



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2004104193/28, 16.02.2004**

(24) Дата начала действия патента: **16.02.2004**

(45) Опубликовано: **10.08.2005 Бюл. № 22**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2171499 C1, 27.07.2001. RU 2188391 C1, 27.08.2002. RU 2044273 C1, 20.09.1995. WO 9533973 A1, 14.12.1995. EP 1241441 A1, 19.09.2002.**

Адрес для переписки:

**125047, Москва, Оружейный пер., 3, стр.1,  
а/я 143, А.О. Ковалеву**

(72) Автор(ы):

**Кузнецов А.Е. (RU),  
Калюжный В.И. (RU),  
Ковалев А.О. (RU),  
Ефремов И.Ф. (RU),  
Гектин Ю.М. (RU)**

(73) Патентообладатель(ли):

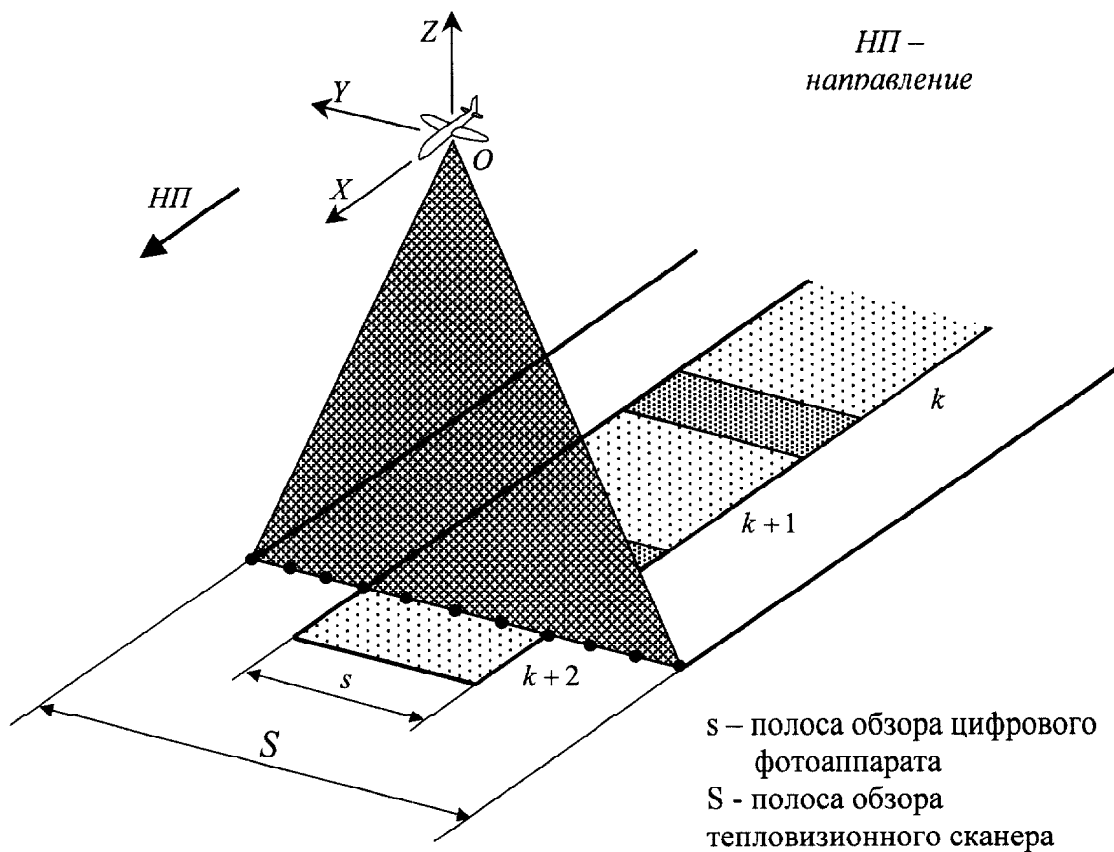
**ЗАО "Центр перспективных наукоемких  
технологий" (RU)**

### (54) СПОСОБ ДИСТАНЦИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОВИДЕОСЪЕМОЧНОГО УСТРОЙСТВА

(57) Реферат:

Способ дистанционного обследования объектов электрических сетей содержит операции: а) съемка линий электропередачи тепловизионным сканером и цифровым фотоаппаратом, б) сохранение результатов в памяти компьютера, в) вычисление географических и картографических координат пикселей сканерного снимка, г) геометрическое трансформирование сканерного изображения в картографическую проекцию; д) получение нового сканерного изображения и записи его в память компьютера, е) на первом кадре и на новом сканерном изображении нахождение одноименных объектов и определение их взаимно корреляционных функций, аргументы которых характеризуют рассогласование местоположений

объектов, ж) минимизация рассогласования местоположения одноименных объектов и получение первого кадра высокого пространственного разрешения и сохранение его, з) последовательность операций с (е) по (ж) повторяют с каждым следующим кадром цифрового фотоаппарата до совмещения последнего кадра серии, и) объединение серии кадров в одно двухслойное изображение высокого пространственного разрешения с известной температурой представленных на нем объектов. Технический результат - получение цветного двухслойного изображения высокого пространственного разрешения с известными географическими координатами и температурой представленных на нем объектов. 3 ил.



Фиг. 1

RU 2 2 5 8 2 0 4 C 1

RU 2 2 5 8 2 0 4 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2004104193/28, 16.02.2004**

(24) Effective date for property rights: **16.02.2004**

(45) Date of publication: **10.08.2005 Bull. 22**

Mail address:

**125047, Moskva, Oruzhejnyj per., 3, str.1,  
a/ja 143, A.O. Kovalevu**

(72) Inventor(s):

**Kuznetsov A.E. (RU),  
Kaljuzhnyj V.I. (RU),  
Kovalev A.O. (RU),  
Efremov I.F. (RU),  
Gektin Ju.M. (RU)**

(73) Proprietor(s):

**ZAO "Tsentr perspektivnykh naukoemkikh  
tekhnologij" (RU)**

(54) **METHOD OF REMOTE INSPECTION OF ELECTRIC CIRCUITS BY MEANS OF THERMAL-VIDEOCAMERA**

(57) Abstract:

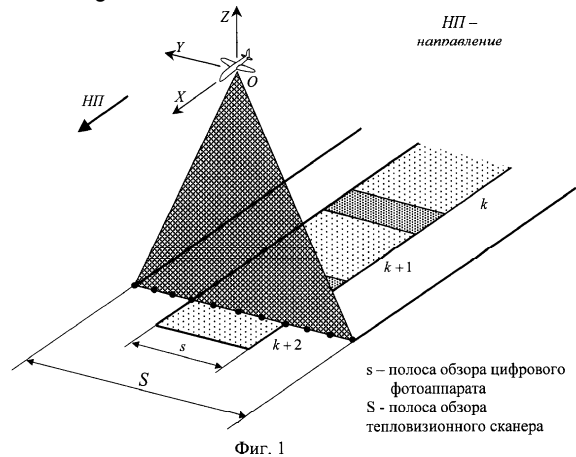
FIELD: optoelectronics.

SUBSTANCE: method of remote inspection of electric circuits consists of the following procedures: 1) filming of power line by thermal imaging scanner and digital camera, 2) storage of data in computer memory, 3) calculation of geographic and cartographic coordinates of pixels of scanner photograph, 4) geometric transformation of scanner image to cartographic projection, 5) receiving of new scanner image and recording it to computer memory. On the first frame and on new scanner image like objects are found and their mutual correlation functions are defined; arguments of the functions characterize location of objects. Errors in location of like objects are minimized and first frame with high spatial resolution is received and stored. The last portion of operation is repeated for ant subsequent frame of digital camera till putting the last frame of set into coincidence and set of

frames is combined into one two-layered image with high spatial resolution at known temperature of objects presented on it.

EFFECT: color two-layered image with high spatial resolution.

3 dwg



RU 2 258 204 C1

RU 2 258 204 C1

Изобретение относится к оптоэлектронным средствам получения и цифровой обработки изображений и может найти применение в энергетике при обследовании, то есть анализе состояния объектов электрических сетей путем определении источников теплового излучения с помощью тепловидеоосъемочного устройства, например, разрушенных тепло- и электроизоляторов, перегруженных участков электропроводки, в авиационной и космической технике при съемке и картографировании природных объектов и инженерных сооружений.

В задачи дистанционного обследования объектов электрических сетей входят получение геопривязанных снимков инженерных сооружений, получение информации о температурном состоянии изоляторов и контактных групп линий электросети, причем для решения первой задачи используется съемка в видимом спектральном диапазоне, а для второй - тепловизионная съемка в диапазоне 12 мкм.

Одним из традиционных подходов получения геопривязанных снимков является фотографический метод, основным недостатком которого являются значительные затраты, связанные с предварительной оцифровкой и обработкой фотоматериалов. Известны технические решения по организации воздушной съемки инженерных сооружений и объектов земной поверхности с помощью компактных и недорогих цифровых фотоаппаратов. Географическая привязка таких кадров происходит вручную с использованием топогеодезических карт. Низкий уровень автоматизации и зависимость от опорных картографических данных ограничивают практическое использование данного способа.

При цифровой тепловизионной съемке повышение пространственного разрешения прямо пропорционально связано с усложнением аппаратуры дистанционного наблюдения и увеличением ее массогабаритных показателей, что для случаев воздушной съемки оказывается неприемлемым. Кроме того, в силу определенных физических явлений формируемые тепловизионные изображения являются слабоконтрастными и трудноразличимыми, что ограничивает практическое использование тепловизионных анализаторов.

Технический результат заключается в получении четких и контрастных геопривязанных изображений высокого пространственного разрешения, с известными температурными характеристиками представленных на нем объектов, сокращении временных затрат на формирование конечной продукции и требований, предъявляемых к техническим и стоимостным параметрам съемочной аппаратуры.

Поставленная цель достигается путем выполнения с летательного аппарата съемки линий электропередачи с помощью тепловизионного сканера низкого разрешения, сопряженного с навигационным GPS-приемником и системой измерения ориентации самолета, а также цифрового фотоаппарата с высоким пространственным разрешением, имеющим совмещенную со сканером полосу обзора; результаты съемки, представленные в виде непрерывного сканерного изображения и серии перекрывающихся кадров цифрового фотоаппарата, передают на компьютер и сохраняют их в памяти компьютера; с помощью компьютерных средств на основе априорной информации о параметрах перемещения визирующего луча сканера и передаваемых в составе сканерного изображения углов ориентации и пространственных координат летательного аппарата вычисляют географические и картографические координаты пикселей сканерного снимка; выполняют геометрическое трансформирование сканерного изображения в картографическую проекцию с размером пиксела, соответствующего разрешению цифрового фотоаппарата; по результатам геометрического трансформирования с помощью компьютерных средств получают новое сканерное изображение с известными географическими и картографическими координатами пикселей и записывают его в память компьютера; из указанной серии перекрывающихся кадров цифрового фотоаппарата с помощью компьютерных средств выбирают первый кадр, и с помощью процедуры корреляционно-экстремального анализа на этом кадре и новом сканерном изображении находят несколько участков с отображенными на них одноименными объектами и для каждой пары

одноименных найденных участков изображений, определяют взаимно корреляционные функции, аргументы которых характеризуют рассогласование местоположений отображенных на изображениях одноименных объектов; минимизируют рассогласование местоположений отображенных на изображениях одноименных объектов и в результате минимизации рассогласования получают первый кадр высокого пространственного разрешения с известными географическими координатами отображенных на нем объектов линий электрических сетей и сохраняют его в памяти компьютера; с каждым следующим кадром серии перекрывающихся кадров цифрового фотоаппарата повторяют процесс минимизации рассогласования до минимизации последнего кадра серии; полученную серию перекрывающихся геопривязанных кадров, с помощью компьютерных средств объединяют в одно непрерывное двухслойное изображение высокого пространственного разрешения с известной температурой представленных на нем объектов, первый слой которого содержит четкое и контрастное изображение видимого спектрального канала, а второй, температурный слой, содержит соответствующие первому слою пикселы тепловизионного снимка.

Изобретение поясняется чертежами

Фиг.1 - поясняющая фигура способа картографирования линий электропередачи.

Фиг.2 - алгоритм реализации заявленного способа.

Фиг.3 - геопривязанное изображение высокого разрешения, содержащее линии электропередачи 110 кВ.

Способ основан на том, что с летательного аппарата, например с самолета выполняют одновременную съемку объектов линий электропередачи с помощью тепловидеосъемочного устройства, состоящего из сканера низкого пространственного разрешения и цифрового фотоаппарата высокого разрешения, имеющего совмещенную со сканером полосу обзора и работающего в режиме автоматической съемки (фиг.1). В ходе съемки в состав сканерного изображения заносятся текущие данные об углах ориентации и пространственных координатах самолета.

После сеанса съемки исходное сканерное изображение  $b(m, n)$ ,

$m = \overline{1_r M_b}$ ,  $n = \overline{1_r N_b}$  и серию перекрывающихся кадров цифрового фотоаппарата  $k_j(m^*, n^*)$ ,  $m^* = \overline{1_r M_{k,r}}$ ,  $n^* = \overline{1_r N_{k,r}}$ ,  $j = \overline{1_r K_r}$  передают, по каналам связи (по шине данных, спутниковым, телефонным или любым другим) в компьютер и сохраняют их на жесткий диск обрабатывающего компьютера или дополнительно на машиночитаемом носителе (CD-ROM, Flash card, или любой другой).

С помощью компьютерных средств по априорной информации о параметрах перемещения в пространстве визирующего луча сканера  $r(t)$ , углах ориентации  $\Omega(t)=[\alpha(t), \omega(t), \chi(t)]$  и координатах самолета  $R(t)=[X(t), Y(t), Z(t)]$ , с учетом уравнений картографического проектирования  $x=\Phi_x[\varphi(t), \lambda(t)]$ ,  $y=\Phi_y[\varphi(t), \lambda(t)]$ , где  $t$  - время съемки, однозначно определяемое по номеру элемента сканерного изображения  $(m, n)$ ,  $t=f(m, n)$ ;  $\varphi, \lambda$  - геодезические координаты пиксела с номером  $[m, n]$ , формируется математическая модель, описывающая связь плоскостных и картографических координат сканерного изображения  $x=F_x[\Phi_x, r(t), \Omega(t), R(t)]$ ,  $y=F_y[\Phi_y, r(t), \Omega(t), R(t)]$ . Геометрическое трансформирование исходного изображения  $b(m, n)$  в новое сканерное изображение  $d(x, y)$  с размером пиксела, соответствующим пространственному разрешению цифрового фотоаппарата, и известными геодезическими и картографическими координатами представленных на нем объектов осуществляется с помощью компьютерной программы, на основе математических функций  $F_x, F_y$ .

Далее выбирают первый кадр  $k_1(m^*, n^*)$  цифрового фотоаппарата и с помощью процедуры корреляционно-экстремального анализа на этом кадре и новом сканером изображений  $d(x, y)$  находят несколько участков с отображенными на них одноименными объектами. Определяют взаимно корреляционные функции, аргументы которых характеризуют рассогласование местоположений отображенных на изображениях одноименных объектов.

На основе вычисленных аргументов рассогласований координат одноименных объектов с помощью метода наименьших квадратов определяют функции геометрического соответствия изображений  $k_1(m^*, n^*)$  и  $d(x, y)$ . Осуществляют минимизацию рассогласований координат одноименных объектов путем геометрического трансформирования изображения  $k_1(m^*, n^*)$  в плоскость изображения  $d(x, y)$  с тем, чтобы совместить образы отображенных на изображениях одноименных объектов.

В результате полученного геометрического трансформирования получают первый кадр высокого пространственного разрешения с известными географическими координатами отображенных на нем объектов земной поверхности и линий электрических сетей. После этого выбирают следующий кадр  $k_2(m^*, n^*)$  и процесс геометрического совмещения с изображением  $d(x, y)$  повторяется. После совмещения и геопривязки K-го кадра получают серию перекрывающихся геопривязанных кадров, которые объединяют в одно общее двухслойное изображение  $I(x, y)$ . Первый слой содержит четкое и контрастное цветное изображение видимого спектрального диапазона, а второй, температурный слой, содержит соответствующие первому слою пиксели тепловизионного кадра.

При анализе контролируемых объектов электрических сетей на экране компьютера отображается первый слой совмещенного изображения, а температурные характеристики представленных на нем объектов считываются со второго, температурного слоя.

На фиг.3 приведено геопривязанное изображение высокого разрешения, содержащее линии электропередачи 110 кВ. Изображение получено в результате совместной обработки кадров цифрового фотоаппарата DX1 с изображением, сформированным самолетным сканером EAGLE, который имеет по отношению к фотоаппарату в 10 раз худшее пространственное разрешение.

Заявленный способ реализуется с помощью любого цифрового фотоаппарата, например DX1, а также самолетного сканера, например EAGLE. Обработка полученных изображений осуществляется при помощи компьютерных средств, состоящих, например из IBM/PC совместимого компьютера необходимым периферийным оборудованием, а также программного обеспечения, алгоритм функционирования которого приведен в описании.

Применение заявленного способа при воздушном обследовании линий электропередачи позволяет получать геопривязанные снимки с пространственным разрешением порядка 0,05-0,15 м и известными температурными параметрами объектов электрических сетей.

#### Формула изобретения

Способ дистанционного обследования объектов электрических сетей с помощью тепловидеосъемочного устройства, содержащий следующие операции:

а) с летательного аппарата выполняют съемку линий электропередачи с помощью тепловизионного сканера низкого разрешения, сопряженного с навигационным GPS-приемником и системой измерения ориентации самолета, а также цифрового фотоаппарата с высоким пространственным разрешением, имеющим совмещенную со сканером полосу обзора;

б) результаты съемки, представленные в виде непрерывного сканерного изображения и серии перекрывающихся кадров цифрового фотоаппарата, передают на компьютер и сохраняют их в памяти компьютера;

в) с помощью компьютерных средств на основе априорной информации о параметрах перемещения визирующего луча сканера и передаваемых в составе сканерного изображения углах ориентации и пространственных координат летательного аппарата вычисляют географические и картографические координаты пикселей сканерного снимка;

г) с помощью компьютерных средств выполняют геометрическое трансформирование сканерного изображения в картографическую проекцию с размером пиксела, соответствующего разрешению цифрового фотоаппарата;

д) по результатам геометрического трансформирования с помощью компьютерных средств получают новое сканерное изображение с известными географическими и картографическими координатами пикселей и записывают его в память компьютера;

е) из указанной серии перекрывающихся кадров цифрового фотоаппарата с помощью компьютерных средств выбирают первый кадр и с помощью процедуры корреляционно-экстремального анализа на этом кадре и новом сканерном изображении находят несколько участков с отображенными на них одноименными объектами и для каждой пары  
5 одноименных найденных участков изображений определяют взаимно корреляционные функции, аргументы которых характеризуют рассогласование местоположений отображенных на изображениях одноименных объектов;

ж) с помощью компьютерных средств минимизируют рассогласование местоположений отображенных на изображениях одноименных объектов и в результате минимизации  
10 рассогласования получают первый кадр высокого пространственного разрешения с известными географическими координатами отображенных на нем объектов линий электрических сетей и сохраняют его в памяти компьютера;

з) последовательность операций с (е) по (ж) повторяют с каждым следующим кадром серии перекрывающихся кадров цифрового фотоаппарата до совмещения последнего  
15 кадра серии;

и) полученную серию перекрывающихся геопривязанных кадров с помощью компьютерных средств объединяют в одно непрерывное двухслойное изображение высокого пространственного разрешения с известной температурой представленных на нем объектов, первый слой которого содержит четкое и контрастное изображение видимого  
20 спектрального канала, а второй, температурный, слой содержит соответствующие первому слою пиксели тепловизионного снимка.

25

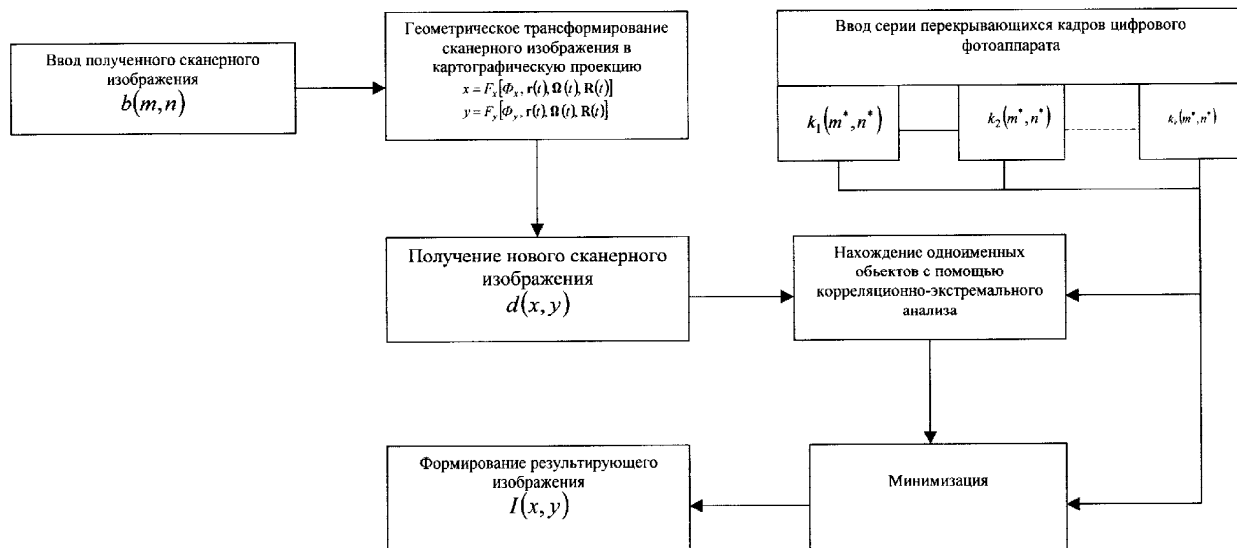
30

35

40

45

50



Фиг. 2



