен процесс или способ генерирования трехмерных данных облака точек с географической привязкой, указывающих географические координаты обломков взорванной породы в отвале, полученном в результате взрыва, при этом способ включает, для каждой из множества операций или последовательностей операций по выемке, направленных на текущий забой на месте разработки отвала, полученного в результате взрыва: (а) отбор проб текущего забоя на месте разработки отвала, полученного в результате взрыва, в связи с предварительным или начальным этапом или частью выемки следующей загрузки или ковша обломков взорванной породы из текущего забоя на месте разработки путем визуализации и захвата по меньшей мере одного изображения текущего забоя на месте разработки или его целевой части Т; (б) прием, определение, генерацию, извлечение и/или

обработку трехмерных данных облака точек, соответствующих по меньшей мере одному захваченному изображению текущего забоя на месте разработки или его целевой части Т; (в) идентификацию множества обломков взорванной породы внутри по меньшей мере одного захваченного изображения текущего забоя на месте разработки или его целевой части путем выполнения операций обработки изображения; и (г) определение или получение географических координат, соответствующих местоположениям в физическом пространстве каждого из множества идентифицированных обломков взорванной породы, путем обработки таких трехмерных данных облака точек относительно местоположения и курса экскаваторного устройства.

[0027] В одном аспекте, хотя он не обязательно должен быть единственным или действительно самым широким аспектом, настоящее изобретение обеспечивает систему для определения местоположений обломков взорванной породы, содержащую:

систему формирования трехмерных изображений, установленную на экскаваторном устройстве и предпочтительно или намеренно наблюдающую отвал из обломков взорванной породы;

систему позиционирования, выполненную с возможностью определения местоположения и курса экскаваторного устройства;

процессор, выполненный с возможностью обработки сигналов от системы формирования трехмерных изображений для идентификации местоположения, например, первого или опорного местоположения, которое может быть местоположением в физическом пространстве или относительным местоположением в физическом пространстве, в отвале из обломков взорванной породы; и

процессор, выполненный с возможностью определения указанного местоположения, например, первого или опорного местоположения, в географической системе координат.

[0028] Визуализируемый отвал из обломков взорванной породы может предпочтительно или намеренно соответствовать, содержать или быть частью, например, определенной части отвала, полученного в результате взрыва, или отвала грунта, такого как открытая часть или поверхность отвала, который в настоящее время исследуется для оценки, генерирования или получения трехмерных географических координат по меньшей мере некоторых обломков взорванной породы в визуализируемом отвале из обломков взорванной породы, например, по меньшей мере множества обломков взорванной породы на или поперек визуализируемой части исследуемой части отвала. В различных вариантах выполнения визуализируемый отвал из обломков взорванной породы предпочтительно или

намеренно соответствует, содержит или представляет собой текущий забой отвала грунта, например, текущий забой на месте разработки, в котором рудоносная порода или пустая порода, например, в основном / преимущественно рудоносная порода или в основном / преимущественно пустая порода) могут быть удалены, например, выборочно, из отвала.

[0029] Система позиционирования может соответственно содержать дифференциальную глобальную навигационную спутниковую систему (DGNSS), такую как система глобального позиционирования, или систему позиционирования другого типа, такую как система универсального тахеометра (UTS).

[0030] Антенна/маркер системы позиционирования, например, DGNSS, соответствующим образом расположена на определенной части экскаваторного устройства, например, на линии шкворня экскаваторного устройства.

[0031] Процессор выполнен с возможностью определения указанного местоположения, например, первого или опорного местоположения, в отвале из обломков взорванной породы в системе координат экскаваторного устройства (называемой здесь «системой координат экскаваторного устройства» или «системой координат экскаватора»). с использованием:

$$v_M = \begin{pmatrix} x_F + \alpha\Delta x \\ \alpha\Delta y \\ z_F + \alpha\Delta z \end{pmatrix}$$

где параметры имеют значения, описанные ниже.

[0032] Обломки взорванной породы могут быть идентифицированы или обычно или предпочтительно идентифицируются в отвале из обломков взорванной породы с использованием фильтрации изображений.

[0033] Местоположение обломков взорванной породы может быть выражено в шахтной системе координат.

[0034] Шахтная система координат может быть преобразована в географическую систему координат путем:

а) применения обратного аффинного преобразования к шахтным координатам для получения координат UTM; и

б) применения обратной UTM-проекции для получения географических координат.

[0035] В дополнительном аспекте конкретные варианты выполнения изобретения включают способ определения географических координат обломков взорванной породы, которые вынимаются или предназначены или предназначены для выемки с помощью экскаваторного устройства, при этом экскаваторное устройство имеет систему

формирования трехмерных изображений, предпочтительно или намеренно визуализирующую и идентифицирующую обломков взорванной породы, соответствующие, расположенные на или поперек открытого забоя части рассматриваемого отвала из обломков взорванной породы или отвала грунта, например, текущего забоя отвала грунта, и местоположения, определенного с использованием системы позиционирования, причем способ включает этапы:

(i) вычисления α из:

$$\alpha \equiv \frac{R_{FM}}{R_{FP}}$$

где R_{FM} — трехмерное расстояние между местоположением F системы формирования трехмерных изображений и местоположением M обломков взорванной породы, а R_{FP} — трехмерное расстояние между местоположением F системы формирования трехмерных изображений и местоположением точки P в центре поля обзора системы формирования трехмерных изображений на том же уровне, на котором расположено экскаваторное устройство;

(ii) вычисления v_M исходя из:

$$v_M = \begin{pmatrix} x_F + \alpha \Delta x \\ \alpha \Delta y \\ z_F + \alpha \Delta z \end{pmatrix}$$

где x_F — координата x точки F, Δx — расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси x, Δy — расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси y, z_F — координата z точки F, а Δz представляет собой расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси z;

(iii) преобразования v_M в шахтные координаты V_M из:

$$V = Rv + V_A \text{ и}$$

$$R = \begin{pmatrix} \cos(B - \theta) & \sin(B - \theta) & 0 \\ -\sin(B - \theta) & \cos(B - \theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \text{ и}$$

(iv) преобразования V_M в географические координаты путем применения обратного аффинного преобразования к шахтным координатам для получения координат UTM и применения обратной проекции UTM для получения географических координат.

[0036] Глобальные координаты могут быть координатами GPS (глобальной системы позиционирования).

[0037] Дополнительные признаки и преимущества настоящего изобретения могут стать очевидными из подробного описания, приведенного ниже.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0038] Чтобы помочь в понимании изобретения и дать возможность специалисту в данной области техники реализовать варианты выполнения изобретения на практике, предпочтительные варианты выполнения описаны ниже исключительно в качестве примера со ссылкой на прилагаемые чертежи, на которых:

[0039] Фиг.1 изображает схематический вид экскаваторного устройства, разрабатывающего отвал из обломков взорванной породы;

[0040] Фиг.2 изображает схематический вид сверху ключевых положений на виде на Фиг.1;

[0041] Фиг.3 изображает схематический вид сбоку ключевых положений на виде на Фиг.1;

[0042] Фиг.4 изображает схематический вид сбоку ключевых позиций на виде на Фиг.1 с отвалом из обломков взорванной породы;

[0043] Фиг.5 изображает схематический вид сверху вида, показанного на Фиг.4;

[0044] Фиг.6 изображает экскаваторное устройство в шахтной системе координат;

[0045] Фиг.7 изображает поле обзора системы формирования трехмерных изображений отвала;

[0046] Фиг.8 иллюстрирует изображение дальности, полученное из изображения, показанного на Фиг.7, с указанием трехмерных изменений или смещений диапазона глубины относительно местоположения, например, местоположения в физическом пространстве, определенного на основе изображения по Фиг.7;

[0047] Фиг.9 изображает географическое позиционирование обломка в изображении, показанном на Фиг.8;

[0048] Фиг.10 изображает схематический вид сверху альтернативы Фиг.2;

[0049] Фиг.11 изображает схематический вид сверху альтернативы Фиг.5; и

[0050] Фиг.12 изображает схематический вид сверху альтернативы Фиг.6.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

[0051] Варианты выполнения настоящего изобретения обеспечивают систему и способ идентификации и определения местоположения обломков взорванной породы в отвале из обломков взорванной породы. Соответственно, система и этапы способа проиллюстрированы в краткой схематической форме на чертежах, показывая только те конкретные детали, которые необходимы для понимания вариантов выполнения настоящего изобретения, но так, чтобы не перегружать раскрытие изобретения

чрезмерными подробностями, которые будут очевидны для специалистов в данной области техники, пользующихся настоящим описанием.

[0052] В этом описании прилагательные, такие как первый и второй, левый и правый и т.п., могут использоваться исключительно для того, чтобы отличить один элемент или действие от другого элемента или действия, не обязательно требуя или подразумевая какие-либо фактические такие отношения или порядок. Такие слова, как «содержит» или «включает», предназначены для определения неисключительного включения, например, процесс, способ, изделие или устройство, которое включает список элементов, включает не только эти элементы, но может включать другие элементы, не указанные явным образом в списке, включая элементы, присущие такому процессу, способу, изделию или устройству. Наличие «/» на чертежах или в тексте настоящего документа понимается как означающий «и/или», т.е. «X/Y» означает «X» или «Y» или «и X и Y», если не указано иное.

[0053] На Фиг.1 изображен экскаватор или экскаваторное устройство 10, которое в различных вариантах выполнения представляет собой, в частности, экскаватор или ковш. Показано экскаваторное устройство 10, разрабатывающий отвал из обломков 11 взорванной породы, обычно называемый отвалом грунта. Более конкретно, данная или текущая открытая часть отвала 11, из которого материал, такой как преимущественно рудоносная порода или преимущественно пустая порода, удаляется или предназначена для удаления, например, как часть операций постепенного удаления материала или последовательностей операций, направленных на отвал, в связи с которым обломки взорванной породы извлекаются из отвала 11, может быть определен как забой 21, например, текущий забой 21 отвала грунта, на котором должна быть выполнена следующая операция или последовательность операций по выемке материала.

[0054] На экскаваторном устройстве 10 поддерживается или неподвижно установлена система 12 формирования трехмерных изображений так, чтобы четко видеть отвал 11, например, чтобы намеренно, конкретно и/или предпочтительно наблюдать и захватывать по меньшей мере одно изображение текущего забоя 21 на месте разработки отвала грунта или в рамках каждой операции по удалению материала или последовательности операций, направленных на текущий забой 21 на месте разработки отвала грунта. Например, система 12 формирования трехмерных изображений может быть намеренно или специально поддерживаться экскаваторным устройством 10 таким образом, что оно выполнено с возможностью предпочтительного визуализации и отображения текущего забоя 21 на месте разработки отвала 11 грунта и/или его целевой части T во время начальной фазы или части каждой из множества операций или последовательностей

операций по выемке материала, например, каждой операции или последовательности операций по выемке материала, направленной на текущий забой 21 на месте разработки. Другими словами, система 12 формирования трехмерных изображений может быть намеренно или специально выполнена относительно экскаваторного устройства 10 таким образом, чтобы во время определенной части, например, предварительной или начальной части каждой из множества операций или последовательностей операций по выемке материала, направленных на удаление обломков взорванной породы из текущего забоя 21 на месте разработки: (a) поле обзора (FOV) системы формирования трехмерных изображений предпочтительно включает или наблюдает текущий забой для на месте разработки и/или его целевую часть T, например, в целом центральную или центральную часть; и (b) система формирования трехмерных изображений захватывает по меньшей мере одно изображение, которое намеренно, конкретно и/или предпочтительно содержит текущий забой 21 на месте разработки и/или его целевую часть T.

[0055] Предпочтительно, визуализация и построение изображения забоя 21 на месте разработки и/или его целевой части T может означать конфигурирование системы 12 формирования трехмерных изображений относительно экскаваторного устройства 10 таким образом, чтобы на конкретной части или участке операции или операции по выемке материала или последовательности операций, которые экскаваторное устройство 10 выполняет на текущем забое 21 на месте разработки, например, предварительную или начальную часть или часть операции или последовательность операций по выемке материала, направленную на удаление следующей загрузки или ковша с материалом из текущего забоя 21 на месте разработки, например, интервал времени, в течение которого или в который экскаваторное устройство 10 перемещают относительно текущего забоя 21 на месте разработки, и стрела и ковш экскаваторного устройства 10 могут первоначально перемещаться в направлении текущего забоя 21 на месте разработки и/или его целевой части T для извлечения из него загрузки обломков взорванной породы, причем текущий забой 21 на месте разработки и/или его целевая часть T обычно попадает в пределах средней части, центра или центральной части поля обзора системы формирования трехмерных изображений, возможно, обычно или предпочтительно, без значительных частей или каких-либо частей устройства 10, блокирующих обзор системы формирования трехмерных изображений текущего забоя 21 на месте разработки и/или его целевой части T.

[0056] Хотя конкретное положение установки, в котором система 12 формирования трехмерных изображений находится на экскаваторном устройстве 10, показано на Фиг.1, система 12 может быть установлена в других положениях относительно экскаваторного

устройства 10, например, как подходящее для экскаваторного устройства 10, например, в альтернативном положении 13 системы формирования трехмерных изображений, например, так, что текущий забой для на месте разработки и/или его целевая часть Т может быть четко и преимущественно визуализирован и отображен системой 12 формирования трехмерных изображений во время части, например, предварительной или начальной части, каждой операции по выемке материала, направленной на текущий забой 21 на месте разработки. На Фиг.1 также показана репрезентативная альтернативно расположенная система 13 формирования трехмерных изображений.

[0057] В различных вариантах выполнения настоящего изобретения можно отметить, что в идеальной или оптимизированной ситуации захвата изображения средняя точка T_M целевой части Т текущего забоя 21 на месте разработки находится внутри или в центре поля обзора системы формирования трехмерных изображений. Однако в соответствии с многочисленными вариантами выполнения настоящего изобретения такое идеальное или оптимизированное позиционирование системы 12 формирования трехмерных изображений относительно текущего забоя 21 на месте разработки или его целевой части Т не является необходимым. Скорее, варианты выполнения, в соответствии с настоящим изобретением, могут учитывать значительные позиционные изменения средней точки T_M целевой части Т текущего забоя 21 на месте разработки относительно центра поля обзора системы формирования трехмерных изображений, например, относительное позиционное изменение. в угловом диапазоне приблизительно +/- 10 градусов, 15 градусов, 20 градусов, 25 градусов или 30 градусов в зависимости от деталей варианта выполнения, например, приблизительно +/- 20 градусов, при этом все еще определяя или генерируя в целом точные, точные или высокоточные географические координаты обломков взорванной породы, идентифицированных на одном или нескольких захваченных изображениях текущего забоя 21 на месте разработки и/или его целевой части Т. Такой допуск или гибкость углового позиционирования обозначены пунктирной линией 22 со стрелкой, идущей в сторону альтернативно расположенной системы 13 формирования трехмерных изображений, и иллюстративным диапазоном углового допуска 23 на Фиг.1.

[0058] Местоположение экскаваторного устройства 10 может быть определено с помощью системы позиционирования, которая в некоторых вариантах выполнения может содержать или представлять собой глобальную навигационную спутниковую систему (GNSS), например, дифференциальную глобальную навигационную спутниковую систему (DGNSS) и/или глобальную систему позиционирования (GPS). Экскаваторное устройство 10 может содержать антенну/маркер 14, установленную на экскаваторном устройстве 10.

Антенна/маркер 14 может включать антенну GNSS. DGNSS работает путем дополнения систем GNSS наземными опорными станциями. Местоположение центральной точки экскаваторного устройства может быть определено с высокой точностью, например, возможно, в пределах одного метра или менее. В целях дальнейшего пояснения далее можно предположить, что местоположение определяется с использованием GPS, и антенна/маркер 14 может содержать антенну GPS.

[0059] Хотя в некоторых вариантах выполнения GNSS может быть типичной или предпочтительной системой для определения местоположения экскаваторного устройства, также могут быть подходящими системы позиционирования других типов, такие как система универсального тахеометра (UTS) (например, в условиях подземной горной добычи). Например, сеть локальных маяков, например, связанных с системой позиционирования UTS, может определять точное местоположение с помощью триангуляции. При соответствующей обработке местоположение также может определяться с использованием триангуляции от сигнальных устройств других типов, таких как вышки мобильной связи. Соответственно, антенна/маркер 14 может содержать беспроводной маяк определения местоположения (например, Bluetooth или сотовый) и/или блок/модуль съемки/дальности с тахеометром (TS), или теодолитом тахеометра (TST), или универсальным тахеометром (UTS), например, для эксплуатации в помещении/под землей.

[0060] Система 12 формирования трехмерных изображений создает изображение части отвала 11 грунта, которая попадает в поле обзора (FOV) системы 12 формирования трехмерных изображений. Поле обзора может быть полем обзора системы 12, которая может содержать стереокамеру и/или систему LIDAR. Поле обзора может быть определено путем перекрытия изображений стереокамеры. Ссылка на «изображение» здесь может включать ссылку на набор изображений, снятых системой 12 формирования трехмерных изображений, таким образом, «изображение» включает одно или несколько изображений. Система 12 формирования трехмерных изображений может содержать систему захвата/обработки изображений или быть соединена с ней, которая содержит процессор с одним или несколькими блоками цифровой обработки (например, многоядерный микропроцессор и/или множество блоков обработки для распределенной обработки), например, один или несколько микропроцессоров и/или микроконтроллеров, соединенных с памятью, хранящей программные инструкции, которые при выполнении могут захватывать изображения из системы 12 формирования трехмерных изображений и обрабатывать наборы данных изображений, соответствующие захваченным изображениям. В типичном осуществлении система 12 формирования трехмерных изображений

представляет собой систему камер FRAGTrack™, доступную от Orica International Pte Ltd (Орика Интернэшнл Пте Лтд), Сингапур. Система 12 формирования трехмерных изображений может содержать процессор с достаточной памятью и скоростью для выполнения описанной здесь обработки изображения, или система 12 формирования трехмерных изображений может передавать наборы данных изображения в удаленную систему обработки изображений, например, сервер (называемый '«удаленным сервером»') с достаточной памятью и скоростью, которые обеспечивают возможность выполнения описанной здесь обработки изображения, например, с использованием безопасного протокола и канала передачи данных, который может частично быть беспроводным от экскаваторного устройства 10.

[0061] Доступны или известны различные способы обнаружения и идентификации горных пород или обломков горных пород на трехмерном изображении(ях). Одним из способов, который может быть использован, является процесс, описанный в документе US 2019/0012768, упомянутом выше. Другие подходящие подходы могут включать обнаружение краев (Bedair, A. (Бедэйр) (1996), «Анализ цифровых изображений при дроблении горных пород при взрывных работах», докторская диссертация, Университет Макгилла, Монреаль) или обработка водораздела (Лей, В.Д., Ли, К. и Ван, Х.П. (2011), «Улучшенный метод сегментации водораздела при анализе дробления горных пород на цифровых фотографиях», Advanced Materials Research, том 261-263, стр. 1734-1737).

[0062] Во время или в связи с операциями по выемке или разработке отвала грунта, например, которые направлены на удаление материала из отвала 11 грунта посредством забоя 21, рассматриваемого в настоящее время, способ и система, описанные в настоящем документе, определяют местоположение, например, по меньшей мере в одном месте, в части или на участке отвала 11 грунта в поле обзора системы 12 формирования трехмерных изображений, которое в различных вариантах выполнения включает текущий забой 21 отвала грунта и/или его целевую часть Т или является им, и, таким образом, точное местоположение каждой загрузки ковша с обломками взорванной породы, которые разрабатываются или вынимаются. Местоположение всего отвала 11 грунта можно определить по нескольким видам, охватывающим отвал 11. Эту информацию затем можно использовать при управлении горными работами для определения местоположения руды, характеристики эффективности взрыва, в результате которого образовались обломки, и для эффективного распределения ресурсы для перевозки и обработки.

[0063] Чтобы определить местоположение визуализируемого отвала 11 грунта или местоположение в нем, например, визуализируемого забоя и/или его целевой части Т,

выполняется объединение и преобразование доступных данных о местоположении. Для целей последующего описания координаты и векторы, записанные прописными буквами (x , v и т. д.), относятся к системе координат экскаваторного устройства, а координаты и векторы, записанные заглавными буквами (X , V и т. д.), относятся к шахтной системе координат. Для простоты описания экскаваторное устройство 10 упоминается как экскаваторное устройство 10.

[0064] В соответствии с Фиг.2-Фиг.6, соответствующие местоположения и количества вокруг экскаваторного устройства 10 включают:

A – местоположение антенны/маркера 14 на экскаваторном устройстве 10 относительно неподвижного корпуса/рамы экскаваторного устройства 10;

F – местоположение системы 12 формирования трехмерных изображений на экскаваторном устройстве 10;

P – местоположение точки на дне карьера в центре поля обзора системы 12 формирования трехмерных изображений;

M – местоположение точки на отвале 11 грунта в центре или приблизительно в центре поля обзора системы 12 формирования трехмерных изображений;

ϕ – угол наклона системы формирования трехмерных изображений (положительный вниз от горизонтали);

B – курс экскаваторного устройства (положительный по часовой стрелке);

L – центральная линия землеройного устройства; и

Θ – Постоянный угол между линией L и осью u системы координат экскаваторного устройства.

[0065] Как показано на Фиг.2, правосторонняя система координат (система координат экскаваторного устройства), локальная для экскаваторного устройства 10, определяется так, что начало координат находится в местоположении антенны/маркера A, а положительная ось X проходит через головку F системы формирования трехмерных изображений (и, таким образом, положение системы формирования трехмерных изображений может быть сопоставлено с известным местоположением на экскаваторном устройстве 10). Предположим сначала, что экскаваторное устройство 10 припарковано, а система 12 формирования трехмерных изображений направлена в сторону точки P, точки на дне карьера в центре поля обзора системы формирования трехмерных изображений.

[0066] Независимо от движения экскаваторного устройства 10, точки A, F и P имеют следующие постоянные координаты в системе координат экскаваторного устройства:

$$v_A \equiv \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, v_F \equiv \begin{pmatrix} x_F \\ 0 \\ z_F \end{pmatrix}, v_P \equiv \begin{pmatrix} x_P \\ y_P \\ z_P \end{pmatrix}. \quad (1)$$

[0067] На практике для варианта выполнения, показанного на Фиг.1, система 12 формирования трехмерных изображений может находиться ниже антенны/маркера 14, а точка P будет еще ниже. Таким образом, $0 \geq z_F > z_P$.

[0068] Взаимосвязь между F и P показана на Фиг.3 вместе с углом φ . Следующие величины являются постоянными во всех системах координат (включая систему координат экскаваторного устройства и систему координат выработки), поскольку они зависят только от разностей между координатами:

$$3D\text{-диапазон от F до P} \equiv R_{FP} = |v_F - v_P| = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2} \quad (2)$$

$$\text{Угол } \varphi \text{ наклона камеры } \varphi = \tan^{-1} \frac{\Delta z}{\sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}}. \quad (3)$$

[0069] Когда экскаваторное устройство 10 осуществляет операцию по выемке, система формирования изображений запускает систему 12 формирования трехмерных изображений, когда поле обзора включает вид отвала грунта, внутри которого, например, в приблизительном центре, или в центре которого находится точка M, как показано на Фиг.4. Точка P — это место, где продолженная линия FM пересекала бы дно карьера на расстоянии Δz ниже системы 12 формирования трехмерных изображений, если бы отвала 11 не было.

[0070] RFM — это трехмерный диапазон между F и M, измеренный системой формирования изображения, и:

$$\alpha \equiv \frac{R_{FM}}{R_{FP}}. \quad (4)$$

Тогда подобные треугольники на Фиг.4 и Фиг.5 обозначают координаты M в системе координат экскаваторного устройства:

$$v_M = \begin{pmatrix} x_F + \alpha \Delta x \\ \alpha \Delta y \\ z_F + \alpha \Delta z \end{pmatrix}. \quad (5)$$

[0071] В шахтной системе координат экскаваторное устройство 10 может находиться в произвольном месте и в произвольной ориентации, как показано на Фиг.6. В шахтной системе координат точки A, F и P находятся в:

$$V_A \equiv \begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{pmatrix}, V_F \equiv \begin{pmatrix} X_F \\ Y_F \\ Z_F \end{pmatrix}, V_P \equiv \begin{pmatrix} X_P \\ Y_P \\ Z_P \end{pmatrix}. \quad (6)$$

и линия L' проходит через точку A и параллельна центральной линии экскаваторного устройства.

[0072] Угол поворота λ системы координат экскаваторного устройства относительно шахтной системы координат составляет:

$$\lambda \equiv \tan^{-1} \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \tan^{-1} \frac{Y_F - Y_A}{X_F - X_A} \quad (7)$$

но из Фиг.6 также видно, что:

$$B = \lambda + \theta \text{ и, следовательно, } \theta = B - \tan^{-1} \frac{\Delta Y}{\Delta X}. \quad (8)$$

[0073] Преобразование вектора v из системы координат экскаваторного устройства в соответствующий вектор V шахтной системы координат осуществляется путем:

$$V = Rv + V_A \quad (9)$$

$$\text{Где } R \equiv \begin{pmatrix} \cos \lambda & \sin \lambda & 0 \\ -\sin \lambda & \cos \lambda & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (10)$$

а обратное преобразование из шахтной системы координат в систему координат экскаваторного устройства осуществляется путем:

$$v = R^{-1}(V - V_A) = R^T(V - V_A). \quad (11)$$

Матрица R может быть выражена через курс B экскаваторного устройства и постоянный угол θ :

$$R = \begin{pmatrix} \cos(B - \theta) & \sin(B - \theta) & 0 \\ -\sin(B - \theta) & \cos(B - \theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (12)$$

[0074] Для преобразования информации о местоположении в географические координаты, а не в шахтные координаты (в шахтной системе координат), используется дополнительное преобразование. В некоторых приложениях уравнения преобразования между шахтными координатами и географическими координатами могут уже существовать. Если они не существуют, их можно получить, если известны координаты как минимум трех точек как в шахтной системе координат, так и в географической системе координат, такой как географическая система координат универсальной поперечной проекции Меркатора (UTM). Аффинное преобразование используется для преобразования шахтных координат в географические координаты. В этом процессе используются следующие этапы:

а) преобразование координат GPS контрольных точек в декартовы, например, с помощью проекции UTM с использованием данных WGS84; и

б) передачу UTM контрольных точек и шахтных координат в алгоритм, который производит 7-параметрическое (аффинное) преобразование между двумя декартовыми системами (например, Zeng (Цзен) 2010; Н. Zeng – «Алгоритм преобразования трехмерных

координат». Материалы 2-го заседания). Конференция по наукам об окружающей среде и прикладным информационным технологиям, стр. 195 (2010 г.)).

[0075] Если известно более трех контрольных точек, алгоритм Цзена обеспечивает решение методом наименьших квадратов и оценку ошибки.

[0076] Процесс преобразования географических координат в шахтные включает следующие этапы:

- а) преобразование географических координат в декартовы через проекцию UTM; и
- б) применение аффинного преобразования к координатам UTM, чтобы получить шахтные координаты.

[0077] Процесс преобразования шахтных координат в географические включает следующие этапы:

- а) применение обратного аффинного преобразование к шахтным координатам для получения координат UTM; и
- б) применение обратной UTM-проекции для получения географических координат.

[0078] Используя процесс, описанный выше, становятся известны точные местоположения антенны/маркера 14 экскаваторного устройства, системы 12 формирования трехмерных изображений и точки P, а также курса В экскаваторного устройства. На основании этой информации можно:

- а) вычислить (постоянный) угол θ из уравнения (8);
- б) вычислить матрицу R вращения из уравнения (12);
- б) вычислить (постоянное) расстояние $R_{FP} = |V_F - V_P|$ между системой формирования трехмерных изображений и точкой P; и
- с) рассчитать (постоянные) координаты v_F и v_P системы формирования трехмерных изображений и точку P в системе координат экскаваторного устройства из уравнения (11).

[0079] Как только экскаваторное устройство 10 начинает работу и копает отвал 11 грунта, и срабатывает система формирования изображений, описанные здесь способ и система получают от высокоточной GNSS-информации местоположение VA антенны/маркера 14 (в шахтных координатах) и курс В экскаваторного устройства, и получает от системы 12 формирования трехмерных изображений трехмерный диапазон (RFM) до M, точки на отвале грунта в центре поля обзора системы формирования трехмерных изображений. Когда экскаваторное устройство 10 копает, система формирования изображений запускает систему 12 формирования трехмерных изображений, когда поле обзора включает вид отвала грунта, как описано выше. Система формирования трехмерных изображений специально выполнена с возможностью

срабатывания и предпочтительного захвата в ответ на срабатывание. Система формирования изображений запускает систему 12 формирования трехмерных изображений и/или обработку набора изображений, захваченных ею, в ответ на: (а) некоторые или все параметры выбора, включая качество изображения и геометрию, автоматически определяемые системой формирования изображений (которая может называться «автоматическим запуском») и/или (б) сигнал ручной активации от оператора экскаваторного устройства 10, например, когда система формирования изображений генерирует изображение для оператора, чтобы тот мог увидеть, каково поле обзора. Автоматический запуск может включать специальное выполнение системы формирования трехмерных изображений, которая может быть выполнена с возможностью ручного и/или автоматического запуска операций обработки изображения (для обработки сигналов). Система формирования трехмерных изображений может быть специально выполнена с возможностью автоматического запуска операций обработки изображения на основе одного или нескольких из следующих критериев запуска, которым соответствует по меньшей мере одно захваченное изображение: значение экспозиции по меньшей мере одного изображения находится в пределах заранее выбранного диапазона - например, для стереокамеры пара изображений левое/правое должна быть правильно экспонирована, не слишком яркой или темной; измеренная разница между изображением и предыдущим изображением, превышающая заранее выбранный порог - таким образом, изображения должны были измениться более чем на минимальный порог с момента получения последних результатов, чтобы избежать повторного запуска на неподвижный объект; система формирования трехмерных изображений, генерирующая информацию о расстоянии, по меньшей мере из заранее выбранной части изображения - например, для стереокамеры, трехмерное изображение, построенное из пары левого/правого изображения, должно содержать достаточное количество полезной информации о расстоянии в области стереоперекрытия, например, выше 90%; среднее расстояние между местоположением системы 3D-изображения и отвалом находится в заранее выбранном диапазоне — например, для стереокамеры среднее расстояние между камерой и видимым материалом (рассчитанное на основе 3D-изображения) должно лежать в пределах минимального и максимального пределов, например от 8 до 12 метров; разница в расстоянии между ближайшей и самой дальней точкой обзора ниже заранее выбранного порога — таким образом, разница в расстоянии между ближайшей и самой дальней точкой обзора должна быть ниже порога, например 2,5 м; и средний уклон отвала в поле обзора находится в заранее выбранном диапазоне перпендикулярности к линии обзора системы формирования

трехмерных изображений - таким образом, средний уклон видимого материала должен быть близок к перпендикуляру к линии обзора камеры, для например, отклонения менее 20 градусов. Автоматический запуск может обеспечить системе и способу, описанным в настоящем документе, возможность выбирать изображение(я) для обработки по существу автономно и выбирать только изображения, которые с большой вероятностью дадут полезные результаты на каждом этапе, например, чтобы максимизировать вероятность того, что система обрабатывает только изображения забоя на месте разработки, а не нежелательных объектов, например, когда грузовой автомобиль попадает в поле обзора стереокамеры во время цикла копания/поворота/разгрузки ковша. Дополнительным критерием может быть то, что система еще не занята заданием по обработке (т.е. еще не обрабатывает изображение(я)).

[0080] Таким образом, система 12 формирования трехмерных изображений может обеспечивать непрерывное изображение отвала грунта на месте, которое постоянно меняется во время копания, что в противном случае затрудняет получение изображения того, что находится в отвале.

[0081] Затем следующие этапы точно определяют географические координаты обломков взорванной породы, извлеченных экскаваторным устройством 10:

1. вычисление α по уравнению (4);
2. вычисление v_M из уравнения (5);
3. преобразование v_M в шахтные координаты V_M с помощью уравнений (9) и (12); и
4. преобразование V_M в глобальные (GPS) координаты.

[0082] Приведенное выше описание относится к определению или получению целевого местоположения, например, целевого местоположения в физическом пространстве, соответствующего приблизительному центру или центру M в захваченном изображении текущего забоя 21 на месте разработки или его целевой части T , но более высокая эффективность может быть достигнута, если отдельные обломки горной породы (которые могут быть обломками рудоносной породы или обломками пустой породы), например, несколько отдельных обломков горной породы, могут быть расположены в поле обзора. Этого можно достичь путем разделения поля обзора на сетку пикселей. На Фиг.7 показано изображение отвала 11, записанное с помощью системы 12 формирования трехмерных изображений. Как описано выше, расстояние до центра изображения определяется системой формирования трехмерных изображений. Фиг.8 иллюстрирует изображение дальности, полученное из изображения на Фиг.7, указывающее трехмерные изменения или изменения диапазона глубины относительно местоположения M , например,

определенные на основе изображения на Фиг.7. Как показано на Фиг.8, изображение разделено на пиксели в соответствии с шаблоном, таким как шаблон сетки, который в некоторых вариантах выполнения может быть произвольным шаблоном сетки. В одном примере сетка является декартовой с размером сетки 10 см на 10 см. Подойдут и другие размеры и формы сетки.

[0083] Используя методы идентификации изображений, отдельные обломки горной породы идентифицируются и связываются или сопоставляются с ближайшей сеткой, например, с ближайшим элементом сетки в шаблоне сетки. Подходящие способы идентификации изображений включают обнаружение границ, спектральный анализ, анализ формы или сегментацию с помощью таких алгоритмов, как Watershed. Каждому идентифицированному обломку затем назначается местоположение с географической привязкой, например, относительно местоположения М и элемента сетки, с которым этот обломок был связан или сопоставлен. На Фиг.9 показано изображение отвала грунта, показанного на Фиг.7, с указателем 91, указывающим обломок 92, например, конкретный отдельный обломок. Геолокация обломка 92 отображается в кадре 93. В данном примере это восточное указание (Easting): 491296,93, северное указание (Northing): 6987087 и относительная высота (Relative Level): 80,71. Система координат выбранного обломка 92 в этом примере находится в глобальной системе координат и выводится с использованием этого алгоритма и входного положения центра экскаваторного устройства, заданного в глобальной системе координат. Эти значения могут быть связаны с сеткой национальной карты или с местной шахтной системой координат.

[0084] Описанный процесс может быть несколько упрощен, если антенна/маркер 14 (например, прецизионная антенна GNSS) расположена на шкворне экскаваторного устройства, так что сигнал GNSS обеспечивает местоположение шкворня экскаваторного устройства и относительный курс. В этом случае поправка из А не требуется. Альтернативный подход изображен на Фиг.10, на котором расположение центрального штифта экскаваторного устройства обозначено как С, а другие точки описаны ранее.

[0085] Уравнение (1) выше будет переписано как:

$$\mathbf{v}_C \equiv \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \mathbf{v}_F \equiv \begin{pmatrix} x_F \\ y_F \\ z_F \end{pmatrix}, \mathbf{v}_P \equiv \begin{pmatrix} x_P \\ y_P \\ z_P \end{pmatrix}$$

[0086] Альтернативное изображение Фиг.5 показано на Фиг.11, а альтернативное изображение Фиг.6 показано на Фиг.12. Из этих чертежей очевидно, что местоположения С, F и P в системе координат экскаваторного устройства являются:

$$V_C \equiv \begin{pmatrix} X_C \\ Y_C \\ Z_C \end{pmatrix}, V_F \equiv \begin{pmatrix} X_F \\ Y_F \\ Z_F \end{pmatrix}, V_P \equiv \begin{pmatrix} X_P \\ Y_P \\ Z_P \end{pmatrix}$$

и величина β больше не актуальна. Угол поворота системы экскаваторного устройства относительно шахтной системы равен направлению В экскаваторного устройства, следовательно, преобразование координат экскаваторного устройства в шахтные координаты определяется выражением:

$$V = Rv + V_C$$

где $R \equiv \begin{pmatrix} \cos B & \sin B & 0 \\ -\sin B & \cos B & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

и поэтому обратное преобразование из шахтных координат в координаты экскаваторного устройства составит:

$$v = R^{-1}(V - V_C) = R^T(V - V_C).$$

[0087] Очевидно, что расположение антенны/маркера 14 в центральной точке экскаваторного устройства имеет определенные преимущества, но это не всегда возможно. Во многих случаях требуется более общий процесс.

[0088] В сочетании или в дополнение или в качестве альтернативы вышеизложенному, для каждой из множества операций по разработке отвала грунта или последовательностей операций, направленных на забой 21 на месте разработки отвала грунта, можно выполнить множество вариантов выполнения системы и способа в соответствии с настоящим изобретением. или выполнить с возможностью приема, определения, генерации, извлечения и/или обработки трехмерных данных облака точек, соответствующих каждому текущему забою 21 на месте разработки, и генерации, определения или извлечения трехмерных данных облака точек с географической привязкой, соответствующих каждому текущему забою 21 на месте разработки путем: (а) отбора проб каждого текущего забоя 21 на месте разработки отвала 11 грунта в связи с предварительным или начальным этапом или частью выемки грунта или удаления следующей загрузки или ковша с обломков взорванной породы из текущего забоя 21 на месте разработки, причем такая выборка включает или происходит посредством визуализации и захвата по меньшей мере одного изображения текущего забоя 21 на месте разработки или его целевой части Т с помощью системы 12 формирования трехмерных изображений; (б) прием, определение, генерация, извлечение и/или обработка трехмерных данных облака точек, соответствующих по меньшей мере одному захваченному изображению (выбранному посредством запуска) текущего забоя 21 на месте разработки

или его целевой части Т, например, где такие трехмерные данные облака точек могут быть сгенерированы или созданы или предоставлены посредством трехмерного изображения(й), снятого системой 12 формирования трехмерных изображений; (в) идентификация множества обломков взорванной породы в по меньшей мере одном захваченном изображении текущего забоя 21 на месте разработки или его целевой части Т путем выполнения операций обработки изображения, например, на основе трехмерных данных облака точек, соответствующих по меньшей мере одно захваченное изображение текущего забоя 21 на месте разработки; и (г) определение или получение географических координат, например, набора местных координат мин и/или набора координат UTM, соответствующих местоположениям в физическом пространстве каждого из множества идентифицированных обломков взорванной породы, путем обработки такого трехмерного облака точек данных относительно местоположения и курса экскаваторного устройства. Определение или выводение таких географических координат может выполняться с помощью одного или нескольких процессоров или блоков обработки, выполненных с возможностью выполнения программных инструкций, которые выполняют процессы, алгоритмы или этапы, описанные выше.

[0089] Система 12 формирования трехмерных изображений содержит оптические компоненты и элементы формирования изображения, которые выполнены / расположены с возможностью определения поля обзора и генерации данных изображения части отвала в поле обзора, когда система 12 формирования трехмерных изображений захватывает изображение визуализируемой части отвала. Систему 12 формирования трехмерных изображений можно описать как «оптический трехмерный сканер», который оптически обеспечивает облако точек геометрических образцов на поверхности, образованной визуализируемой частью отвала, например, путем построения изображений с помощью стереокамеры (или «стереоскопической камеры») и/или систему LIDAR (систему «обнаружения света и определения расстояния») системы формирования трехмерных изображений. Расположение системы формирования трехмерных изображений с перспективы поля обзора и захваченных изображений — это расположение оптического входа для оптических компонентов и элементов изображения, например, передней линзы стереокамеры или переднего детектора системы LIDAR.

[0090] Ввиду вышеизложенного, как будет понятно специалистам в данной области техники, варианты выполнения систем и способов, описанных в настоящем документе, обеспечивают автоматическую географическую привязку конкретных захваченных кадров, например, каждого захваченного кадра или каждого иницируемого кадра из системы 12

формирования трехмерных изображений, что, в свою очередь, позволяет провести детальный анализ результатов взрыва, а также детальное планирование последующих перевозок и требований к переработке. Система и способ, описанные в настоящем документе, могут включать, включать или обеспечивать автоматическую географическую привязку обломков горных пород каждого без исключения забоя 21 на месте разработки, которые система 12 формирования трехмерных изображений фиксирует или захватывает во время операций по выемке материала, направленных к отвалу 11. Способ и система, раскрытые в настоящем документе, может значительно повысить эффективность горнодобывающих операций, что приведет к экологическим и экономическим выгодам.

[0091] Приведенное выше описание различных вариантов выполнения предоставлено для целей описания специалистам в соответствующей области техники. Оно не предназначено быть исчерпывающим или обязательно ограничивать изобретение одним раскрытым вариантом выполнения. Как упоминалось, альтернативы и изменения описанного варианта выполнения могут быть очевидны специалистам в соответствующей области техники. Соответственно, хотя некоторые альтернативные варианты реализации обсуждались конкретно, другие варианты реализации могут быть очевидны или относительно легко разработаны специалистами в данной области техники. Соответственно, настоящее раскрытие предназначено охватывать все альтернативы, модификации и варианты, которые были описаны здесь, а также другие варианты реализации, которые попадают в рамки сущности и объема изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система определения местоположения обломков взорванной породы, содержащая:

систему формирования трехмерных (3D) изображений, установленную на экскаваторном устройстве и выполненную с возможностью визуализации части отвала из обломков взорванной породы и с возможностью захвата по меньшей мере одного изображения визуализируемой части указанного отвала,

систему позиционирования, выполненную с возможностью определения местоположения и курса экскаваторного устройства,

процессор, выполненный с возможностью выполнения программных инструкций для обработки сигналов от системы формирования трехмерных изображений, в том числе путем выполнения операций обработки по меньшей мере одного изображения визуализируемой части указанного отвала из обломков взорванной породы, чтобы:

определить опорное местоположение в визуализируемой части отвала из обломков взорванной породы,

определить указанное опорное местоположение в географической системе координат,

идентифицировать множество отдельных обломков взорванной породы в визуализируемой части отвала из обломков взорванной породы и

определить четкую географическую координату, соответствующую каждому из указанного множества отдельных обломков взорванной породы.

2. Система по п.1, в которой каждая отдельная географическая координата содержит набор координат в шахтной системе координат или в географической системе координат универсального поперечного Меркатора (UTM).

3. Система по п.1 или 2, в которой визуализируемая часть отвала из обломков взорванной породы представляет собой текущий забой на месте отвала грунта, на который должны быть направлены операции по выемке материала.

4. Система по п.3, в которой система формирования трехмерных изображений намеренно/специально выполнена с возможностью предпочтительной визуализации и формирования изображения текущего забоя на месте разработки указанного отвала из обломков взорванной породы.

5. Система по п.4, в которой система формирования трехмерных изображений

намеренно/специально выполнена относительно экскаваторного устройства таким образом, что во время начальной части каждой из множества операций по выемке материала, направленных на забой на месте разработки, (а) в поле обзора системы формирования трехмерных изображений предпочтительно находится текущий забой на месте разработки и/или его целевая часть, и (b) система формирования трехмерных изображений предпочтительно захватывает изображение текущего забоя на месте разработки и/или его целевой части.

6. Система по любому из пп.3-5, в которой система формирования трехмерных изображений выполнена с возможностью ручного и/или автоматического запуска операций обработки изображения (для выбора одного из указанных по меньшей мере одного захваченных изображений для обработки), необязательно включая автоматический запуск операций обработки изображения на основе одного или нескольких из следующих критериев запуска, которым соответствует указанное по меньшей мере одно захваченное изображение:

значение экспозиции указанного по меньшей мере одного изображения находится в пределах заранее выбранного диапазона,

измеренная разница между изображением и предыдущим изображением, превышающая заранее выбранный порог,

система формирования трехмерных изображений генерирует информацию о расстоянии, по меньшей мере, из заранее выбранной части изображения,

среднее расстояние между местоположением системы формирования трехмерных изображений и отвалом находится в пределах заранее выбранного диапазона,

разница в расстоянии между ближайшей точкой обзора и самой дальней точкой обзора ниже заранее выбранного порога и

средний уклон отвала в поле обзора находится в пределах заранее выбранного диапазона перпендикулярности к линии обзора системы формирования трехмерных изображений.

7. Система по любому из пп.1-6, в которой система позиционирования содержит антенну/маркер глобальной навигационной спутниковой системы (GNSS) или системы универсального тахеометра (UTS).

8. Система по любому из пп.1-7, в которой процессор выполнен с возможностью определения отдельной географической координаты, соответствующей каждому из указанного множества отдельных обломков взорванной породы, путем определения

отдельной географической координаты, соответствующей каждому из указанного множества отдельных обломков взорванной породы относительно указанного опорного местоположения в географической системе координат.

9. Система по любому из пп.1-8, в которой процессор выполнен с возможностью определения опорного местоположения в географической системе координат путем:

(i) вычисления α из:

$$\alpha \equiv \frac{R_{FM}}{R_{FP}}$$

где R_{FM} — трехмерное расстояние между местоположением F системы формирования трехмерных изображений и местоположением M обломков взорванной породы, а R_{FP} — трехмерное расстояние между местоположением F системы формирования трехмерных изображений и местоположением точки P в центре поля обзора системы формирования трехмерных изображений на том же уровне, на котором расположено экскаваторное устройство;

(ii) вычисления v_M исходя из:

$$v_M = \begin{pmatrix} x_F + \alpha \Delta x \\ \alpha \Delta y \\ z_F + \alpha \Delta z \end{pmatrix}$$

где x_F — координата x точки F, Δx — расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси x, Δy — расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси y, z_F — координата z точки F, а Δz представляет собой расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси z;

(iii) преобразования v_M в шахтные координаты V_M из:

$$V = Rv + V_A \text{ и}$$

$$R = \begin{pmatrix} \cos(B - \theta) & \sin(B - \theta) & 0 \\ -\sin(B - \theta) & \cos(B - \theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \text{ и/или}$$

(iv) преобразования V_M в географические координаты путем применения обратного аффинного преобразования к шахтным координатам для получения координат UTM и применения обратной проекции UTM для получения географических координат.

10. Способ определения местоположения обломков взорванной породы в отвале из обломков взорванной породы, включающий:

использование системы формирования трехмерных изображений, установленной на экскаваторном устройстве, визуализирующей часть отвала из обломков взорванной породы и выполненной с возможностью захвата по меньшей мере одного изображения визуализируемой части указанного отвала из обломков взорванной породы,

использование системы позиционирования, выполненной с возможностью определения местоположения и курса экскаваторного устройства,

использование процессора, выполненного с возможностью автоматического выполнения программных инструкций для обработки сигналов от системы формирования трехмерных изображений, в том числе путем выполнения операций обработки указанного по меньшей мере одного изображения визуализируемой части отвала из обломков взорванной породы, чтобы:

определить местоположение в визуализируемой части отвала из обломков взорванной породы,

определить местоположение в географической системе координат,

идентифицировать множество отдельных обломков взорванной породы в визуализируемой части отвала из обломков взорванной породы и

определить четкую географическую координату, соответствующую каждому из указанного множества отдельных обломков взорванной породы.

11. Способ по п.10, в котором при определении отдельной географической координаты, соответствующей каждому из множества отдельных обломков взорванной породы, определяют набор координат в шахтной системе координат или в географической системе координат универсальной поперечной проекции Меркатора (UTM).

12. Способ по п.10 или 11, в котором при использовании системы формирования трехмерных изображений, установленной на экскаваторном устройстве, выполняют систему формирования трехмерных изображений относительно экскаваторного устройства таким образом, что во время начальной части каждой из множества операций по выемке материала, направленных на забой на месте разработки отвала из обломков взорванной породы (а) в поле обзора системы формирования трехмерных изображений предпочтительно находится текущий забой на месте разработки, и (б) система формирования трехмерных изображений предпочтительно захватывает изображение текущего забоя на месте разработки.

13. Способ по любому из пп.10-12, в котором при определении отдельной географической координаты, соответствующей каждому из множества отдельных обломков взорванной породы, определяют отдельную географическую координату, соответствующую каждому из указанного множества отдельных обломков взорванной породы, относительно опорного местоположения в географической системе координат.

14. Способ по любому из пп.10-13, в котором при определении опорного

местоположения в географической системе координат:

(i) вычисляют α из:

$$\alpha \equiv \frac{R_{FM}}{R_{FP}}$$

где R_{FM} — трехмерное расстояние между местоположением F системы формирования трехмерных изображений и местоположением M обломков взорванной породы, а R_{FP} — трехмерное расстояние между местоположением F системы формирования трехмерных изображений и местоположением точки P в центре поля обзора системы формирования трехмерных изображений на том же уровне, на котором расположено экскаваторное устройство;

(ii) вычисляют v_M , исходя из:

$$v_M = \begin{pmatrix} x_F + \alpha \Delta x \\ \alpha \Delta y \\ z_F + \alpha \Delta z \end{pmatrix}$$

где x_F — координата x точки F, Δx — расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси x, Δy — расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси y, z_F — координата z точки F, а Δz представляет собой расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси z;

(iii) преобразуют v_M в шахтные координаты V_M из:

$$V = Rv + V_A \text{ и}$$

$$R = \begin{pmatrix} \cos(B - \theta) & \sin(B - \theta) & 0 \\ -\sin(B - \theta) & \cos(B - \theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \text{ и/или}$$

(iv) преобразуют V_M в географические координаты путем применения обратного аффинного преобразования к шахтным координатам для получения координат UTM и применения обратной проекции UTM для получения географических координат.

15. Способ определения географических координат обломков взорванной породы, извлеченных с помощью экскаваторного устройства, которое имеет систему формирования трехмерных изображений, выполненную с возможностью визуализации и идентификации обломков взорванной породы, и местоположения, определяемого с использованием системы позиционирования, причем способ включает этапы:

(i) вычисления α из:

$$\alpha \equiv \frac{R_{FM}}{R_{FP}}$$

где R_{FM} — трехмерное расстояние между местоположением F системы формирования

трехмерных изображений и местоположением М обломков взорванной породы, а R_{FP} — трехмерное расстояние между местоположением F системы формирования трехмерных изображений и местоположением точки P в центре поля обзора системы формирования трехмерных изображений на том же уровне, на котором расположено экскаваторное устройство;

(ii) вычисления v_M исходя из:

$$v_M = \begin{pmatrix} x_F + \alpha\Delta x \\ \alpha\Delta y \\ z_F + \alpha\Delta z \end{pmatrix}$$

где x_F — координата x точки F, Δx — расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси x, Δy — расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси y, z_F — координата z точки F, а Δz представляет собой расстояние между точкой F и точкой P вдоль оси z;

(iii) преобразования v_M в шахтные координаты V_M из:

$$V = Rv + V_A \text{ и}$$

$$R = \begin{pmatrix} \cos(B - \theta) & \sin(B - \theta) & 0 \\ -\sin(B - \theta) & \cos(B - \theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \text{ и/или}$$

(iv) преобразования V_M в географические координаты путем применения обратного аффинного преобразования к шахтным координатам для получения координат UTM и применения обратной проекции UTM для получения географических координат.

16. Система определения местоположения обломков взорванной породы в полученном взрывом отвале, содержащая:

систему формирования трехмерных изображений, которая установлена на экскаваторном устройстве и которая для каждой из множества операций по выемке материала или последовательностей операций, направленных на забой на месте разработки отвала, полученного в результате взрыва, специально выполнена с возможностью визуализации и захвата по меньшей мере одного изображения текущего забоя на месте разработки или его целевой части в сочетании с предварительным или начальным этапом или частью выемки каждой партии или ковша обломков взорванной породы из текущего забоя на месте разработки,

систему позиционирования, выполненную с возможностью определения местоположения и курса экскаваторного устройства,

процессор, выполненный с возможностью выполнения программных инструкций, по меньшей мере, для одного захваченного изображения текущего забоя на месте разработки или его целевой части, чтобы:

(а) принимать, определять, генерировать или извлекать трехмерные данные облака точек, соответствующие по меньшей мере одному захваченному изображению текущего забоя на месте разработки или его целевой части;

(б) идентифицировать множество обломков взорванной породы в указанном по меньшей мере одном захваченном изображении текущего забоя на месте разработки или его целевой части путем выполнения операций обработки изображения; и

(с) определять или получать географические координаты, соответствующие физическим местоположениям в пространстве каждого из множества идентифицированных обломков взорванной породы, путем обработки данных трехмерного облака точек относительно местоположения и курса экскаваторного устройства.

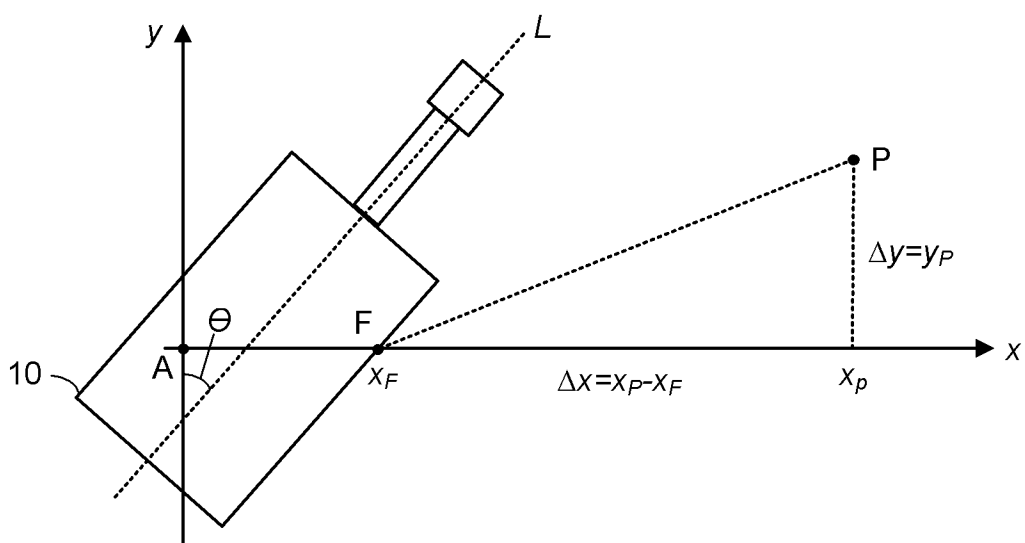
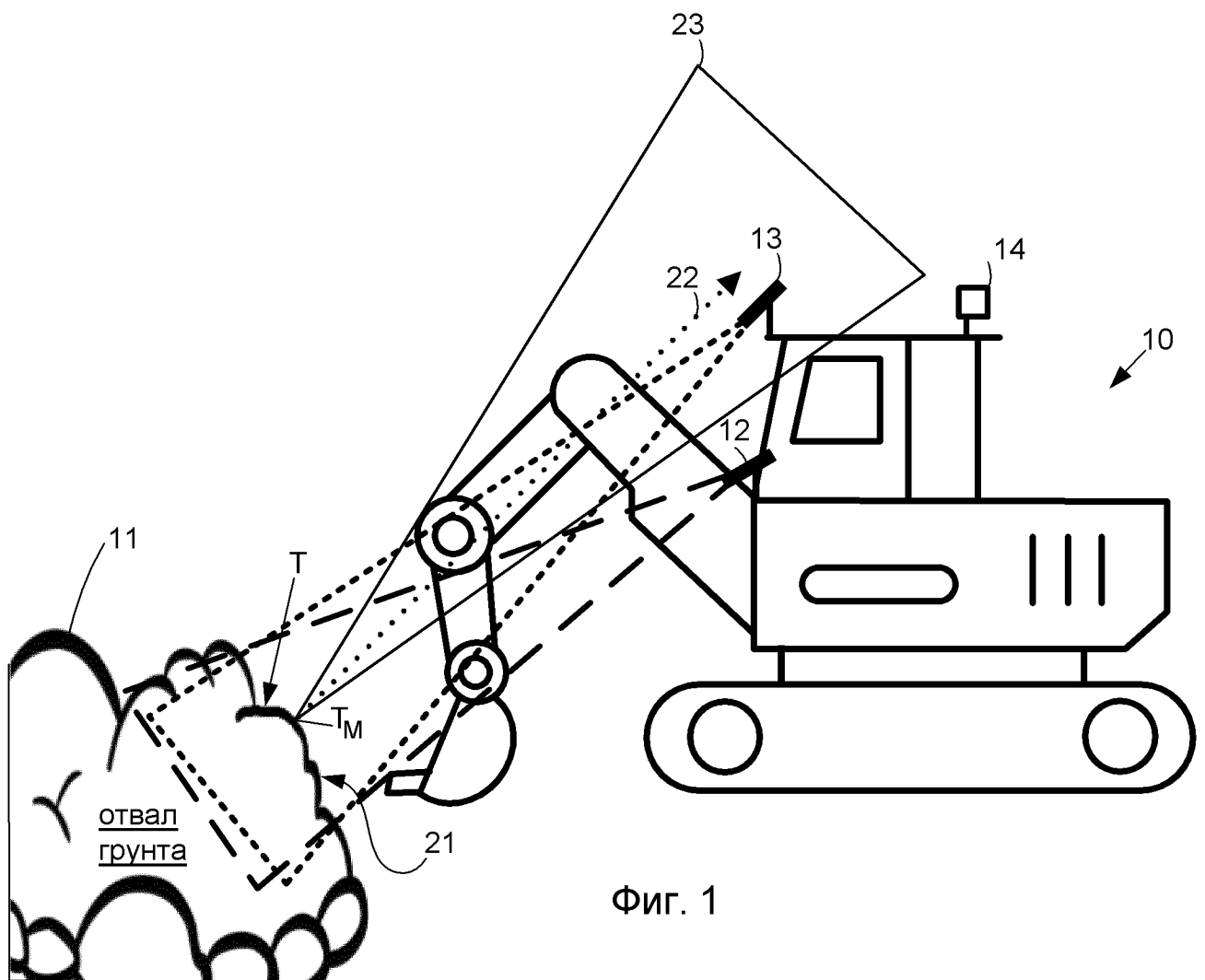
17. Способ формирования трехмерных данных облака точек с географическим позиционированием, указывающих географические координаты обломков взорванной породы в отвале, полученном в результате взрыва, при этом способ включает, для каждой из множества операций по выемке материала или последовательностей операций, направленных на текущий забой на месте разработки полученного взрывом отвала:

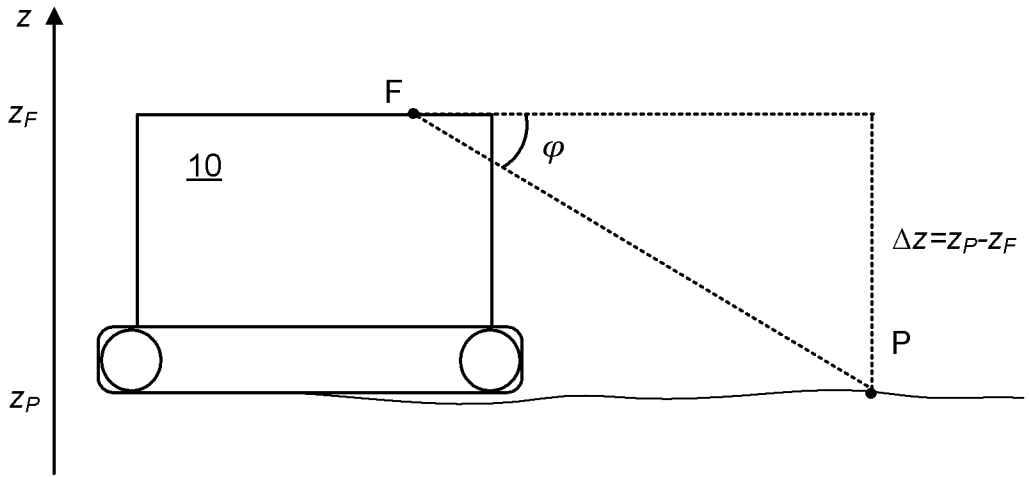
(а) отбор проб текущего забоя на месте разработки указанного отвала в сочетании с предварительным или начальным этапом или частью выемки следующей партии или ковша обломков взорванной породы из текущего забоя на месте разработки, путем визуализации и захвата по меньшей мере одного изображения текущего забоя на месте разработки или его целевой части T;

(б) прием, определение, генерацию, извлечение и/или обработку трехмерных данных облака точек, соответствующих по меньшей мере одному захваченному изображению текущего забоя на месте разработки или его целевой части T;

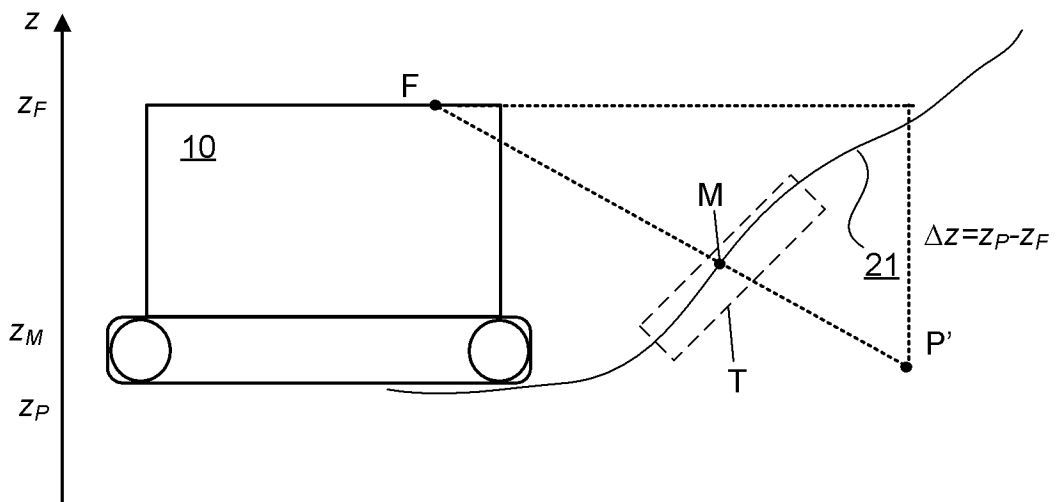
(в) идентификацию множества обломков взорванной породы в указанном по меньшей мере одном захваченном изображении текущего забоя на месте разработки или его целевой части путем выполнения операций обработки изображения; и

(г) определение или получение географических координат, соответствующих физическим местоположениям в пространстве каждого из указанного множества идентифицированных обломков взорванной породы, путем обработки таких трехмерных данных облака точек относительно местоположения и курса экскаваторного устройства.

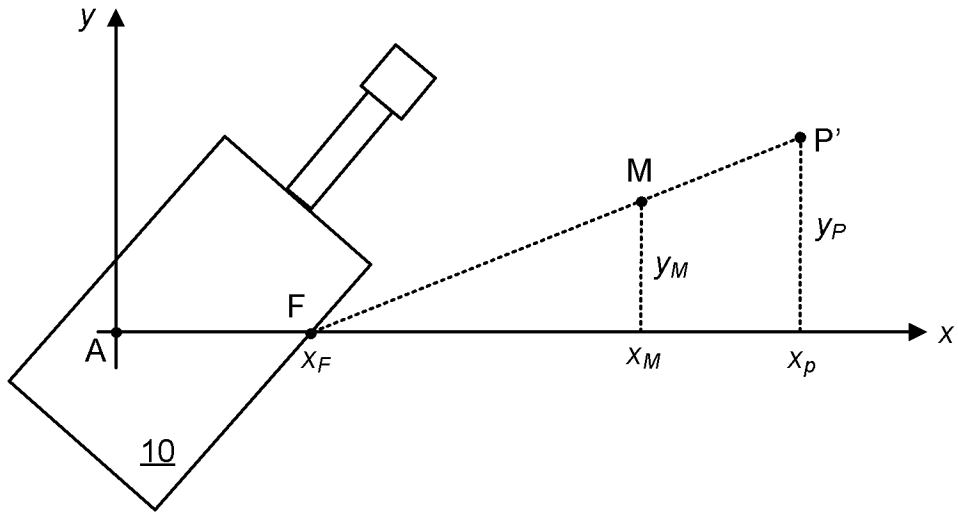




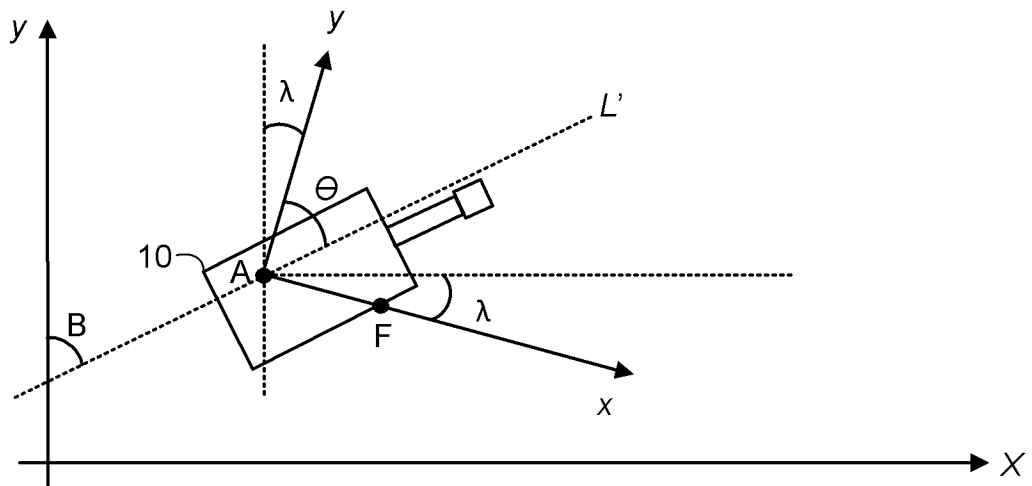
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

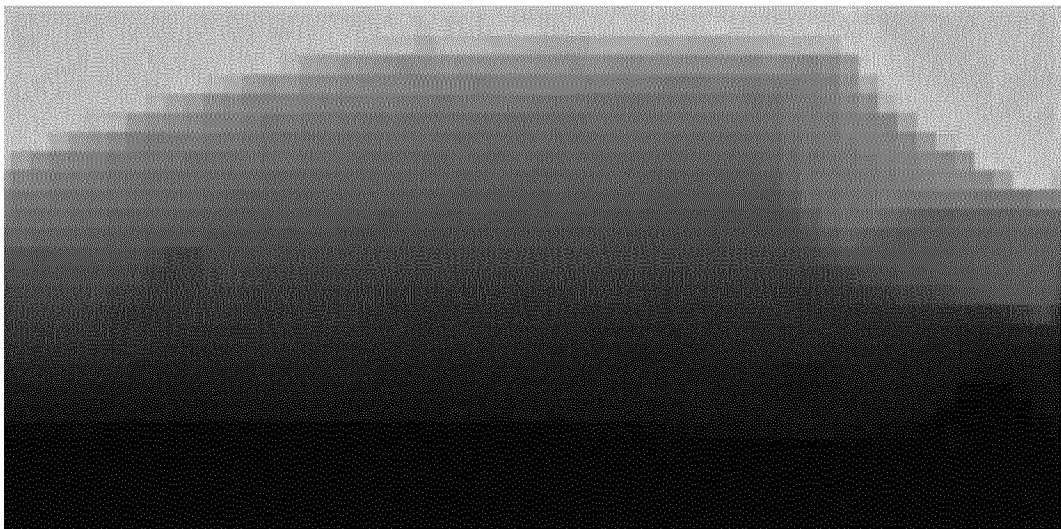


Фиг. 6

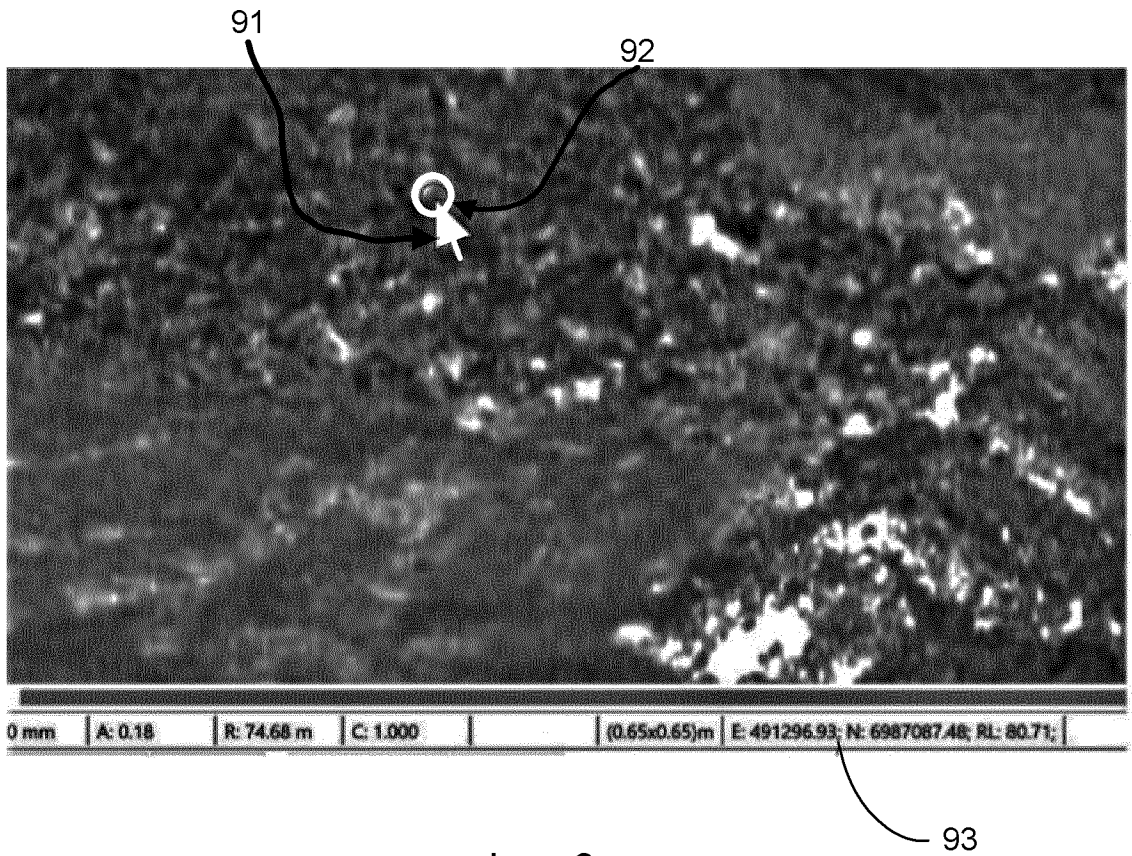
4/6



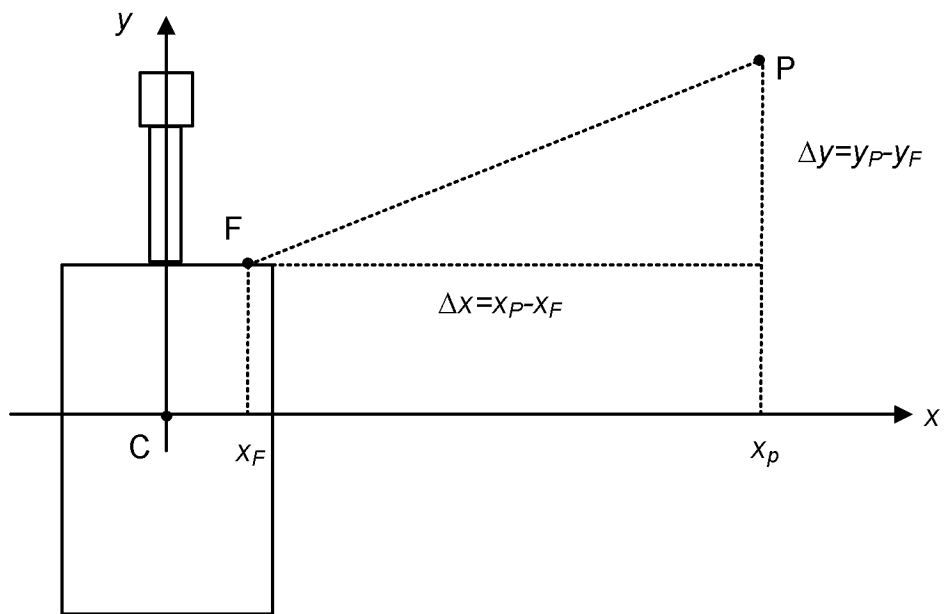
Фиг. 7



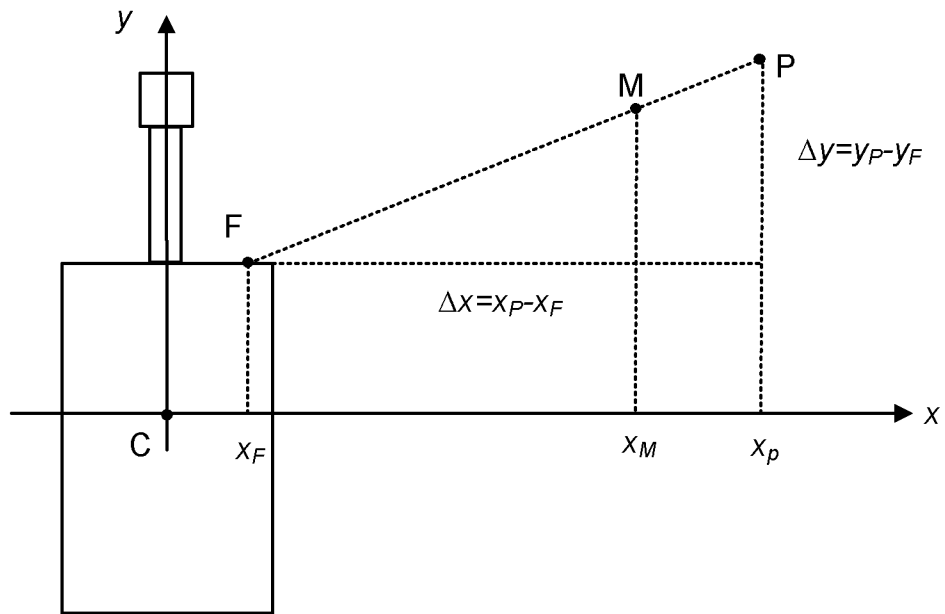
Фиг. 8



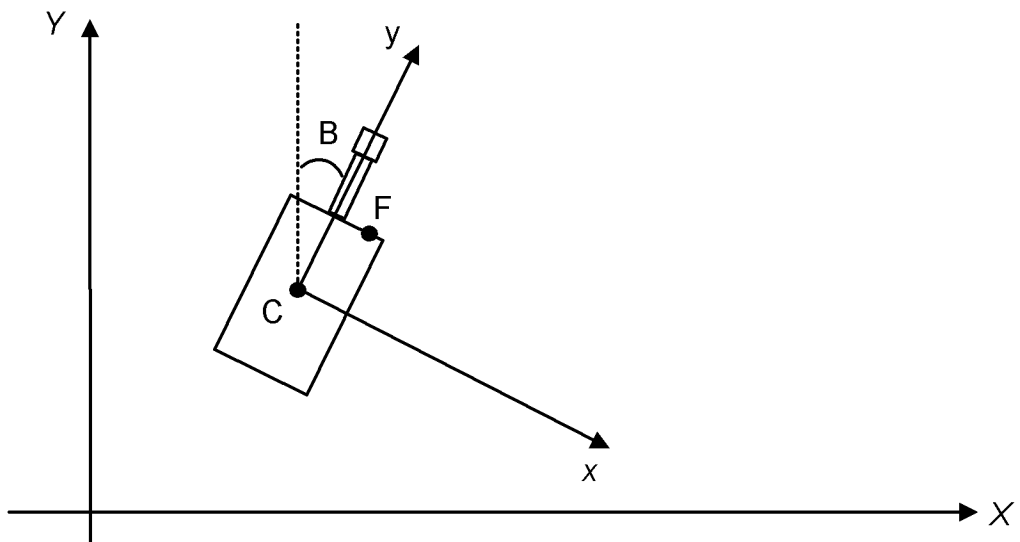
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12