



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01C 11/02 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2020109110, 01.03.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.03.2020

Дата регистрации:
10.07.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.03.2020

(45) Опубликовано: 10.07.2020 Бюл. № 19

Адрес для переписки:

108801, Москва, пос. Сосенское, п. Коммунарка,
ул. Липовый парк, 6, кв. 222, Рошин Дмитрий
Александрович

(72) Автор(ы):

Рошин Дмитрий Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Рошин Дмитрий Александрович (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2591875 C1, 20.07.2016. RU
2646539 C1, 05.03.2018. RU 24003 U1, 20.07.2002.
RU 2628541 C1, 18.08.2017. CN 109238242 A,
18.01.2019. US 9542738 B2, 10.01.2017.

(54) Способ построения трехмерной модели местности вдоль полотна железнодорожного пути

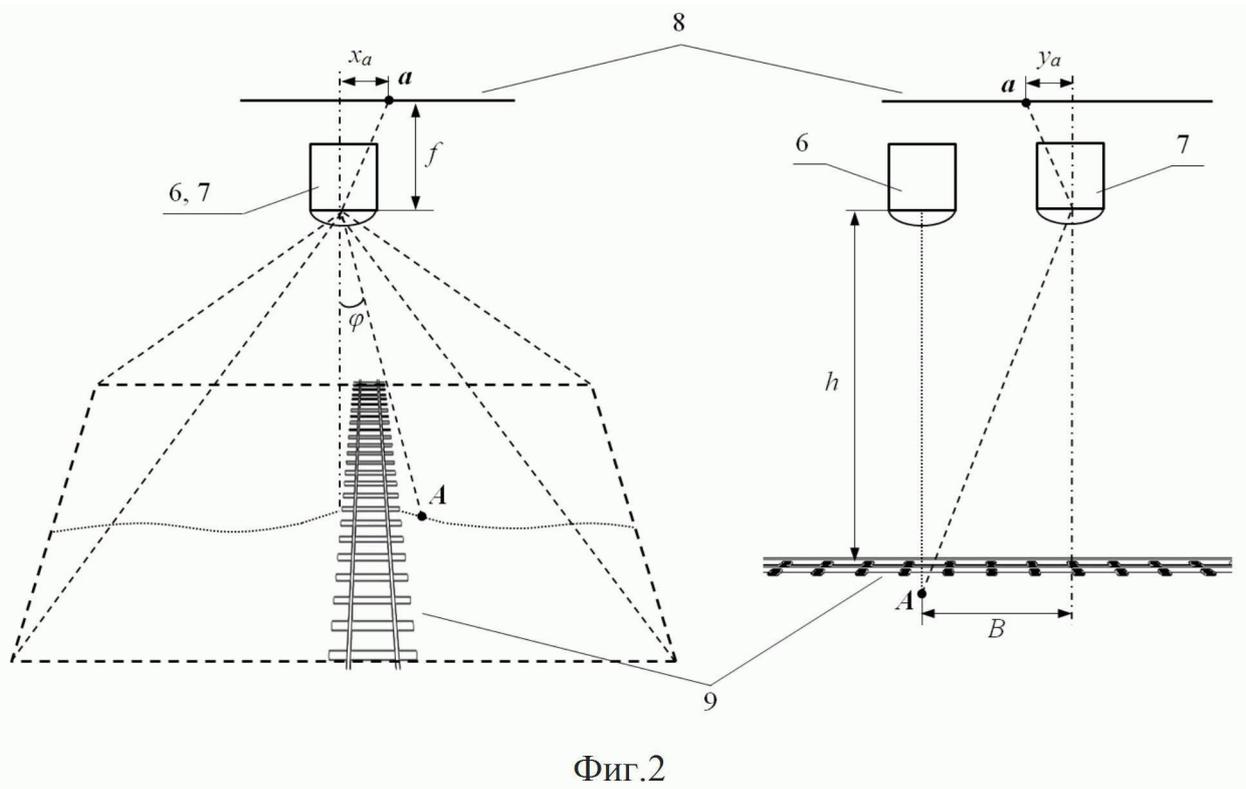
(57) Реферат:

Изобретение относится к области железнодорожной автоматики и телемеханики для регистрации профиля железнодорожного пути в целях определения негабаритных объектов железнодорожной инфраструктуры, а также для своевременного выявления деформаций балластной призмы и основной площадки земляного полотна. Для реализации способа проводят одновременно плановую аэрофотосъемку и воздушное лазерное сканирование местности с применением летательного аппарата. Получают цифровые аэрофотоснимки (АФС) и массив точек лазерных отражений местности вдоль полотна железнодорожного пути. Полученные АФС разбивают по парам, подлежащим взаимному ориентированию, с образованием стереопар. На стереопарах распознают рельсовую колею и определяют расстояния между рельсовыми нитями, по которым вычисляется масштаб изображения местности на АФС. Путем

наложения цифровых маркеров на АФС каждой стереопары выполняют взаимное ориентирование АФС с определением элементов их внешнего ориентирования. Значения элементов внешнего ориентирования используют для коррекции значений координат массива точек лазерных отражений местности и определения координат этих точек на цифровых АФС. По скорректированным значениям трехмерных координат точек на местности, значениям двумерных координат этих точек на АФС, а также значениям масштаба изображений местности на АФС формируют трехмерную модель местности. Технический результат - повышение точности характеристик измерений и обеспечение возможности проведения диагностики нижнего строения железнодорожного пути для выявления опасных деформаций основной площадки земляного полотна и балластной призмы железной дороги. 6 ил.

RU 2 726 256 C1

RU 2 726 256 C1



Фиг.2

RU 2726256 C1

RU 2726256 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01C 11/02 (2020.02)

(21)(22) Application: **2020109110, 01.03.2020**

(24) Effective date for property rights:
01.03.2020

Registration date:
10.07.2020

Priority:

(22) Date of filing: **01.03.2020**

(45) Date of publication: **10.07.2020** Bull. № 19

Mail address:

**108801, Moskva, pos. Sosenskoe, p. Kommunarka,
ul. Lipovyj park, 6, kv. 222, Roshchin Dmitriy
Aleksandrovich**

(72) Inventor(s):

Roshchin Dmitrii Aleksandrovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Roshchin Dmitrii Aleksandrovich (RU)

(54) **METHOD OF CONSTRUCTING THREE-DIMENSIONAL MODEL OF TERRAIN ALONG RAILWAY TRACK BED**

(57) Abstract:

FIELD: railway automatics.

SUBSTANCE: invention relates to the field of railway automation and telemechanics for railroad profile registration in order to determine oversized objects of railway infrastructure, as well as for timely detection of deformations of ballast prism and main site of road bed. To implement the method, scheduled aerial photography and aerial laser scanning of the area using an aircraft are simultaneously carried out. Digital aerial photos (AP) and array of laser reflection points along railway track are obtained. Obtained APs are divided into pairs subject to mutual orientation to form stereopairs. On the stereopairs the track is identified and the distance between the rail threads is determined, from which the scale of the image of the area on the AP is calculated. By superimposition of digital markers

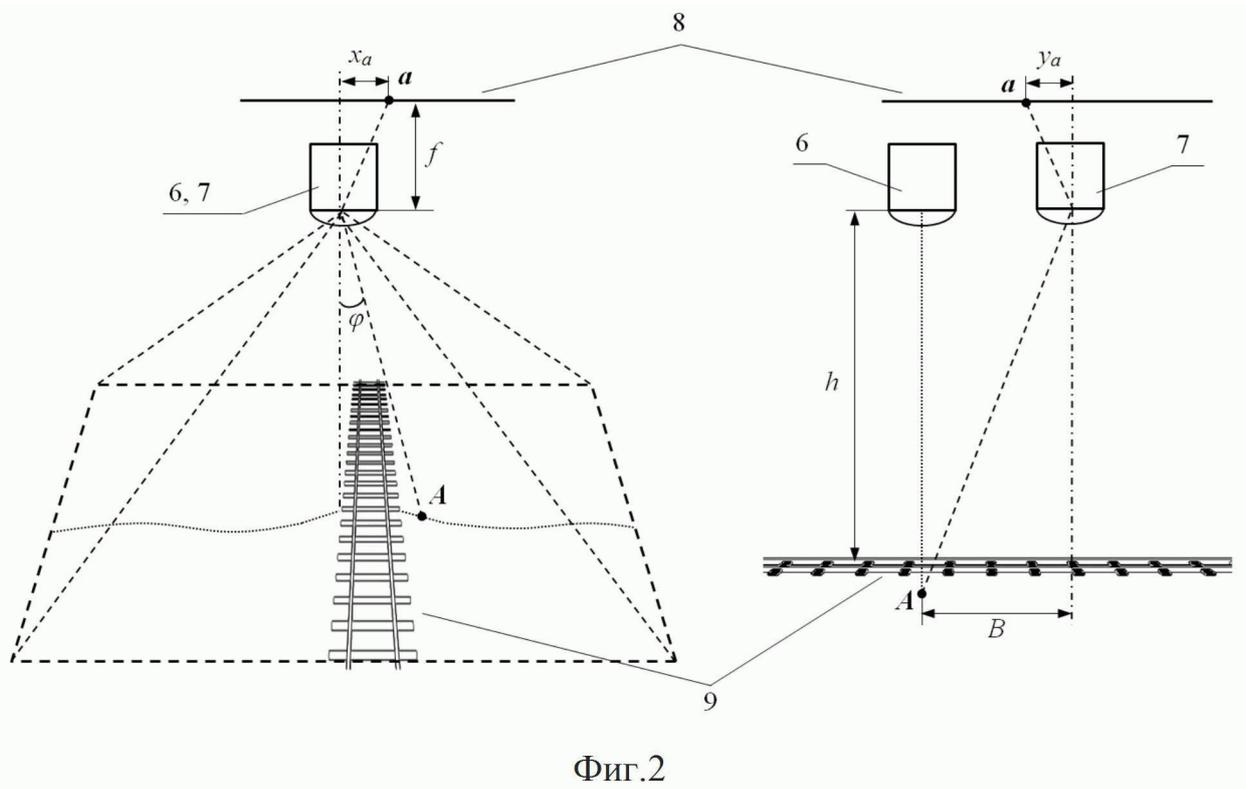
on AP of each stereopair, mutual orientation of AP is performed with determination of elements of their external orientation. Values of the external orientation elements are used to correct coordinates of the array of laser reflection points and to determine coordinates of said points on digital APs. Three-dimensional terrain model is formed by corrected values of three-dimensional coordinates of points on terrain, values of two-dimensional coordinates of these points on AP, as well as values of scale of images of area on AP.

EFFECT: improving accuracy of measurement characteristics and providing possibility of diagnostics of lower structure of railway track for detection of dangerous deformations of main site of road bed and railway ballast prism.

1 cl, 6 dwg

RU 2 726 256 C1

RU 2 726 256 C1



Фиг.2

RU 2726256 C1

RU 2726256 C1

Изобретение относится к области железнодорожной автоматики и телемеханики для регистрации профиля железнодорожного пути в целях проведения мониторинга и диагностики участков железнодорожного пути, проектно-изыскательских и других видов работ. Заявленный в изобретении способ позволяет сформировать цифровую модель земной поверхности и расположенных на ней объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта вдоль полотна железнодорожного пути посредством совместного проведения аэрофотосъемки и лазерного сканирования местности с помощью летательного аппарата.

Основное применение данного способа рассчитано на оперативный мониторинг участка железнодорожного пути и объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта в целях определения негабаритных объектов железнодорожной инфраструктуры, а также для своевременного выявления деформаций балластной призмы и основной площадки земляного полотна. Способ также может применяться для решения других общеизвестных задач по топографии.

Известен способ контроля состояния железнодорожного пути [1], в котором на основе использования базы данных реперной системы и данных с вагона-путеизмерителя или путеизмерительного устройства выправочной машины получают цифровую модель верхнего строения железнодорожного пути. Однако указанный способ не позволяет получить цифровую форму нижнего строения железнодорожного пути, состоящего из земляного полотна и балластной призмы.

Известен также способ формирования цифровой модели местности при помощи модернизированной бортовой системы управления аэрофотосъемкой, используемой для мониторинга сетей газопровода и его инфраструктуры посредством пилотируемых воздушных судов [2]. В состав системы входят два аэрофотоаппарата, оптические оси которых расположены так, чтобы обеспечить одновременное получение изображений двух маршрутов с поперечным перекрытием между собой в 30%. На основе полученных с аэрофотоаппаратов изображений двух маршрутов и данных о трехмерных координатах центров фотографирования, полученных от навигационной системы воздушного судна, осуществляют построение высокоточного ортофотоплана местности в местах пролегания сетей газопровода и его окружения. К недостатку данного способа можно отнести малую площадь на поверхности местности, ограниченную областью взаимного перекрытия полей зрения аэрофотокамер, которая доступна для построения цифровой модели местности. К тому же данный способ предусматривает использование двух аэрофотокамер, что приводит к увеличению габаритов и стоимости системы.

Наиболее близким аналогом заявленного изобретения является способ построения карты экзогенных геологических процессов, протекающих на местности вдоль трассы пролегания магистрального нефтепровода [3]. В указанном способе по данным цифровой аэрофотосъемки и воздушного лазерного сканирования местности вдоль трассы магистрального нефтепровода с борта воздушного судна, а также по данным от наземной навигационной системы, формируют цифровую модель рельефа и карту уклонов местности.

Недостатком существующего технического решения является возрастание погрешности определения координат пилотажно-навигационного комплекса системы по мере его удаления от места расположения наземных станций ГНСС.

Задачей изобретения является повышение точности координатных измерений точек на поверхности полотна железнодорожного пути и прилегающей местности. Техническим результатом изобретения является цифровая модель местности и объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта вдоль полотна железнодорожного

пути, обладающая более высокими точностными характеристиками и обеспечивающая возможность проведения диагностики нижнего строения железнодорожного пути для выявления опасных деформаций основной площадки земляного полотна и балластной призмы железной дороги.

5 Указанная задача решается, а технический результат достигается благодаря тому, что в способе построения трехмерной модели местности вдоль полотна
железнодорожного пути проводят одновременно плановую аэрофотосъемку и
воздушное лазерное сканирование местности с применением летательного аппарата
(ЛА) для получения цифровых аэрофотоснимков (АФС) и массива точек лазерных
10 отражений местности вдоль полотна железнодорожного пути, при этом полученные
АФС разбивают по парам, подлежащих взаимному ориентированию, с образованием
стереопар, распознают на них рельсовую колею и определяют расстояния между
рельсовыми нитями, по которым вычисляют масштаб изображения местности на АФС,
15 после этого путем наложения цифровых маркеров на АФС каждой стереопары
выполняют взаимное ориентирование АФС с определением элементов их внешнего
ориентирования, которые используют для коррекции значений трехмерных координат
массива точек лазерных отражений местности и определения координат этих точек на
цифровых АФС, по скорректированным значениям трехмерных координат точек на
20 местности, значениям двумерных координат этих точек на АФС, а также значениям
масштаба изображений местности на АФС формируют трехмерную модель местности.

Сущность изобретения поясняется чертежами, на которых:

фиг. 1 – блок-схема способа формирования трехмерной модели местности вдоль
полотна железнодорожного пути;

25 фиг. 2 – принципиальная схема определения координат точек на местности вдоль
полотна железнодорожного пути;

фиг. 3 – комбинация цифровых маркеров в виде прямоугольной матрицы на
изображении;

фиг. 4 – принципиальная схема лазерного сканирования местности в процессе
аэрофотосъемки;

30 фиг. 5 – принципиальная схема интерполяции координат точек полученных по
результатам лазерного сканирования местности;

фиг. 6 – трехмерная модель местности вдоль полотна железнодорожного пути
сформированная по результатам проведения аэрофотосъемки и лазерного сканирования
местности.

35 Заявленный способ построения трехмерной модели местности вдоль полотна
железнодорожного пути осуществляют следующим образом.

Для построения трехмерной модели местности 5 с требуемым разрешением вдоль
рельсовой колеи 9 проводят плановую аэрофотосъемку 1 на определенной высоте,
учитывая технические характеристики используемой аэрофотокамеры 6 (АФК) и
40 воздушного лазерного сканера 7 (ВЛС). Изображение в АФК формируется путем
проецирования участка местности 10, попадающего в поле ее зрения на плоскость
снимка аэрофотокамеры 8.

АФК и ВЛС крепятся к гиостабилизирующей установке, вдоль линии, определяющей
направление полета ЛА. АФК устанавливают на ЛА для проведения плановой
45 аэрофотосъемки таким образом, чтобы ее главная оптическая ось приняла вертикальное
положение.

В процессе проведения аэрофотосъемки 1 соблюдают требуемое взаимное перекрытие
между каждыми двумя последовательно сделанными АФС. Несоблюдение значений

перекрытий может привести к разрывам в формируемой трехмерной модели местности. Перекрытие обеспечивается подбором соответствующей скорости полета ЛА на заданной высоте и частоты фотографирования. Это позволяет скомпенсировать возможное воздействие порывов ветра на ЛА и особенности рельефа местности, а также решить фотограмметрические задачи, связанные с выполнением взаимного ориентирования и определением элементов их внешнего ориентирования 4.

Цифровая обработка аэрофотоснимков 3 осуществляется следующим образом.

На изображении АФС выделяется множество пикселей $\mathbf{H} \subset \mathbf{I}$, принадлежащих рельсовым нитям, цветовые компоненты, которого $[\mathbf{H}_R, \mathbf{H}_G, \mathbf{H}_B]$ ограничены минимальными и максимальными значениями в занимаемой части пространства RGB:

$$\begin{aligned} r_{\min} &\leq \mathbf{H}_R \leq r_{\max} \\ g_{\min} &\leq \mathbf{H}_G \leq g_{\max} \\ b_{\min} &\leq \mathbf{H}_B \leq b_{\max} \end{aligned} \quad (1)$$

Учитывая однородность цвета рельсовых нитей, в качестве средних значений компонентов цвета принимаются медианы:

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{H}}_R &= \frac{r_{\max} - r_{\min}}{2} \\ \bar{\mathbf{H}}_G &= \frac{g_{\max} - g_{\min}}{2} \\ \bar{\mathbf{H}}_B &= \frac{b_{\max} - b_{\min}}{2} \end{aligned} \quad (2)$$

Граничные значения компонентов цвета, определяющие диапазон изменения цвета рельсовых нитей, могут варьировать в широких пределах в зависимости от конкретных условий проведения аэрофотосъемки: уровень освещенности, ракурс и высота аэрофотосъемки.

Поскольку в формировании цвета участвуют три компонента цвета, вводится функция, определяющая дисперсию компонентов цвета пикселя на изображении АФС относительно средних значений компонентов цвета рельсовых нитей:

$$f(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sqrt{\frac{(\bar{\mathbf{H}}_R - C_R(\mathbf{x}, \mathbf{y}))^2 + (\bar{\mathbf{H}}_G - C_G(\mathbf{x}, \mathbf{y}))^2 + (\bar{\mathbf{H}}_B - C_B(\mathbf{x}, \mathbf{y}))^2}{3}} \quad (3)$$

Установив для функции некоторое пороговое значение k , характеризующее допустимое отклонение значений компонентов цвета рельсовых нитей от среднего, можно обнаружить их на изображении, применив следующее условие:

$$\mathbf{I} \subset \mathbf{H}: f(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \leq k \mid k \in \mathbb{R} \quad (4)$$

Минимальные значения, которые принимает функция $f(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ в каждой строке u на изображении, указывают на наличие рельсовых нитей. Аппроксимируя множество пикселей \mathbf{H} по известным в математике формулам, определяется расстояние q между рельсовыми нитями на изображении. Затем вычисляется коэффициент масштабирования изображения местности на АФС для приведения его к единому масштабу:

$$m = \frac{f \cdot Q}{h \cdot q \cdot \text{pix}} \quad (5)$$

где h – требуемая высота аэрофотосъемки;

q – расстояние между рельсовыми нитями на изображении в пикселях;

Q – нормированное расстояние между рельсовыми нитями;

pix – физический размер пикселя на изображении.

Далее изображения на АФС масштабируются по известному в математике методу билинейной интерполяции.

5 После масштабирования все АФС разбиваются на стереопары, образованные двумя последовательно сделанными АФС с требуемым перекрытием, которые затем взаимно ориентируются. Для этого изображения стереопары, длиной N_x и шириной N_y пикселей, представляется в виде множества пикселей:

$$10 \quad I = \{\vec{c}(x, y) : x \leq N_x, y \leq N_y | x, y \in \mathbb{N}\}, \quad (6)$$

где (x, y) – координаты пикселя на изображении;

$\vec{c}(x, y)$ – произвольный вектор в цветовом пространстве RGB, состоящий из трех

15 компонентов цвета C_R, C_G, C_B , которые также могут быть представлены в виде множеств натуральных чисел, определяющих 256 градаций цвета:

$$\vec{c}(x, y) = \begin{bmatrix} C_R(x, y) \\ C_G(x, y) \\ C_B(x, y) \end{bmatrix}, \quad (7)$$

20 где $\forall n \in C_R \vee C_G \vee C_B : n < 256 | n \in \mathbb{N}$.

На изображение накладывается комбинация маркеров, равномерно распределенных по кадру в форме прямоугольной матрицы с шагом кратным длине и ширине изображения:

$$25 \quad \begin{aligned} dx &= \frac{N_x}{k} \\ dy &= \frac{N_y}{k} \end{aligned}, \quad (8)$$

где $k \in \mathbb{N}$ – кратность размеру изображения.

30 Таким образом, в каждой строке и столбце прямоугольной матрицы будет содержаться $k-1$ маркеров. Тогда векторную функцию суммарных значений компонентов цвета по области, ограничивающей множество пикселей, обозначенных маркерами на первом изображении, можно задать выражением:

$$35 \quad \vec{u}_s(k_x, k_y) = \sum_{i=1}^1 \sum_{j=1}^1 \vec{c}(k_x \cdot dx + i, k_y \cdot dy + j), \quad (9)$$

где k_x, k_y – позиция маркера в строке и столбце прямоугольной матрицы, соответственно.

40 Для каждой области изображения, на которую попадает маркер, рассчитывается векторная функция, определяющая суммарные значения компонентов цвета по области. На втором изображении задается смещение $(\Delta x, \Delta y)$ и определяется расстояние по осям X и Y от каждого из маркеров до центра изображения:

$$45 \quad \begin{aligned} L(k_x, \Delta x) &= k_x \cdot dx - x_0 + \Delta x \\ L(k_y, \Delta y) &= k_y \cdot dy - y_0 + \Delta y \end{aligned} \quad (10)$$

Задав угол поворота $\Delta\psi$ изображений, относительно друг друга, на втором изображении определяют суммарные значения множества пикселей по окрестностям, обозначенных маркерами:

$$\mathbf{I}_{s_2}(k_x, k_y, \Delta x, \Delta y, \Delta \psi) = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 \mathbf{I}_{c}(X, Y), \quad (11)$$

где X, Y вычисляются из выражений:

$$\begin{aligned} X &= \text{Целое} \left(x_0 + \sqrt{L^2(k_x, \Delta x) + L^2(k_y, \Delta y)} \cdot \cos \left(\arctan \left(\frac{L(k_y, \Delta y)}{L(k_x, \Delta x)} \right) + \Delta \psi \right) \right) \\ Y &= \text{Целое} \left(y_0 + \sqrt{L^2(k_x, \Delta x) + L^2(k_y, \Delta y)} \cdot \sin \left(\arctan \left(\frac{L(k_y, \Delta y)}{L(k_x, \Delta x)} \right) + \Delta \psi \right) \right) \end{aligned} \quad (12)$$

В зависимости от величины смещения маркеров и угла поворота одного изображения относительно другого, определяются значения целевой функции, выраженные через сумму квадратов отклонений в значениях векторных функций:

$$\delta(\Delta x, \Delta y, \Delta \psi) = \sum_{k_x=-1}^{k-1} \sum_{k_y=-1}^{k-1} \left[\mathbf{I}_{s_1}(k_x, k_y) - \mathbf{I}_{s_2}(k_x, k_y, \Delta x, \Delta y, \Delta \psi) \right]^2 \rightarrow \min \quad (13)$$

Относительная величина смещения и угол поворота определяются значениями аргументов целевой функции, при которых она принимает минимальное значение, не превышающее установленного порогового коэффициента. По аргументам функции $\delta(\Delta x, \Delta y, \Delta \psi)$ определяют перемещение точки съемки 12 за период времени между моментами фотографирования $(t_\varepsilon, t_{\varepsilon+1})$, используя следующее выражение:

$$\begin{aligned} \Delta X &= \frac{h \Delta x}{f} \\ \Delta Y &= \frac{h \Delta y}{f} \\ \Delta Z &= \frac{f \cdot Q \cdot (q_2 - q_1)}{q_1 \cdot q_2 \cdot \text{pix}} \end{aligned} \quad , \quad (14)$$

где q_1, q_2 – расстояния между рельсовыми нитями на изображениях стереопары.

По сумме этих перемещений определяют элементы внешнего ориентирования аэрофотоснимков 4 – координаты точки съемки и угол поворота снимка в трехмерной декартовой системе координат модели местности. За начало координат принимаются координаты первой точки съемки на заданной высоте h . Координаты последующих точек съемки $(P_{x_\varepsilon}, P_{y_\varepsilon}, P_{z_\varepsilon})$, полученных в следующей последовательности $\{1, \dots, \varepsilon, \dots\}$, вычисляются из выражения:

$$\begin{aligned} P_{x_\varepsilon} &= \sum_{i=1}^{\varepsilon} \Delta Y_i \\ P_{y_\varepsilon} &= \sum_{i=1}^{\varepsilon} \Delta Y_i \\ P_{z_\varepsilon} &= \frac{Q \cdot f}{q_\varepsilon \cdot \text{pix}} \end{aligned} \quad (15)$$

Угол поворота j -го АФС в системе координат модели местности определяется из выражения:

$$\Psi_\varepsilon = \sum_{i=1}^{\varepsilon} \Delta \Psi_i \quad (16)$$

Затем, по данным воздушного лазерного сканирования местности 2, определяются координаты зафиксированных точек на местности в прямоугольной трехмерной системе координат, создаваемой модели. Это осуществляется следующим образом.

Подсистема развертки ВЛС формирует лазерные лучи с постоянным угловым шагом $d\varphi$. Линия развертки 11 образуется множеством лучей, количество n из которых окажется в поле зрения объектива АФК 10. Угловое положение ВЛС задается так, чтобы его центральный лазерный луч был направлен параллельно главной оптической оси АФК, а линия развертки ВЛС была перпендикулярна направлению полета ЛА. Тогда угол наклона лазерного луча i , фиксирующего некоторую точку A на местности, можно найти из выражения:

$$\varphi_i = \frac{n-2i+1}{2} \cdot d\varphi \quad (17)$$

Положение этой точки в системе координат АФК определяются выражениями:

$$\begin{aligned} X_A &= l_A \cdot m \cdot \sin \varphi_i; \\ Y_A &= b; \\ Z_A &= l_A \cdot m \cdot \cos \varphi_i \end{aligned} \quad (18)$$

где l_A – расстояние до точки A , измеренное ВЛС.

Для преобразования координат точки A , зафиксированной из точки съемки (P_{x_e}, P_{y_e}) , в систему координат трехмерной модели местности используются следующие выражения:

$$\begin{aligned} X'_A &= P_{x_e} + X_A \cos \psi_e - Y_A \sin \psi_e \\ Y'_A &= P_{y_e} + Y_A \cos \psi_e + X_A \sin \psi_e \\ Z'_A &= h - Z_A \end{aligned} \quad (19)$$

При построении модели местности необходимо учитывать, что в процессе проведения аэрофотосъемки ЛА отклоняется от заданной траектории полета. Также необходимо учитывать, что ВЛС выполняет сканирование местности с некоторой задержкой, характеризующейся частотой формирования линий развертки. Если частота фотографирования АФК меньше частоты формирования линий развертки, то за время получения двух снимков формируется некоторое множество линий развертки. Чтобы в формируемой трехмерной модели местности не возникало разрывов необходимо выполнить интерполяцию по области сканирования. Для этого частота фотографирования АФК подбирается так, чтобы отношение частоты сканирования ВЛС к частоте фотографирования выражалось натуральным числом:

$$\frac{\nu_c}{\nu_\phi} \in N, \quad (20)$$

При этом момент фотографирования должен быть синхронизирован по времени с формированием линии развертки. Коэффициент для расчета положения ЛА в момент формирования линии развертки j относительно его положения в момент времени фотографирования t_e определяется выражением:

$$k_j = \frac{j \nu_\phi}{\nu_c} \quad (21)$$

Тогда выражения (19) для определения координат точек в промежуточных линиях развертки, сформированных ВЛС за интервал времени между моментами фотографирования (t_e, t_{e+1}) , примут следующий вид:

$$\begin{aligned}
 X'_i &= Px_\varepsilon + k_j \Delta X + X_i \cos(\psi_\varepsilon + k_j \Delta \psi) - Y_i \sin(\psi_\varepsilon + k_j \Delta \psi) \\
 Y'_i &= Py_\varepsilon + k_j \Delta Y + Y_i \cos(\psi_\varepsilon + k_j \Delta \psi) + X_i \sin(\psi_\varepsilon + k_j \Delta \psi) \quad (22) \\
 Z'_i &= h + k_j \Delta Z - Z_i
 \end{aligned}$$

5 Линии развертки ВЛС помещаются в декартовую систему координат съемочного участка. После этого на них накладывается координатная сетка. Размер ячеек сетки задается исходя из требуемого разрешения формируемой модели. В результате пересечений линий развертки ВЛС с вертикальными прямыми, проходящими через крайние точки в этих линиях, образуются замкнутые области 13 ограниченные

10 съемочным участком 14. Выполняя интерпелляцию по этим областям, образуется облако точек, представляющее собой точечную модель местности. На облако точек, накладываются АФС, полученные в процессе проведения аэрофотосъемки и тем самым формируется трехмерная модель местности вдоль рельсовой колеи.

Источники информации

- 15 1. Патент РФ № 2628541, МПК G01C 5/00, на изобретение «Способ контроля состояния железнодорожного пути».
2. Патент РФ № 2646539, МПК G01C11/00, на изобретение «Модернизированная бортовая система управления аэрофотосъемкой для пилотируемых воздушных судов (МБСУ АФС)».
- 20 3. Патент РФ № 2591875, МПК G01C11/00, на изобретение «Способ построения карты экзогенных геологических процессов местности вдоль трассы магистрального нефтепровода».

(57) Формула изобретения

25 Способ построения трехмерной модели местности вдоль полотна железнодорожного пути, отличающийся тем, что проводят одновременно плановую аэрофотосъемку и воздушное лазерное сканирование местности с применением летательного аппарата для получения цифровых аэрофотоснимков (АФС) и массива точек лазерных отражений местности вдоль полотна железнодорожного пути, при этом полученные АФС

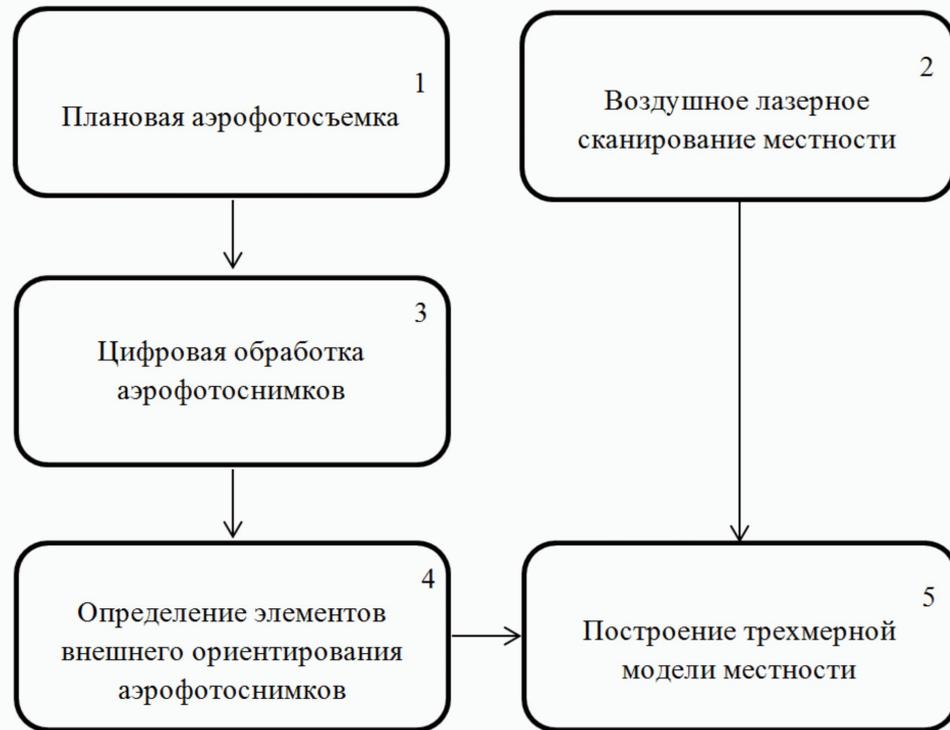
30 разбивают по парам, подлежащим взаимному ориентированию, с образованием стереопар, распознают на них рельсовую колею и определяют расстояния между рельсовыми нитями, по которым вычисляют масштаб изображения местности на АФС, после этого путем наложения цифровых маркеров на АФС каждой стереопары выполняют взаимное ориентирование АФС с определением элементов их внешнего

35 ориентирования, которые используют для коррекции значений трехмерных координат массива точек лазерных отражений местности и определения координат этих точек на цифровых АФС, по скорректированным значениям трехмерных координат точек на местности, значениям двумерных координат этих точек на АФС, а также значениям масштаба изображений местности на АФС формируют трехмерную модель местности.

40

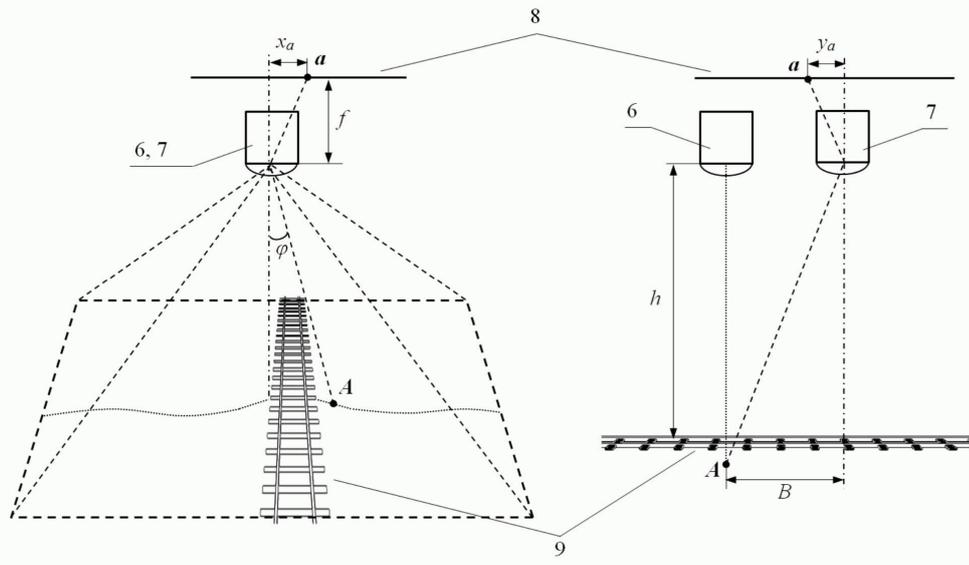
45

1

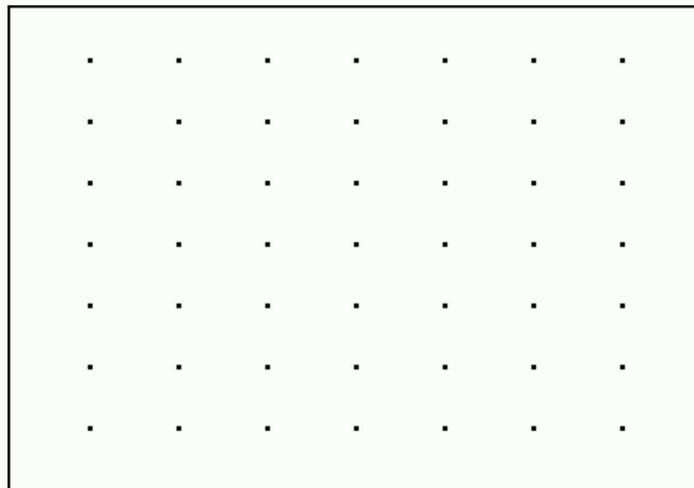


Фиг.1

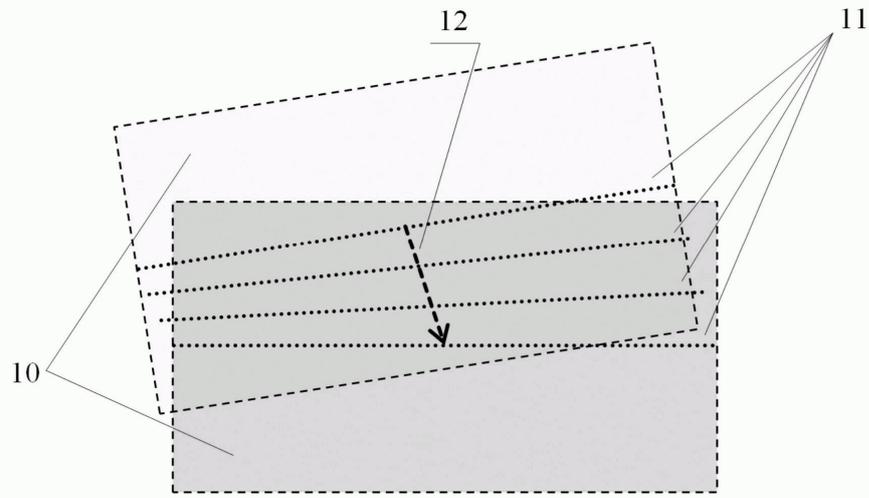
2



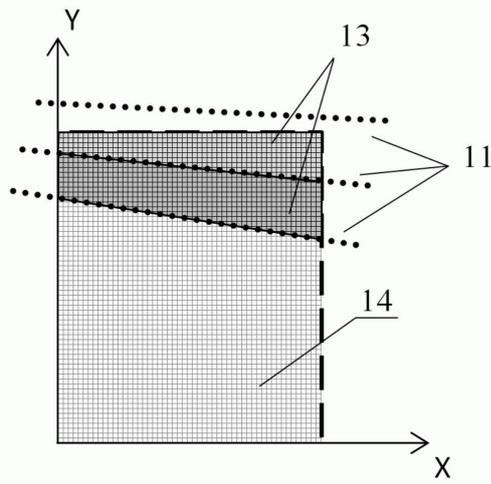
Фиг.2



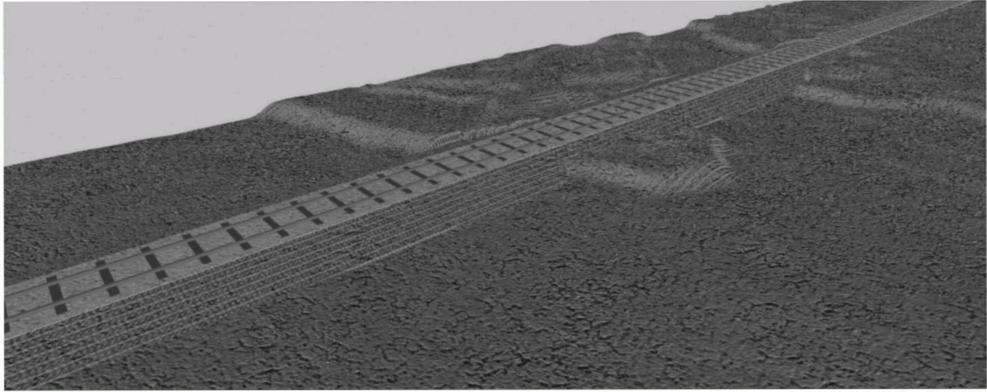
Фиг.3



Фиг.4



Фиг.5



Фиг.6