



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G08G 1/04 (2021.08); G06K 9/66 (2021.08); B60R 1/00 (2021.08); G06T 7/33 (2021.08); G06T 7/80 (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2021103617, 12.02.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
12.02.2021Дата регистрации:  
16.12.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.02.2021

(45) Опубликовано: 16.12.2021 Бюл. № 35

Адрес для переписки:

115230, Москва, 1-й Нагатинский пр-д, 10, стр.  
1, оф. 25, ООО "НПП "ИТЭЛМА"

(72) Автор(ы):

Ковалев Андрей Владимирович (RU),  
Савинецкий Александр Борисович (RU),  
Евсигнеев Владимир Евгеньевич (RU),  
Казарян Саркис Манукович (RU),  
Рудзитис Андрейс (LV),  
Родионов Илья Дмитриевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью  
"Научно-производственное предприятие  
"ИТЭЛМА" (ООО "НПП "ИТЭЛМА") (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: "ПОИСК ТОЧКИ СХОДА ДЛЯ  
ДИНАМИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКИ  
ВНЕШНИХ ПАРАМЕТРОВ  
МОНОКУЛЯРНОЙ КАМЕРЫ ПРИ  
УСЛОВИИ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО  
ДВИЖЕНИЯ", журнал "Сенсорные системы",  
2020, Т. 34, 1, стр. 32-43. US 10904489 B2,  
26.01.2021. RU 2610137 C1, 08.02.2017.

(54) Способ калибровки камеры, установленной за лобовым стеклом на автомобиле

(57) Реферат:

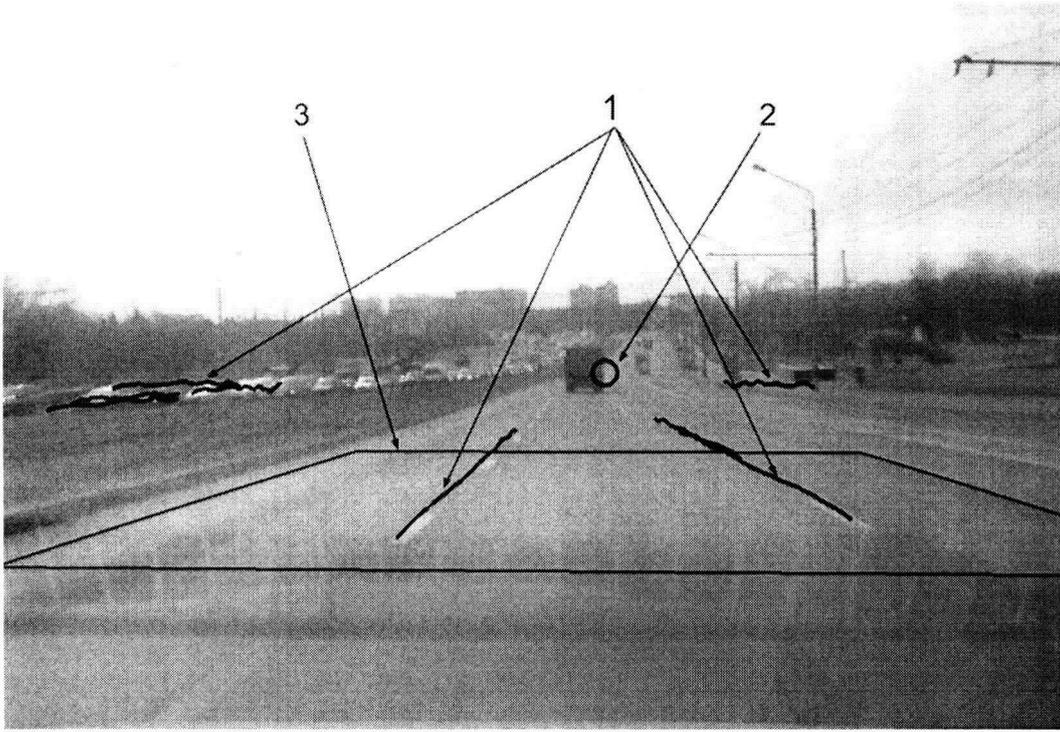
Изобретение относится к способам обеспечения безопасности движения автомобиля за счет повышения точности работы систем предупреждения водителя о смене полосы движения и об опасном сближении с впереди идущим автомобилем. Способ динамической внешней калибровки камеры на автомобиле, установленной за лобовым стеклом автомобиля и направленной вперед по ходу движения, заключается в том, что регистрируют последовательность кадров во время движения автомобиля в процессе калибровки, формируют матрицу M, в ячейках матрицы накапливают информацию о точках пересечений в так называемой точке схода, полученные траектории периодически проверяют на длину и

прямолинейность, короткие и сильно отклоняющиеся от прямой не принимают к рассмотрению, оставшиеся траектории аппроксимируют прямыми, и точки их попарного пересечения суммируют в соответствующих ячейках матрицы M, зная пиксельные координаты усредненной точки схода, определяют углы установки камеры, такие как угол тангажа (pitch) и угол рыскания (yaw).

$$\text{pitch} = \arctg\left(\frac{v_y - c_y}{f_y}\right) \quad (1)$$

$$\text{yaw} = \arctg\left(\frac{v_x - c_x}{f_x}\right) \quad (2)$$

Достигается повышение точности калибровки во время движения. 2 ил.



представлено изображение одного кадра, который обрабатывается в  
вычислительном блоке

Фиг. 1

RU 2762201 C1

RU 2762201 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G08G 1/04* (2006.01)  
*G06K 9/66* (2006.01)  
*B60R 1/00* (2006.01)  
*G06T 7/33* (2017.01)  
*G06T 7/80* (2017.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*G08G 1/04 (2021.08); G06K 9/66 (2021.08); B60R 1/00 (2021.08); G06T 7/33 (2021.08); G06T 7/80 (2021.08)*

(21)(22) Application: **2021103617, 12.02.2021**

(24) Effective date for property rights:  
**12.02.2021**

Registration date:  
**16.12.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **12.02.2021**

(45) Date of publication: **16.12.2021 Bull. № 35**

Mail address:

**115230, Moskva, 1-j Nagatinskij pr-d, 10, str. 1, of. 25, OOO "NPP "ITELMA"**

(72) Inventor(s):

**Kovalev Andrej Vladimirovich (RU),  
Savinetskij Aleksandr Borisovich (RU),  
Evsigineev Vladimir Evgenevich (RU),  
Kazaryan Sarkis Manukovich (RU),  
Rudzitis Andrejs (LV),  
Rodionov Iliya Dmitrievich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu  
"Nauchno-proizvodstvennoe predpriyatie  
"ITELMA" (OOO "NPP "ITELMA") (RU)**

(54) **METHOD FOR CALIBRATION OF THE CAMERA INSTALLED BEHIND THE WINDSCREEN ON THE CAR**

(57) Abstract:

FIELD: traffic safety.

SUBSTANCE: invention relates to methods for ensuring the safety of driving a car by increasing the accuracy of the driver's warning systems about changing lanes and about a dangerous approach to the car in front. The method for dynamic external calibration of the camera on the car, installed behind the windscreen of the car and directed forward in the direction of movement, is that a sequence of frames is recorded during the movement of the car during calibration, a matrix M is formed, information about the intersection points in the so-called vanishing point is accumulated in the matrix cells, the obtained trajectories are periodically checked for length and straightness, short and strongly deviating from the

straight line are not taken into consideration, the remaining trajectories are approximated by straight lines, and the points of their pairwise intersection are summed up in the corresponding cells of the matrix M, knowing the pixel coordinates of the averaged vanishing point, the camera installation angles are determined, such as the pitch angle and yaw angle.

$$pitch = \arctg\left(\frac{V_y - C_y}{f_y}\right) \quad (1)$$

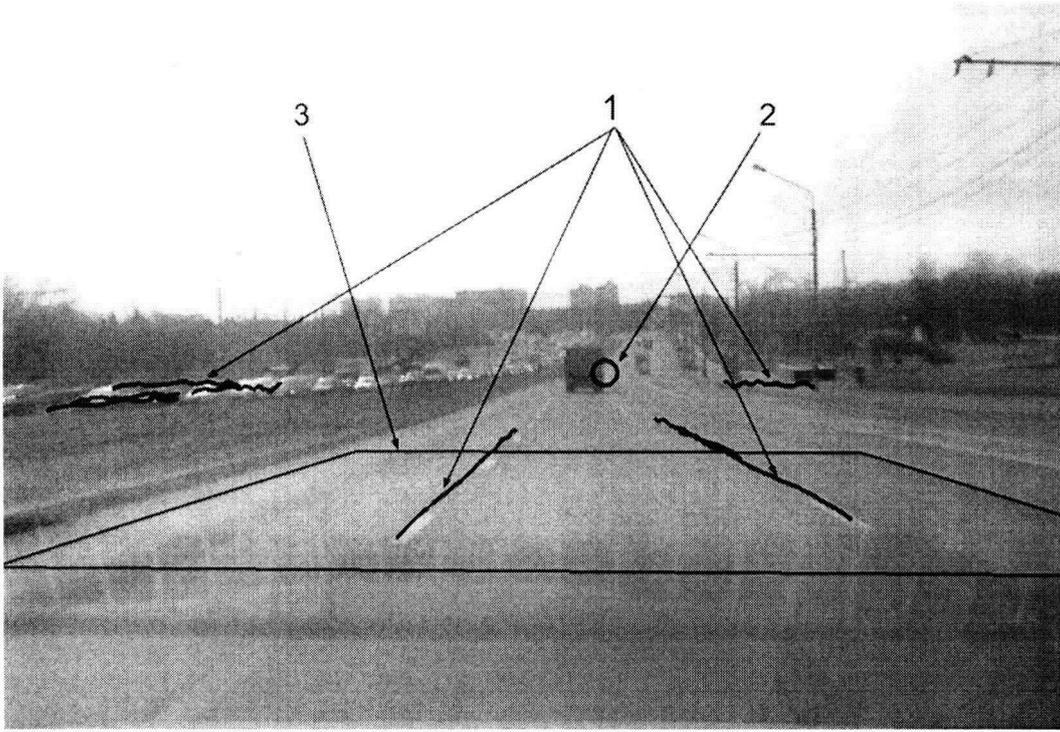
$$yaw = \arctg\left(\frac{V_x - C_x}{f_x}\right) \quad (2)$$

EFFECT: improved calibration accuracy is achieved while driving.

1 cl, 2 dwg

RU 2 762 201 C1

RU 2 762 201 C1



представлено изображение одного кадра, который обрабатывается в  
вычислительном блоке

Фиг. 1

RU 2762201 C1

RU 2762201 C1

Изобретение относится к калибровке камеры, установленной за лобовым стеклом автомобиля и направленной вперед по ходу движения. Такая камера используется в системах помощи водителю для выдачи предупреждений при смене полосы движения, при опасном сближении с впереди идущим автомобилем, а также для управления переключением ближнего и дальнего света фар. Для правильной оценки расстояния до объектов и их положения на дороге системам помощи водителю необходимо знать внешние параметры калибровки камеры, такие как углы ее установки относительно продольной оси автомобиля.

Известные способы определения внешних параметров камеры основаны на использовании калибровочных стендов (1. Zhang Z. A flexible new technique for camera calibration // IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. - 2000. - Т. 22. - № 11. - С. 1330-1334). Основным недостатком данных способов является требование трудоемкой процедуры установки стенда перед автомобилем и предварительной точной внутренней калибровки камеры.

Переустановка камеры на лобовое стекло автомобиля вносит некоторые погрешности, ухудшающие точность ее калибровки.

Задачей описываемого изобретения является проведение внешней калибровки уже установленной камеры за лобовым стеклом в режиме реального времени при прямолинейном движении автомобиля, что позволяет улучшить надежность и точность калибровки во время движения.

Описываемый способ позволяет провести внешнюю калибровку камеры в режиме реального времени при прямолинейном движении автомобиля. Процесс калибровки не требует использования дополнительных стендов или мишеней. Калибровка должна проводиться в светлое время суток в условиях хорошей видимости при отсутствии тумана и осадков в виде дождя и снега.

Для реализации задачи в способе динамической внешней калибровки камеры на автомобиле, установленной за лобовым стеклом автомобиля и направленной вперед по ходу движения, регистрируют последовательность кадров, получаемых камерой во время движения автомобиля в процессе калибровки, формируют матрицу  $M$ , с ячейками, в которых накапливают информацию о точках пересечений траекторий особых точек в так называемой точке схода, полученные траектории периодически проверяют на длину и прямолинейность, короткие и сильно отклоняющиеся от прямой не принимают к рассмотрению, оставшиеся траектории аппроксимируют прямыми, и точки их попарного пересечения суммируют в соответствующих ячейках матрицы  $M$ , зная пиксельные координаты усредненной точки схода определяют углы установки камеры, такие как угол тангажа ( $pitch$ ) и угол рыскания ( $yaw$ ).

$$pitch = \arctg\left(\frac{V_y - C_y}{f_y}\right) \quad (1)$$

$$yaw = \arctg\left(\frac{V_x - C_x}{f_x}\right) \quad (2)$$

где  $V_x, V_y$  – пиксельные координаты точки схода,  
 $C_x, C_y$  – оптический центр камеры,  
 $f_x, f_y$  – фокусное расстояние камеры в пикселях, при этом угол крена ( $roll$ ) устанавливается равным нулю, что соблюдается при установке камеры.

Изобретение поясняется чертежом, где на фиг. 1 представлено изображение одного кадра, который обрабатывается в вычислительном блоке.

На фиг. 2 представлено изображение выделенной области дорожного полотна при виде сверху.

Далее описывается перечень действий в режиме калибровки. На поступающих кадрах алгоритм трекинга отслеживает особые точки. Это могут быть точки, расположенные как на дорожном полотне, так и на стационарных объектах, рядом с дорогой. В качестве  
 5  
 10  
 15  
 20  
 25  
 30  
 35  
 40  
 45  
 50  
 55  
 60  
 65  
 70  
 75  
 80  
 85  
 90  
 95  
 100  
 105  
 110  
 115  
 120  
 125  
 130  
 135  
 140  
 145  
 150  
 155  
 160  
 165  
 170  
 175  
 180  
 185  
 190  
 195  
 200  
 205  
 210  
 215  
 220  
 225  
 230  
 235  
 240  
 245  
 250  
 255  
 260  
 265  
 270  
 275  
 280  
 285  
 290  
 295  
 300  
 305  
 310  
 315  
 320  
 325  
 330  
 335  
 340  
 345  
 350  
 355  
 360  
 365  
 370  
 375  
 380  
 385  
 390  
 395  
 400  
 405  
 410  
 415  
 420  
 425  
 430  
 435  
 440  
 445  
 450  
 455  
 460  
 465  
 470  
 475  
 480  
 485  
 490  
 495  
 500  
 505  
 510  
 515  
 520  
 525  
 530  
 535  
 540  
 545  
 550  
 555  
 560  
 565  
 570  
 575  
 580  
 585  
 590  
 595  
 600  
 605  
 610  
 615  
 620  
 625  
 630  
 635  
 640  
 645  
 650  
 655  
 660  
 665  
 670  
 675  
 680  
 685  
 690  
 695  
 700  
 705  
 710  
 715  
 720  
 725  
 730  
 735  
 740  
 745  
 750  
 755  
 760  
 765  
 770  
 775  
 780  
 785  
 790  
 795  
 800  
 805  
 810  
 815  
 820  
 825  
 830  
 835  
 840  
 845  
 850  
 855  
 860  
 865  
 870  
 875  
 880  
 885  
 890  
 895  
 900  
 905  
 910  
 915  
 920  
 925  
 930  
 935  
 940  
 945  
 950  
 955  
 960  
 965  
 970  
 975  
 980  
 985  
 990  
 995

При идеальном прямолинейном движении автомобиля траектории этих точек на кадре представляют из себя пересекающиеся прямые, которые соответствуют параллельным траекториям этих точек в системе координат автомобиля. На кадре эти прямые пересекаются в так называемой точке схода, зная пиксельные координаты усредненной точки схода, можно определить по формулам (1) и (2) углы установки  
 15  
 20  
 25  
 30  
 35  
 40  
 45  
 50  
 55  
 60  
 65  
 70  
 75  
 80  
 85  
 90  
 95  
 100  
 105  
 110  
 115  
 120  
 125  
 130  
 135  
 140  
 145  
 150  
 155  
 160  
 165  
 170  
 175  
 180  
 185  
 190  
 195  
 200  
 205  
 210  
 215  
 220  
 225  
 230  
 235  
 240  
 245  
 250  
 255  
 260  
 265  
 270  
 275  
 280  
 285  
 290  
 295  
 300  
 305  
 310  
 315  
 320  
 325  
 330  
 335  
 340  
 345  
 350  
 355  
 360  
 365  
 370  
 375  
 380  
 385  
 390  
 395  
 400  
 405  
 410  
 415  
 420  
 425  
 430  
 435  
 440  
 445  
 450  
 455  
 460  
 465  
 470  
 475  
 480  
 485  
 490  
 495  
 500  
 505  
 510  
 515  
 520  
 525  
 530  
 535  
 540  
 545  
 550  
 555  
 560  
 565  
 570  
 575  
 580  
 585  
 590  
 595  
 600  
 605  
 610  
 615  
 620  
 625  
 630  
 635  
 640  
 645  
 650  
 655  
 660  
 665  
 670  
 675  
 680  
 685  
 690  
 695  
 700  
 705  
 710  
 715  
 720  
 725  
 730  
 735  
 740  
 745  
 750  
 755  
 760  
 765  
 770  
 775  
 780  
 785  
 790  
 795  
 800  
 805  
 810  
 815  
 820  
 825  
 830  
 835  
 840  
 845  
 850  
 855  
 860  
 865  
 870  
 875  
 880  
 885  
 890  
 895  
 900  
 905  
 910  
 915  
 920  
 925  
 930  
 935  
 940  
 945  
 950  
 955  
 960  
 965  
 970  
 975  
 980  
 985  
 990  
 995

В реальных условиях автомобиль движется не прямолинейно и подвержен небольшим раскачиванием, что приводит к тому, что траектории особых точек не являются прямыми, пересекающимися в точке схода. Для оценки положения точки схода формируется матрица  $M$ , с размерами равными размеру кадра, в ячейках накапливается информация о точках пересечений. Полученные траектории периодически проверяются  
 20  
 25  
 30  
 35  
 40  
 45  
 50  
 55  
 60  
 65  
 70  
 75  
 80  
 85  
 90  
 95  
 100  
 105  
 110  
 115  
 120  
 125  
 130  
 135  
 140  
 145  
 150  
 155  
 160  
 165  
 170  
 175  
 180  
 185  
 190  
 195  
 200  
 205  
 210  
 215  
 220  
 225  
 230  
 235  
 240  
 245  
 250  
 255  
 260  
 265  
 270  
 275  
 280  
 285  
 290  
 295  
 300  
 305  
 310  
 315  
 320  
 325  
 330  
 335  
 340  
 345  
 350  
 355  
 360  
 365  
 370  
 375  
 380  
 385  
 390  
 395  
 400  
 405  
 410  
 415  
 420  
 425  
 430  
 435  
 440  
 445  
 450  
 455  
 460  
 465  
 470  
 475  
 480  
 485  
 490  
 495  
 500  
 505  
 510  
 515  
 520  
 525  
 530  
 535  
 540  
 545  
 550  
 555  
 560  
 565  
 570  
 575  
 580  
 585  
 590  
 595  
 600  
 605  
 610  
 615  
 620  
 625  
 630  
 635  
 640  
 645  
 650  
 655  
 660  
 665  
 670  
 675  
 680  
 685  
 690  
 695  
 700  
 705  
 710  
 715  
 720  
 725  
 730  
 735  
 740  
 745  
 750  
 755  
 760  
 765  
 770  
 775  
 780  
 785  
 790  
 795  
 800  
 805  
 810  
 815  
 820  
 825  
 830  
 835  
 840  
 845  
 850  
 855  
 860  
 865  
 870  
 875  
 880  
 885  
 890  
 895  
 900  
 905  
 910  
 915  
 920  
 925  
 930  
 935  
 940  
 945  
 950  
 955  
 960  
 965  
 970  
 975  
 980  
 985  
 990  
 995

Периодически максимальный элемент в матрице  $M$  сравнивается с экспериментально найденным порогом, и при превышении данного порога процесс калибровки  
 30  
 35  
 40  
 45  
 50  
 55  
 60  
 65  
 70  
 75  
 80  
 85  
 90  
 95  
 100  
 105  
 110  
 115  
 120  
 125  
 130  
 135  
 140  
 145  
 150  
 155  
 160  
 165  
 170  
 175  
 180  
 185  
 190  
 195  
 200  
 205  
 210  
 215  
 220  
 225  
 230  
 235  
 240  
 245  
 250  
 255  
 260  
 265  
 270  
 275  
 280  
 285  
 290  
 295  
 300  
 305  
 310  
 315  
 320  
 325  
 330  
 335  
 340  
 345  
 350  
 355  
 360  
 365  
 370  
 375  
 380  
 385  
 390  
 395  
 400  
 405  
 410  
 415  
 420  
 425  
 430  
 435  
 440  
 445  
 450  
 455  
 460  
 465  
 470  
 475  
 480  
 485  
 490  
 495  
 500  
 505  
 510  
 515  
 520  
 525  
 530  
 535  
 540  
 545  
 550  
 555  
 560  
 565  
 570  
 575  
 580  
 585  
 590  
 595  
 600  
 605  
 610  
 615  
 620  
 625  
 630  
 635  
 640  
 645  
 650  
 655  
 660  
 665  
 670  
 675  
 680  
 685  
 690  
 695  
 700  
 705  
 710  
 715  
 720  
 725  
 730  
 735  
 740  
 745  
 750  
 755  
 760  
 765  
 770  
 775  
 780  
 785  
 790  
 795  
 800  
 805  
 810  
 815  
 820  
 825  
 830  
 835  
 840  
 845  
 850  
 855  
 860  
 865  
 870  
 875  
 880  
 885  
 890  
 895  
 900  
 905  
 910  
 915  
 920  
 925  
 930  
 935  
 940  
 945  
 950  
 955  
 960  
 965  
 970  
 975  
 980  
 985  
 990  
 995

Полученные углы установки камеры используются для получения вида сверху (фиг. 2), с целью преобразования области дорожного полотна в виде трапеции 3 (фиг. 1). После преобразования получают полосы дорожной разметки 4, направленные параллельно вдоль линии движения автомобиля (см. фиг. 2), что свидетельствует о  
 40  
 45  
 50  
 55  
 60  
 65  
 70  
 75  
 80  
 85  
 90  
 95  
 100  
 105  
 110  
 115  
 120  
 125  
 130  
 135  
 140  
 145  
 150  
 155  
 160  
 165  
 170  
 175  
 180  
 185  
 190  
 195  
 200  
 205  
 210  
 215  
 220  
 225  
 230  
 235  
 240  
 245  
 250  
 255  
 260  
 265  
 270  
 275  
 280  
 285  
 290  
 295  
 300  
 305  
 310  
 315  
 320  
 325  
 330  
 335  
 340  
 345  
 350  
 355  
 360  
 365  
 370  
 375  
 380  
 385  
 390  
 395  
 400  
 405  
 410  
 415  
 420  
 425  
 430  
 435  
 440  
 445  
 450  
 455  
 460  
 465  
 470  
 475  
 480  
 485  
 490  
 495  
 500  
 505  
 510  
 515  
 520  
 525  
 530  
 535  
 540  
 545  
 550  
 555  
 560  
 565  
 570  
 575  
 580  
 585  
 590  
 595  
 600  
 605  
 610  
 615  
 620  
 625  
 630  
 635  
 640  
 645  
 650  
 655  
 660  
 665  
 670  
 675  
 680  
 685  
 690  
 695  
 700  
 705  
 710  
 715  
 720  
 725  
 730  
 735  
 740  
 745  
 750  
 755  
 760  
 765  
 770  
 775  
 780  
 785  
 790  
 795  
 800  
 805  
 810  
 815  
 820  
 825  
 830  
 835  
 840  
 845  
 850  
 855  
 860  
 865  
 870  
 875  
 880  
 885  
 890  
 895  
 900  
 905  
 910  
 915  
 920  
 925  
 930  
 935  
 940  
 945  
 950  
 955  
 960  
 965  
 970  
 975  
 980  
 985  
 990  
 995

Таким образом описываемый способ позволяет провести внешнюю калибровку камеры в режиме реального времени при прямолинейном движении автомобиля.

#### (57) Формула изобретения

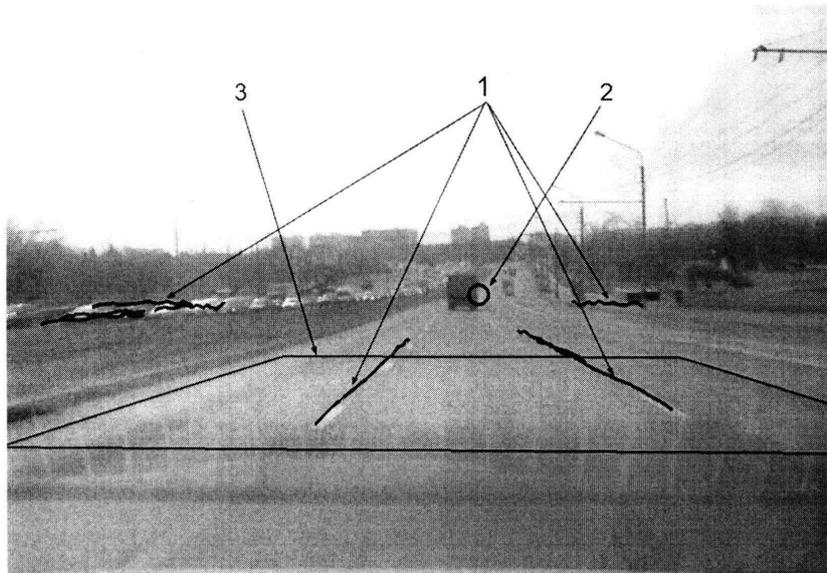
Способ динамической внешней калибровки камеры на автомобиле, установленной за лобовым стеклом автомобиля и направленной вперед по ходу движения, заключающийся в том, что определяют углы установки камеры относительно продольной оси автомобиля, отличающийся тем, что регистрируют последовательность  
 45  
 50  
 55  
 60  
 65  
 70  
 75  
 80  
 85  
 90  
 95  
 100  
 105  
 110  
 115  
 120  
 125  
 130  
 135  
 140  
 145  
 150  
 155  
 160  
 165  
 170  
 175  
 180  
 185  
 190  
 195  
 200  
 205  
 210  
 215  
 220  
 225  
 230  
 235  
 240  
 245  
 250  
 255  
 260  
 265  
 270  
 275  
 280  
 285  
 290  
 295  
 300  
 305  
 310  
 315  
 320  
 325  
 330  
 335  
 340  
 345  
 350  
 355  
 360  
 365  
 370  
 375  
 380  
 385  
 390  
 395  
 400  
 405  
 410  
 415  
 420  
 425  
 430  
 435  
 440  
 445  
 450  
 455  
 460  
 465  
 470  
 475  
 480  
 485  
 490  
 495  
 500  
 505  
 510  
 515  
 520  
 525  
 530  
 535  
 540  
 545  
 550  
 555  
 560  
 565  
 570  
 575  
 580  
 585  
 590  
 595  
 600  
 605  
 610  
 615  
 620  
 625  
 630  
 635  
 640  
 645  
 650  
 655  
 660  
 665  
 670  
 675  
 680  
 685  
 690  
 695  
 700  
 705  
 710  
 715  
 720  
 725  
 730  
 735  
 740  
 745  
 750  
 755  
 760  
 765  
 770  
 775  
 780  
 785  
 790  
 795  
 800  
 805  
 810  
 815  
 820  
 825  
 830  
 835  
 840  
 845  
 850  
 855  
 860  
 865  
 870  
 875  
 880  
 885  
 890  
 895  
 900  
 905  
 910  
 915  
 920  
 925  
 930  
 935  
 940  
 945  
 950  
 955  
 960  
 965  
 970  
 975  
 980  
 985  
 990  
 995

кадров, получаемых камерой во время движения автомобиля в процессе калибровки, формируют из них матрицу  $M$ , в ячейках которой накапливают информацию о точках пересечений траекторий особых точек в так называемой точке схода, полученные траектории периодически проверяют на длину и прямолинейность, короткие и сильно отклоняющиеся от прямой не принимают к рассмотрению, оставшиеся траектории аппроксимируют прямыми, и точки их попарного пересечения суммируют в соответствующих ячейках матрицы  $M$ , зная пиксельные координаты усредненной точки схода, определяют углы установки камеры, такие как угол тангажа (*pitch*) и угол рыскания (*yaw*),

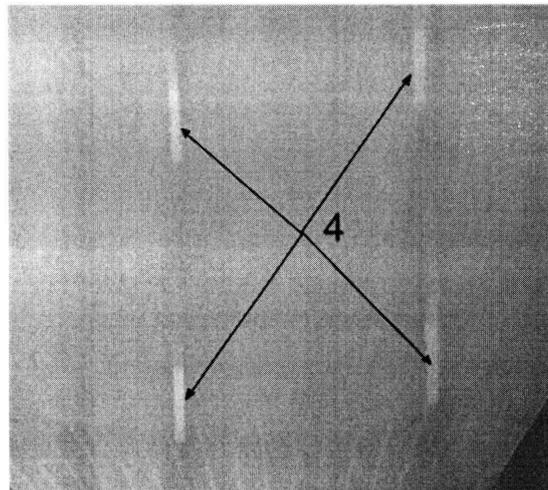
$$pitch = \arctg\left(\frac{V_y - C_y}{f_y}\right)$$

$$yaw = \arctg\left(\frac{V_x - C_x}{f_x}\right)$$

где  $V_x, V_y$  – пиксельные координаты точки схода,  
 $C_x, C_y$  – оптический центр камеры,  
 $f_x, f_y$  – фокусное расстояние камеры в пикселях, при этом угол крена (*roll*) принимается равным нулю, что соблюдается при установке камеры.



Фиг.1 - представлено изображение одного кадра, который обрабатывается в вычислительном блоке



Фиг.2 - представлено изображение выделенной области дорожного полотна при виде сверху