



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B07C 5/342 (2019.05); B07C 5/3422 (2019.05); B07C 5/3425 (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2019108157, 21.03.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.03.2019Дата регистрации:
09.09.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.03.2019

(45) Опубликовано: 09.09.2019 Бюл. № 25

Адрес для переписки:

197350, Санкт-Петербург, ул. Лётчика
Паршина, 3, стр. 1, АО "ИЦ"Буревестник",
начальнику отдела 640 Пронищеву В.А.

(72) Автор(ы):

Бубырь Евгений Васильевич (RU),
Казakov Леонид Васильевич (RU),
Козлов Григорий Борисович (RU),
Куприянов Сергей Николаевич (RU),
Лущенко Владимир Ильич (RU),
Мигунов Геннадий Александрович (RU),
Устинов Максим Константинович (RU),
Цветков Владимир Иосифович (RU),
Бахвалов Юрий Николаевич (RU),
Потапов Алексей Геннадьевич (RU),
Алексеев Валерий Рафкатович (RU),
Поповский Максим Владимирович (RU),
Царева Екатерина Викторовна (RU),
Гинжул Александр Вячеславович (RU),
Осичев Алексей Николаевич (RU),
Местников Александр Викторович (RU),
Окоемов Юрий Константинович (RU),
Худова Людмила Ионовна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

АО "ИЦ "Буревестник" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2424859 C1, 27.07.2011. RU
2615625 C1, 05.04.2017. US 5799105 A1,
25.08.1998. US 20120055855 A1, 08.03.2012.

(54) СПОСОБ СОРТИРОВКИ ОБЪЕКТОВ ПО ИХ ЦВЕТОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

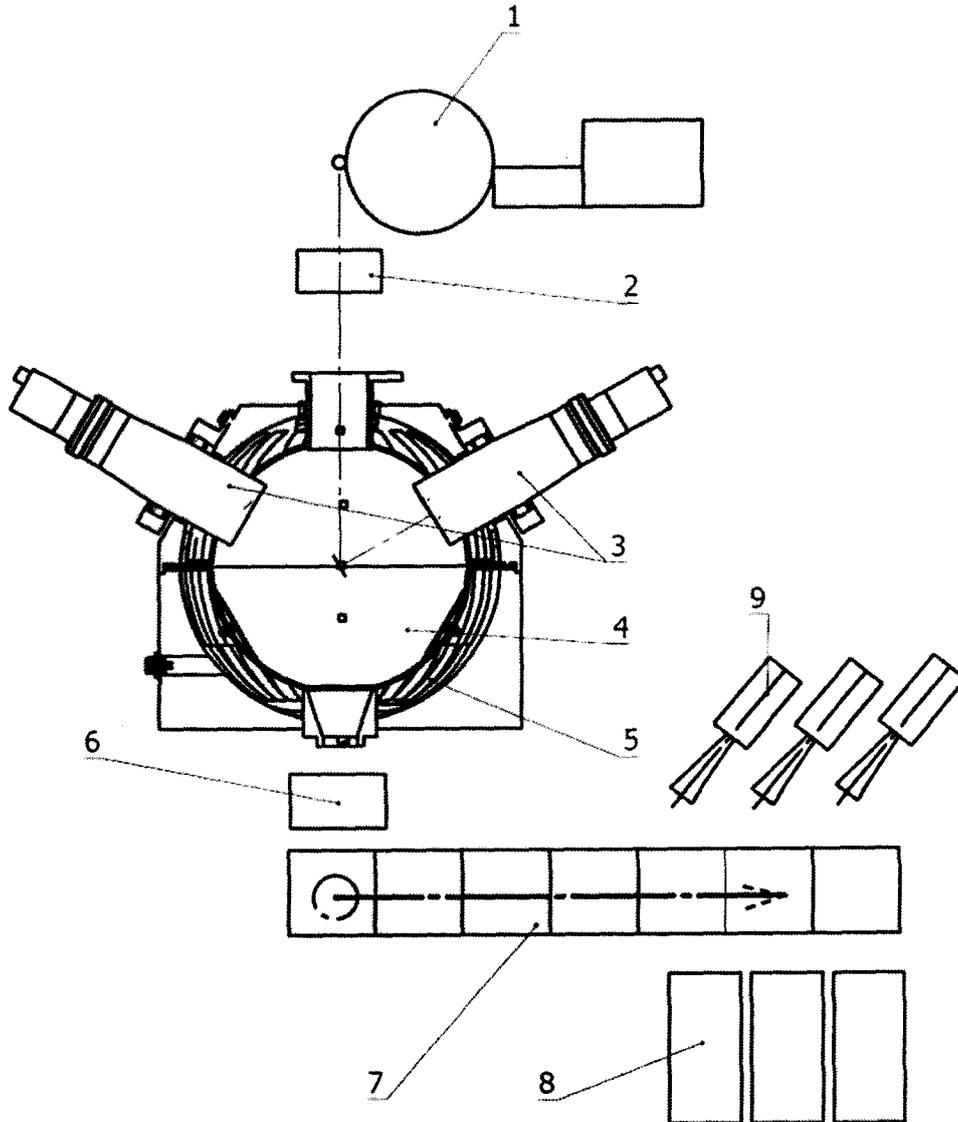
(57) Реферат:

Изобретение относится к способам сортировки различных объектов на ограниченное количество классов в соответствии с их цветовыми характеристиками. Основное применение изобретение находит для процессов сортировки (разбраковки) драгоценных камней по их цвету, прежде всего алмазного сырья. Способ включает в себя этапы, на которых осуществляют организацию транспортирования последовательности объектов специальным устройством через зону наблюдения, освещение индивидуально каждого проходящего зону

наблюдения объекта, регистрацию отраженного и/или прошедшего через объект электромагнитного излучения в виде электрических сигналов, преобразование и обработку полученных сигналов в цифровую форму, анализ этой информации в вычислительном устройстве на предмет соответствия заранее установленной системе параметров, определяющих принадлежность объекта к определенному классу, принятие решения и выдачу команды на исполнительный механизм о перемещении объекта в

соответствующий бункер - накопитель объектов одного из классов по избранной классификации. Отличительными признаками способа является предварительное получение статистически достоверной классифицирующей модели или правила для принятия решения о принадлежности объекта к тому или иному классу, анализ признаков классов по их значимости и влиянию на классифицирующее правило и использование методологии теории многомерной аппроксимации

и интерполяции, что обеспечивает оптимальное сочетание высокой скорости выполнения программной реализации алгоритмов решения задачи классификации с одновременным снижением доли неклассифицированных объектов в общем их количестве за счет меньшей вероятности ошибок идентификации по сравнению с известными способами. 1 з.п. ф-лы, 1 ил.



Фиг. 1

RU 2699751 C1

RU 2699751 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

B07C 5/342 (2019.05); B07C 5/3422 (2019.05); B07C 5/3425 (2019.05)(21)(22) Application: **2019108157, 21.03.2019**(24) Effective date for property rights:
21.03.2019Registration date:
09.09.2019

Priority:

(22) Date of filing: **21.03.2019**(45) Date of publication: **09.09.2019** Bull. № 25

Mail address:

**197350, Sankt-Peterburg, ul. Letchika Parshina, 3,
str. 1, AO "ITS"Burevestnik", nachalniku otdela
640 Pronichevu V.A.**

(72) Inventor(s):

**Bubyr Evgenij Vasilevich (RU),
Kazakov Leonid Vasilevich (RU),
Kozlov Grigorij Borisovich (RU),
Kupriyanov Sergej Nikolaevich (RU),
Lushchenko Vladimir Ilich (RU),
Migunov Gennadij Aleksandrovich (RU),
Ustinov Maksim Konstantinovich (RU),
Tsvetkov Vladimir Iosifovich (RU),
Bakhvalov Yuriy Nikolaevich (RU),
Potapov Aleksey Gennadevich (RU),
Alekseev Valerij Rafkatovich (RU),
Popovskij Maksim Vladimirovich (RU),
Tsareva Ekaterina Viktorovna (RU),
Ginzbul Aleksandr Vyacheslavovich (RU),
Osichev Aleksey Nikolaevich (RU),
Mestnikov Aleksandr Viktorovich (RU),
Okoemov Yuriy Konstantinovich (RU),
Khudova Lyudmila Ionovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

AO "ITS "Burevestnik" (RU)(54) **METHOD OF SORTING OBJECTS BY THEIR COLOUR CHARACTERISTICS**

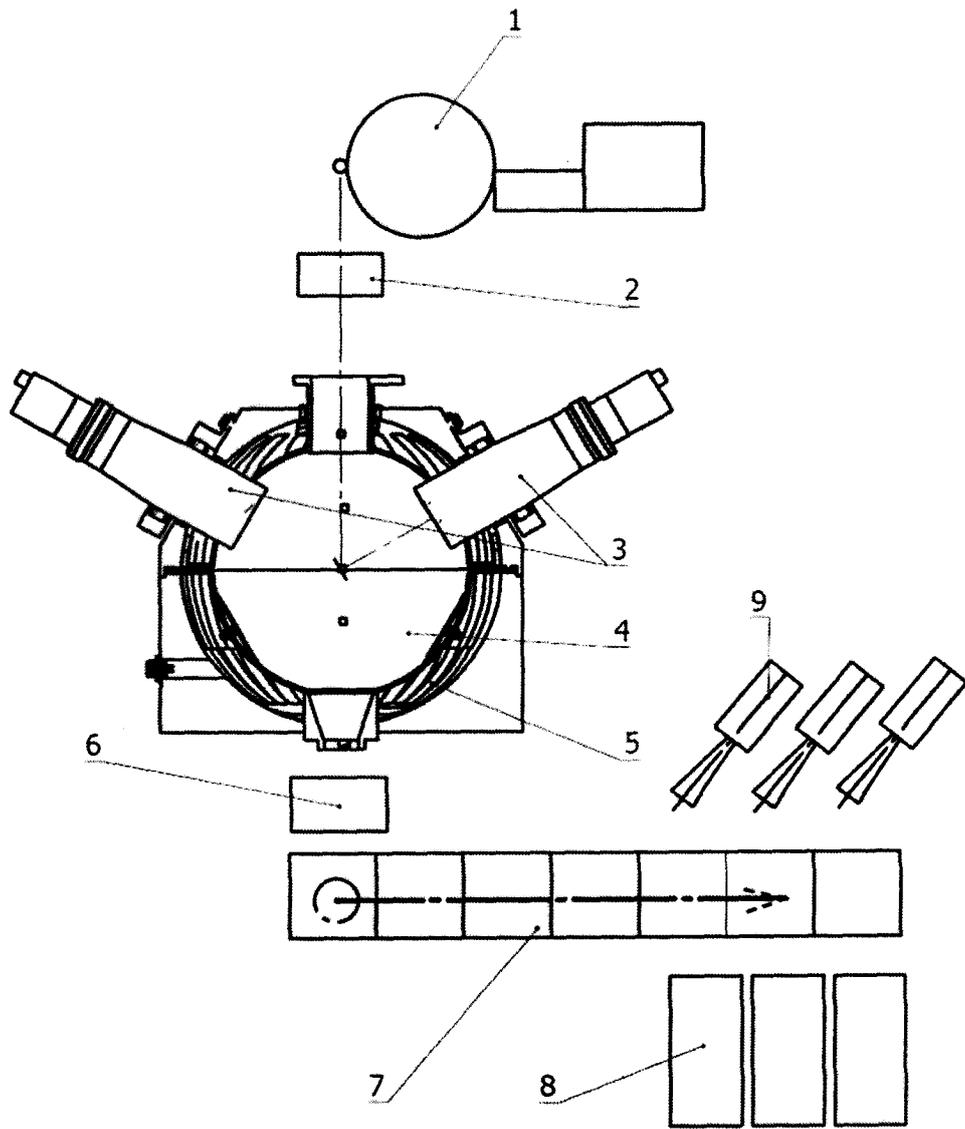
(57) Abstract:

FIELD: transportation.

SUBSTANCE: invention relates to methods of sorting different objects into a limited number of classes in accordance with their colour characteristics. Main application of invention is found in processes of sorting precious stones by their colour, first of all, diamond material. Method includes stages, at which transportation of a sequence of objects is carried out by a special device through a surveillance zone, lighting of each object passing the observation zone individually, recording reflected and / or transmitted electromagnetic radiation in the form of electric signals, conversion and processing of obtained signals into digital form, analysis of said information in computing device for compliance with predetermined system parameters determining object belonging to a certain class, making a decision

and issuing a command to the actuator about movement of the object to the corresponding hopper – accumulator of objects of one of the classes according to the selected classification. Distinctive features of the method are preliminary obtaining statistically reliable classification model or rule for decision on belonging of object to this or that class, analysis of features of classes by their significance and effect on classifying rule and use of methodology of the theory of multidimensional approximation and interpolation.

EFFECT: provides optimum combination of high rate of execution of program implementation of algorithms for solving classification problem with simultaneous reduction of percentage of unclassified objects in their total number due to lower probability of identification errors compared to existing methods.



Фиг. 1

RU 2699751 C1

RU 2699751 C1

Область техники

Изобретение относится к способам сортировки различных объектов на ограниченное количество классов в соответствии с их цветом. Основное применение изобретение находит для процессов сортировки драгоценных камней, прежде всего алмазов, по их 5 цвету и для устройств, осуществляющих эти процессы.

Предшествующий уровень техники

Известные способы сортировки объектов по цвету и иным оптическим признакам основываются на следующих общих принципах: организация транспортирования последовательности объектов специальным устройством через зону наблюдения, 10 освещение индивидуально каждого проходящего зону наблюдения объекта, регистрация отраженного или прошедшего через объект электромагнитного излучения в виде электрических сигналов, преобразование и обработка полученных сигналов в цифровую форму, анализ этой информации в вычислительном устройстве на предмет соответствия заранее установленной системе параметров, определяющих принадлежность объекта 15 к определенному классу, принятие решения и выдача команды на исполнительный механизм о перемещении объекта в соответствующий бункер - накопитель объектов одного из классов по избранной классификации.

Так, известен способ сортировки объектов в соответствии с их оптическими свойствами (патент США 4,186,838, МПК В07С 5/342), в котором может осуществляться 20 сортировка по характеристикам отраженного или прошедшего через объект излучения осветителя выбранного спектрального диапазона, то есть по цветовым характеристикам. Регистрация излучения осуществляется в процессе последовательного прохождения каждым объектом в фазе свободного падения через интегрирующую излучение объекта сферу. Устройствами для регистрации были выбраны фотоприемные устройства, как 25 минимум два фотоэлектронных умножителя (ФЭУ) с соответствующими оптическими фильтрами, обеспечивающими необходимые цветозависимые сигналы для различения сортируемых объектов по цветовым признакам. Определение наборов (критериев отнесения к цветовому классу) уровней цветозависимых сигналов при осуществлении способа проводилось на образцовых коллекциях объектов заранее известной цветовой 30 классификации. Недостатки способа проявляются при необходимости сортировки на большое число классов, нежели чем классы трех основных цветов, например. В этом случае критерии сортировки, основанные на пороговых (или интервальных) характеристиках сигналов дают существенные ошибки вследствие нестабильности во времени параметров электронных трактов регистрации и условий освещения объектов 35 в интегрирующей сфере. В способе также ограничены возможности для учета крупности (физического размера) сортируемых объектов, от которой зависят уровни сигналов фотоприемных устройств.

Известно устройство (патент США 4,951,825, МПК В07С 5/342) для автоматической сортировки по предустановленным классам зернистого материала, включая и алмазное 40 сырье. В этом устройстве средством транспортирования объектов через зону освещения - наблюдения является роторный транспортер с вакуумированными посадочными местами для размещения объектов сортировки, причем регистрация излучения от объекта ведется фотоприемными устройствами в различных спектральных диапазонах, аналогично патентному источнику, описанному выше. Классификационное решение 45 об отнесении объекта к тому или иному классу принимается вычислительным устройством также на основе системы предустановленных интервалов (уровней) сигналов фотоприемников в соответствующем спектральном диапазоне совместно с анализом погрешности определения границ этих интервалов или по критерию

минимальной суммы отклонений при неопределенности отнесения объекта к
предустановленному классу. Система или набор комбинаций уровней сигналов в
спектральных каналах устройства может быть задан аналитически или получен
эмпирически на основе изменений представительных коллекций цветowych объектов,
5 классифицированных заранее. Для учета влияния крупности объектов сортировки
используются дополнительные светодиодные источники излучения инфракрасного
диапазона, при этом погрешности нестабильности параметров измерительных трактов
по спектральным диапазонам компенсируются периодической калибровкой по
стандартам белого и черного. В этом патентном источнике описан способ, позволяющий
10 реализовать сортировку кристаллических объектов по ряду оптических характеристик
и, в частности, по цвету. Этому способу, хотя и в меньшей мере, присущи уже упомянутые
выше недостатки. Это ограниченное практически число классов сортировки (4 и один
класс для не идентифицированных объектов), принципиально не устраняемая
погрешность вследствие ярких бликов или темных дефектов на поверхности объектов,
15 ограниченное поле обзора отражающей (пропускающей) излучение поверхности,
сложная конструкция и высокие требования к аппаратуре для реализации способа.

Известен способ цветовой классификации объектов, являющийся одним из прототипов
настоящего способа (патент РФ №2468345, МПК⁵ G01N 21/85, G01J 3/51). Способ
обеспечивает возможность одновременной классификации сразу нескольких как
20 неподвижных, так и движущихся объектов при произвольном их расположении в зоне
анализа, адаптацию измерений к изменяющимся условиям идентификации объектов.
Полученное с помощью многоэлементных матричных приемников излучения на основе
приборов с эффектом переноса заряда (фотокамера с ПЗС-матрицей) цветное
изображение объекта преобразовывают в три двумерных массива целых чисел, каждый
25 из которых содержит информацию о пространственном распределении в изображении
одного из трех цветов - красного, зеленого и синего. Эти двумерные массивы
преобразуют в цветное пространство HLS, сравнивают значение цветовой координаты
с априорно известными значениями так называемых характеристических зон. Для
несовпадающих по цветовой координате элементов проводят выравнивание цветowych
30 координат по приведенному в источнике соотношению. Данное действие является, по
сути, средством снижения числа элементов разложения изображения анализируемого
объекта и сглаживания характеристики распределения цветowych координат объекта с
целью сокращения объема обрабатываемой информации и упрощения
классификационного критерия. Способ и устройство для его реализации ориентированы,
35 прежде всего, на задачи сортировки объектов сильного цветowego контраста с
доминирующим преобладанием одного цвета. Для сортировки объектов
слабовыраженных цветowych оттенков данный способ будет иметь ограниченное
применение.

Известно (Патент РФ 2424859, МПК В07С 5/342) другое устройство для сортировки
40 кристаллов алмазов, имеющее узел поштучной подачи объектов и горизонтальный
транспортирующий диск. В этой установке имеются средства освещения и наблюдения,
управляющее вычислительное устройство и сортировочный узел для помещения
кристаллов в бункеры в соответствии с классификационными критериями. В этом же
патентном источнике описан способ цветовой сортировки (классификации) объектов,
45 также являющийся прототипом настоящего изобретения. В качестве источника
информации используется цифровое изображение (пиксельное представление) объекта
сортировки в формате трех основных цветов фильтровой системы многоэлементного
приемника излучения цифровой фотокамеры. Алгоритм компьютерной программы,

осуществляющей обработку цифровых массивов изображения и выработку классификационного решения, включает по-пиксельный анализ полученного изображения с идентификацией принадлежности данного элемента разложения фону или анализируемому объекту, дефекту объекта или дифракционному блику на гранях кристалла. Последние исключаются из финальной обработки - получения интегральной цветовой характеристики объекта для принятия классификационного решения. Осуществление способа требует получения большого объема априорной информации, необходимой для обработки пиксельных массивов, при этом сам анализ, связанный с оценкой каждого отдельного элемента разложения в пиксельном массиве, является достаточно затратным по времени и ограничивает получение требуемых для обработки алмазного сырья производительностей.

Раскрытие изобретения

Целью предлагаемого технического решения является способ, обеспечивающий сочетание высокой производительности и эффективности процессов сортировки объектов по их цветовым признакам.

Технический результат изобретения выражается в обеспечении высокой производительности способа сортировки объектов по цветовым классам с одновременным снижением доли ошибок классификации, выражающейся в числе объектов, подлежащих повторной или ручной переборке. Другим техническим результатом предлагаемого изобретения является обеспечение гибкости подготовки оборудования, осуществляющего способ сортировки, к работе, повышение эффективности использования оборудования для сортировки и упрощение процесса настройки.

Технический результат изобретения достигается тем, что в предлагаемом способе сортировки объектов в соответствии с их цветовыми характеристиками, включающем поштучную подачу объектов в зону освещения-наблюдения в фазе свободного падения, получение в излучении осветителей изображения объектов двумя электронными устройствами регистрации изображений, представляющими собой, например, двумерные матричные фотоприемники, преобразование этого изображения в электронный вид - файл данных одного из стандартных форматов пиксельного изображения цифровой камеры, передачу этого файла в вычислительное устройство, обработку этого файла с целью отнесения объекта на изображении к одному из предустановленных классов, формирование команды на исполнительное сортировочное устройство и помещение объекта в соответствующий его форме бункер-накопитель, дополнительно, на основе представительной выборки классифицированных (отсортированных) объектов по каждому цветовому классу, проводится получение изображения каждого объекта этой выборки в идентичных последующей сортировке условиях, обработка файла данных изображения с преобразованием каждого элемента разложения в векторное представление в цветовом пространстве, получение гистограмм распределения основных цветов элементов разложения выборки по классам сортировки, уточнение наиболее информативных признаков векторного представления с целью снижения размерности признакового пространства, проверка значимости каждого признака одним из известных критериев и построение численной модели классифицирующего решения на основе методологии многомерной аппроксимации и интерполяции, которая позволяет однозначно отнести совокупность векторных представлений в признаковом пространстве данного сортируемого объекта к предустановленному цветовому классу. Другими словами, способ включает два основных этапа: получение статистически достоверной модели (классифицирующего правила) на этапе машинного обучения с

использованием представительной коллекции объектов, заранее отнесенных к тому или иному классу по цветовым характеристикам, и собственно последующую сортировку массива объектов с использованием полученной на первом этапе модели.

5 Вычислительные процедуры способа реализуются в алгоритмах программ и программных библиотек, функционирующих в вычислительном устройстве, обрабатывающем цифровые массивы изображений объектов. Математический аппарат этих алгоритмов построен на основе теории случайных функций с использованием метода машинного обучения на основе алгоритма многомерной интерполяции и аппроксимации случайных функций (Т.А. Ширабакина, Ю.Н. Бахвалов, А.Н. Зуев, Изв. 10 ВУЗов. «Приборостроение», том 48, 2005, №2, стр. 5-8; Ю.Н. Бахвалов, Л.Л. Малыгин, П.С. Черкасс, Метод машинного обучения на основе алгоритма многомерной интерполяции и аппроксимации случайных функций. Вестник Череповецкого государственного университета, том 2, 2012, №2, стр. 7-10). Для задачи классификации, являющейся основой предлагаемого способа, каждый элемент обучающей выборки 15 или каждый объект представительной коллекции на этапе обучения воспринимается вычислительным устройством, как совокупность или вектор признаков, получаемых из его изображения обработкой пиксельного массива данных от цифровой камеры. В общем случае это могут быть координаты элемента разложения изображения в одном из цветовых представлений (пространств), их выборочные распределения и 20 статистические характеристики, наличие или отсутствие тех или иных основных цветов или их комбинаций в классе, различные пороговые признаки и тому подобное. Таким образом, на этапе получения классифицирующей модели вся совокупность признаков или входной вектор признаков любого элемента представительной коллекции (обучающей выборки) сопоставляется с выходным вектором, имеющим единственный 25 признак - предустановленный класс объектов, в соответствии с настоящим изобретением - это класс по цветовым характеристикам. Классифицирующая модель, получаемая на этапе обучения, оптимизируется исключением слабозначимых элементов обучающей выборки для сокращения времени выполнения вычислительных процедур при сортировке за счет сокращения числа слагаемых функции решающего правила.

30 В результате первого этапа предлагаемого способа классифицирующая модель или классификатор сохраняется в файле данных и параметров настройки и функционирования компьютерной программы оптоэлектронной системы классификации и используется для сортировки объектов по цветовым классам из общей несортированной массы. На этом втором этапе совокупность признаков, полученных 35 обработкой пиксельных массивов изображения объекта или, другими словами, входной вектор признаков сортируемого элемента, уже определяет значение функции - решающего правила классификатора. В свою очередь, значение функции сопоставляется с предустановленными значениями для классов сортировки, полученными на первом этапе предлагаемого способа, то есть на этапе обучения с представительной коллекцией 40 элементов. Результат сопоставления - это классификационное решение об отнесении данного элемента к предустановленному классу по цветовым характеристикам.

Краткое описание обозначений фигуры 1.

На фигуре 1 приведена блок-схема устройства, поясняющая осуществление предлагаемого способа сортировки объектов по их цветовым характеристикам.

- 45 1 - устройство поштучной подачи объектов;
2 - датчик входа объекта в зону освещения - наблюдения;
3 - устройства регистрации изображений объектов (цифровые высокоскоростные камеры);

- 4 - рассеиватель освещения объектов;
- 5 - светодиодные осветители объектов;
- 6 - датчик входа объекта в зону сортировки;
- 7 - принимающий узел - буферный барабан - промежуточный накопитель с ячейками;
- 8 - бункер - накопитель по классам объектов;
- 9 - пневматические отсекатели объектов для перемещения в соответствующий их

цвету бункер - накопитель.

Предпочтительный вариант осуществления изобретения

Способ сортировки объектов по их цветовым характеристикам заключается в поштучной подаче объектов в зону освещения - наблюдения, которую объект проходит в фазе свободного падения, одновременным включением осветителей и обеих камер, формировании изображений объектов в виде цифровых массивов данных, передаче вычислительному устройству данных массивов и их обработке на предмет отнесения к предустановленным классам по цвету, прохождении зоны сортировки с промежуточными накопителями с ячейками и распределении объекта по бункерам-накопителям согласно решению программного классификатора.

Устройство, реализующее предлагаемый способ, состоит из подающего узла 1, включающего в себя вакуумный роторный подающий транспортер объектов и два вибропитателя, формирующие последовательность объектов, что обеспечивает равномерную, регулируемую и воспроизводимую подачу классифицируемых объектов в зону освещения-наблюдения по траектории свободного падения. На входе объекта в зону освещения-наблюдения установлен первый оптоэлектронный датчик входа объекта в зону 2 освещения - наблюдения, запускающий синхронизированный процесс съемки объекта каждой цифровой высокоскоростной камерой 3. Освещение объекта происходит в рассеивателе 4 многоэлементными светодиодными осветителями 5 объектов белого излучения. Устройство синхронизации (на фиг. 1 не показано) одновременно запускает светодиодные осветители и камеры, формирующие пиксельные файлы изображения объекта сортировки в зоне освещения - наблюдения. Файлы изображений от двух камер передаются в вычислительное устройство - персональный компьютер (на фиг. 1 не показан), где реализуются обработка изображений в цифровом виде и вычислительные процедуры предлагаемого способа.

Далее объект идентифицируется определенным цветовым классом или принимается решение о невозможности классифицировать цвет объекта. Пройдя зону освещения - наблюдения объект перед входом в зону отсечки регистрируется вторым оптоэлектронным датчиком 6 входа объекта в зону сортировки 7. Зона отсечки состоит из вращающегося буферного барабана -промежуточного накопителя 7 с ячейками, рядом пневматических отсекателей 9 и бункеров-накопителей 8 для отсортированных по форме объектов. После прохождения второго оптоэлектронного датчика 6 входа объекта в зону сортировки объект попадает в одну из ячеек буферного барабана 7, угловое положение которой в этот момент фиксируется вычислительным устройством и используется для последующего перемещения объекта с помощью отсекателя 9 в бункер-накопитель 8 соответствующего класса цвета.

Совокупность отличительных признаков описанного способа сортировки по цвету, включающее предварительное получение статистически достоверной классифицирующей модели, анализ признаков классов по их значимости и влиянию на классифицирующее правило и, в целом, использование методологии многомерной аппроксимации и интерполяции, обеспечивает оптимальное сочетание высокой скорости программной реализации алгоритмов решения задачи классификации с одновременным снижением

доли неклассифицированных объектов в общем их количестве за счет меньшей вероятности ошибок идентификации по сравнению с известными способами.

Классифицирующие модели при наличии представительных коллекций объектов легко создаются, сохраняются в виде специализированных компонент данных компьютерных программ и обеспечивают быструю перенастройку оборудования сортировки в процессе обработки больших объемов алмазного сырья по различным критериям цветовых характеристик.

Промышленная применимость и примеры практической реализации способа

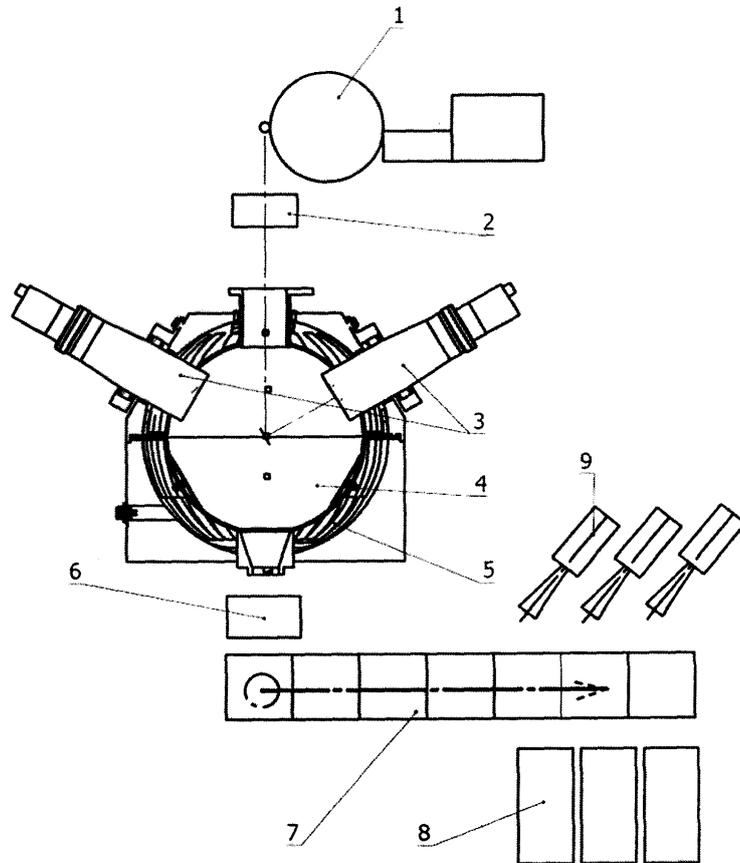
Примером практической реализации предлагаемого способа может служить установка сортировки сырья алмазов по цвету АСА-1Ц. Данные установки используется для сортировки алмазного сырья в промышленных условиях. Испытания установки при сортировке на 13 классов по цвету сырья показали производительность до 10 кристаллов в секунду. При этом доля не идентифицированных кристаллов для повторной сортировки была менее 3% весовых по отношению к исходному, несортированному массиву.

(57) Формула изобретения

1. Способ сортировки кристаллических объектов по их цветовым характеристикам, включающий поштучную подачу объектов в зону освещения - наблюдения, получение изображения объекта в отраженном освещении электронными устройствами регистрации изображения, преобразование этого изображения в электронный вид - файл данных одного из стандартных форматов пиксельного изображения цифровой камеры, передачу этого файла в вычислительное устройство, обработку этого файла с целью отнесения объекта на изображении к одному из предустановленных классов цвета и помещение этого объекта в соответствующий классу бункер-накопитель, отличающийся тем, что предварительно, на основе представительной выборки классифицированных (отсортированных) объектов по каждому цветовому классу, проводится получение изображения каждого объекта этой выборки в идентичных последующей сортировке условиях, обработка файла данных изображения с преобразованием каждого элемента разложения в векторное представление в цветовом пространстве, получение гистограмм распределения основных цветов элементов разложения выборки по классам сортировки, уточнение наиболее информативных признаков векторного представления с целью снижения размерности признакового пространства, проверка значимости каждого признака одним из известных критериев и построение численной модели классифицирующего решения на основе методологии многомерной аппроксимации и интерполяции, которая позволяет однозначно отнести совокупность векторных представлений в признаковом пространстве изображения данного сортируемого объекта к предустановленному цветовому классу.

2. Способ по п. 1, в котором представительная выборка классифицированных (отсортированных) кристаллических объектов каждого класса, отобранная методом экспертной оценки, может быть частью всего множества назначенных для сортировки объектов.

Способ сортировки объектов по их цветовым характеристикам



Фиг. 1