Для цитирования: Бондаренко М.А., Бондаренко А.В., Кучеров Ю.С. Аппаратные и программные решения для универсальной цифровой квалиметрической платформы // Вопросы радиоэлектроники. 2020. № 1. С. 34–41.
DOI 10.21778/2218-5453-2020-1-34-41
УДК 535.243.3 + 338.4

М.А. Бондаренко[1], А.В. Бондаренко[2], Ю.С. Кучеров[1]

[1] АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М.А. Карцева»,
[2] ООО «РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ»

АППАРАТНЫЕ И ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

В статье рассматриваются вопросы квалиметрии различных физических объектов – реальной промышленной продукции и сырья. Рассмотрены и проанализированы предлагаемые на рынке решения для создания цифровой универсальной аппаратно-программной платформы быстрой оценки и контроля качества продуктов и материалов. На основе аналитического обзора сделаны выводы об отсутствии системного решения на производстве, где для каждого выпускаемого продукта или материала используется свой специальный квалиметрический прибор, что не позволяет создать единую базу знаний по выпускаемой продукции даже в рамках одной отрасли. Предлагается технический облик цифровой квалиметрической платформы, внедрение которой обеспечит новый качественный уровень производства, уточнит и упорядочит существующие стандарты, повысит производительность труда, а также автоматизирует многие исследования материалов.

Ключевые слова: *оценка качества продуктов и материалов, спектрально-текстурный анализ, оптическая квалиметрия, программируемая цифровая камера, микроскоп-спектрометр*

Введение

Квалиметрия – область науки и техники, объединяющая методы количественной оценки качества различных объектов. Термин образован от латинского qualitas – качество и греческого μέτρηση – мерить, измерять [1]. Под качеством объекта при этом понимается степень соответствия присущих ему характеристик заданным требованиям. Количественная оценка необходима для автоматизации и повышения точности управления производственными процессами, включающего, например, принятие решения о закупке сырья и комплектующих (входной контроль), рентабельности добычи полезных ископаемых, необходимости обработки сельхозугодий удобрениями. Современная квалиметрия немыслима без технических средств измерений. Основная задача квалиметрии заключается в установлении связей между измеряемыми характеристиками товаров и их качественным описанием.

В настоящей работе рассматриваются вопросы квалиметрии различных физических объектов – реальной промышленной продукции и сырья. В настоящее время данное направление активно развивается, что связано в первую очередь с общим увеличением уровня загрязнения окружающей среды, усложнением состава выпускаемой продукции и повышением требований к ее характеристикам как к потребительским, так и к экологическим. Другой не менее важный фактор – повышение производительности труда на промышленных производствах за счет унификации и автоматизации средств входного контроля качества сырья.

Сейчас для российского и мирового рынка средств промышленной квалиметрии характерна сильная сегментация из-за временного отсутствия унифицированных средств и методов измерений количественных и качественных характеристик товаров и сырья, что делает актуальным исследование возможности и перспектив создания универсальной цифровой квалиметрической платформы.

Постановка задачи

Целью проводимого исследования является формирование технического облика универсальной цифровой квалиметрической платформы, которая должна удовлетворять следующим ключевым требованиям:

- надежность идентификации и оценки твердых, жидких и сыпучих образцов продукции для произвольной предметной области;
- оперативность для промышленного применения – процесс сканирования образца сырья или продукции должен занимать не более 10 секунд;

- масштабируемость технологии – наличие универсальной базы данных, хранящей соответствие между показаниями датчиков аппаратной части платформы и количественным уровнем качества отсканированных образцов;
- портативность и мобильность аппаратной части цифровой платформы;
- автоматическая калибровка с учетом условий сканирования.

Для достижения поставленной цели необходимо оценить возможности существующих технологий, используемых для исследования материалов, и меру их соответствия вышеуказанным требованиям. В любом случае задача любого квалиметрического прибора – автоматизация производственного процесса для входного контроля составляющих будущего продукта или подтверждения заявляемых свойств выпускаемой продукции. Поэтому квалиметрические средства никогда не заменят эталонный лабораторный анализ, но призваны существенно дополнить его, так как лабораторный анализ продукции выступает базой для информационного обеспечения квалиметрических систем.

В общем виде объективную автоматизированную оценку качества любого объекта можно представить как функциональную схему, приведенную на рис. 1.

Измерительные средства могут быть пассивными (например, фотокамеры) и активными (например, лазерные лидары), поэтому на рис. 1 между оцениваемым объектом и измерительной системой показана двунаправленная связь. То же самое касается потребителей (частных лиц или предприятий), которые активно или пассивно взаимодействуют с оцениваемым объектом (продуктом). При этом для получения надежной качественной оценки необходимо знание зависимости между результатами измерений и потребительскими свойствами продукта. Отсутствие прямой связи между потребителями и измерительной системой обеспечивает объективность процесса измерения. Получаемая по данной схеме качественная оценка поступает к потребителям для принятия дальнейших управленческих решений.

Обзор технологий для оценки качества продуктов и материалов

В соответствии со схемой на рис. 1 все решения в области оценки качества определяются способом реализации измерительной системы. С учетом уровня современной техники в настоящий момент существуют развитые группы технологий анализа материалов и соответствующие им измерительные системы, представленные в таблице.

Все перечисленные в таблице технологии, кроме экспертного анализа, могут быть автоматизированы, так как используют различные измерительные приборы, независимые от органов чувств и мнения экспертной комиссии. Однако многие технологии исследования материалов имеют низкую доступность, что обусловлено большими габаритами или высокой стоимостью соответствующего оборудования, а также повышенными требованиями к технике безопасности. Наиболее перспективными технологиями анализа материалов для цифровой квалиметрической платформы представляются оптические спектроскопия и микроскопия, обладающие одновременно высокой оперативностью измерения, компактностью оборудования и распространенностью, а также сравнительно низкими требованиями к технике безопасности и стоимостью. Ниже приведен обзор таких технических решений по открытым публикациям.

Обзор универсальных решений для оценки качества продуктов и материалов

Комплексы автоматизированной микроскопии

В числе комплексов автоматизированной микроскопии рассмотрим два российских решения: программное обеспечение (ПО) компании ARStek для подключения спектрометра к цифровому микроскопу [2] и микроскоп-спектрофотометр ЛОМО МСФУ-К [3].

В ПО фирмы ARStek штатный спектрометр устанавливается на готовый оптический микроскоп. Затем с помощью источника света с полным спектром видимой области, цифровой камеры, детектора спектра и программного обеспечения производится одновременное отображение объекта и спектра его области интереса (рис. 2).

Однако разрозненное наблюдение спектра части объекта и его полного микроизображения, полученного в широком спектре, часто не может в достаточной мере выявить его структуру и соотнести структурную составляющую со спектральной. Это

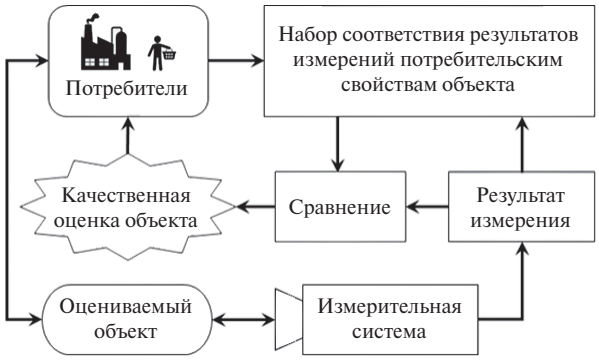

Рисунок 1. Общая схема оценки качества объекта

Таблица. Характеристика основных современных технологий анализа материалов

Тип анализа	Оперативность	Доступность	Без расходных материалов	Компактность оборудования	Автоматизация
Химический	–	–	–	–	+
Радиоизотопный	–	–	–	–	+
Механический	–	–	–	–	+
Термодинамический	–	–	–	–	+
Рентгеноструктурный	–	–	–	–	+
Экспертный	–	–	+	+	–
Ядерный магнитный резонанс	–	–	–	–	+
Радиолокационный	+	–	–	–	+
Электронная микроскопия	+	–	+	–	+
Оптическая спектроскопия	+	+	+	+	+
Оптическая микроскопия	+	+	+	+	+

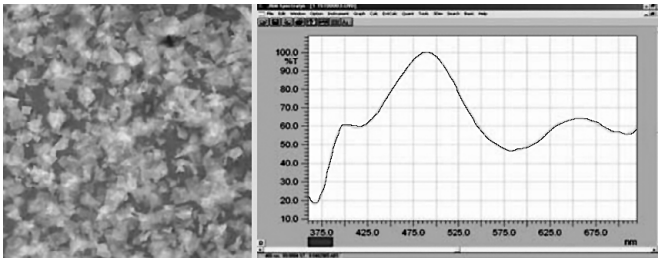

Рисунок 2. Образец автомобильной краски и ее спектр в диапазоне от 350 до 725 нм

существенно ограничивает информативный вектор признаков и, соответственно, возможности анализа объектов и область применения данного решения.

Известная разработка АО «ЛОМО» – микроскоп-спектрофотометр МСФУ-К для фотометрических исследований в проходящем, отраженном свете, а также свете видимой люминесценции в широком спектральном диапазоне. Управление микроскопом-спектрофотометром осуществляется с компьютера с помощью программы, имеющейся в комплекте прибора. Предусмотрены математическая обработка результатов фотометрирования, автоматическое определение координат цвета и координат цветности различных объектов, создание банка данных различных объектов с автоматизацией поиска по цветовым характеристикам. Микроскоп может быть использован как универсальный цветоанализатор, дающий возможность определять цветовые характеристики микрообъектов и микроучастков макрообъектов для различных источников белого цвета и в разных колориметрических системах. При указанных широких возможностях данное техническое решение имеет ограниченный спектральный диапазон от 350 до 900 нм и ориентировано на инструментальное лабораторное исследование образцов. Отсутствие предметной емкости и использование в качестве осветителей галогеновых и ртутных ламп не может с достаточной детальностью выявить скрытую микроструктуру объекта, видимую только в узкоспектральных зонах наблюдения.

Спектральный анализ материалов

Рассмотрим российский портативный спектрометр для оценки пищевых продуктов на базе смартфонов и планшетов с цветными цифровыми камерами [4] и израильский миниатюрный молекулярный сканер на базе спектроскопии ближней ИК-области.

Портативный спектрометр предназначен для оценки качества и типа продукта, а также определения твердых и сыпучих веществ. Принцип работы мини-спектрометра заключается в пропускании отраженного от объекта излучения через щелевую камеру и далее через дифракционную решетку, после чего сигнал попадает на фотоприемную матрицу смартфона, которая регистрирует распределение спектра. Несмотря на оперативность измерения, портативность и дешевизну данной технологии, рассматриваемый класс устройств имеет существенные недостатки:

- работа в ограниченной области спектра 400–760 нм;
- низкая чувствительность вследствие использования в качестве детектора излучения бытовых

цифровых камер с малым размером пикселя порядка 2 мкм, низкой светосилой, а также применения цветного некалиброванного RGB-светофильтра;
- спектральный анализ в отрыве от оценки пространственного распределения яркости может давать очень неточные сведения об объекте, не говоря уже о невозможности анализа микроструктуры объекта.

Из опыта дистанционного зондирования Земли из космоса известно, что спектральная составляющая поверхности обеспечивает в среднем надежность распознавания ее типа (лес, поле, город, водное пространство) на уровне 74%. При этом дополнительное привлечение устойчивых структурных признаков поднимает этот показатель до уровня 99% [5]. Указанные недостатки прибора существенно ограничивают область применения «смартфона-спектрометра» бытовой грубой проверкой продуктов.

Миниатюрный молекулярный сканер на базе спектроскопии ближней ИК-области, разработанный компанией Consumer Physics, позволяет «мгновенно» (за 1–2 секунды) определить химический состав физического объекта [6]. Сканер SCiO имеет источник света, который облучает образец, и оптический датчик-спектрометр, собирающий отраженный свет от образца. Спектрометр формирует спектр исследуемого образца, отправляет спектральные данные в облачную службу, распознает продукт и выдает сведения о его составе и полезности. Определение калорийности пищи, спелости фруктов и овощей, состояния домашних растений, состава и качества почвы для них, идентификация добавок в продуктах из ближайшего магазина, проверка качества алкоголя – это малая доля возможностей данного прибора по заявлению его разработчиков, что обеспечивается использованием обширной базы данных спектров эталонных объектов. Тем не менее возможности спектрометра ограничены отсутствием одновременного наблюдения спектра и структуры анализируемого объекта.

Телевизионные спектрометры

Среди телевизионных спектрометров интерес представляют микроскоп-спектрометр проекта «Фобос-Грунт» [7] (Россия, Франция) и российский комплекс «Спектр» для оптического экспресс-контроля пищевых продуктов [8].

В микроскопе-спектрометре используется цифровая телевизионная камера с микроскопическим объективом небольшого увеличения и набор из пяти типов светодиодов со следующими эффективными длинами волн: 505 нм (голубой свет), 600 нм (желтый свет), 670 нм (красно-оранжевый свет), 750 нм (красный свет) и 880 нм (ближний ИК-свет). Рассматриваемый прибор предназначен для быстрого анализа образцов грунта планет земной группы и их спутников в автоматическом режиме в условиях космических миссий. Образец грунта помещается в приемный лоток микроскопа, закрывая предметное стекло перед объективом. Затем образец грунта освещается снизу светодиодами, размещенными вокруг объектива. Формируемое оптическое изображение запоминается матричным фотоприемником как монохромное. Последовательное освещение анализируемого образца грунта в микроскопе светодиодами с разной длиной волны излучения дает последовательность спектральных изображений, что позволяет получить набор оценок оптических спектральных характеристик компонентов грунта, выявить их спектральные оптические свойства, определяемые природой минералогического состава, преобразуя микроскоп в видеоспектрометр.

Телевизионный спектрометр «Спектр» разработан научно-производственной компанией ООО «РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ» и Межинститутской научно-исследовательской лабораторией оптоэлектронной квалиметрии (МНИЛОК). Настольный комплекс производит фотосъемку объекта интереса через светофильтры, вырезающие узкие зоны видимого и ИК-спектра. Принцип работы данного прибора позволяет различать объекты, визуально неразличимые при обычной фотографии, что дает возможность изучать образцы и автоматизировать обработку получаемых данных по спектральным образам объектов в пространстве спектральных зон. Результаты испытаний [1, 9] показали, что данная технология позволяет доступно и оперативно оценивать как твердые и сыпучие пищевые среды в отраженном свете, так и жидкие в проходящем свете по цвету, текстуре и поляризации. Тем не менее известный прототип имеет следующие ограничения:

- спектр подсветки состоит только из четырех фиксированных зон, соответствующих используемым светодиодам: синей (B), зеленой (G), красной (R) и ближней ИК (IR);
- прибор не является микроскопом и не может наблюдать полноценную микроструктуру сканируемого объекта;
- спектральный диапазон цифровой камеры прототипа ограничен длинами волн от 400 до 900 нм;
- анализ свойств исследуемых объектов учитывает довольно короткий вектор признаков, что ограничивает область применения и точность оценки.

Главное ограничение предлагаемого технического решения – необходимость ручной калибровки освещения исследуемых объектов, так

как нет указания в общем случае, какими должны быть опорные величины максимальных значений калибрующих сигналов. Созданное программное обеспечение для сравнения образцов и эталонов использует аппарат жесткой логики и простой статистический анализ (рис. 3).

Поэтому такая реализация не дает преимуществ по сравнению с портативными спектрометрами типа SCiO [6] и делает затруднительным сравнение образцов по более сложным критериям качества, таким как, например, определение следов жизнедеятельности микроорганизмов, признаков грибкового заражения, онкологии живых тканей или различение многокомпонентных продуктов или веществ, что невозможно оценить без понимания структурных признаков образцов и эталонов. Например, известно [10], что митохондрии в здоровых клетках концентрируются вблизи ядра и избегают приближаться к клеточной мембране. В раковых клетках митохондрии равномерно распределены по всему объему цитоплазмы – ядро темнее. Поскольку размер митохондрий составляет около 800 нм, характер рассеивания соответствующего излучения существенно зависит от их распределения в клетке. Именно поэтому оценка структурных признаков в узких зонах подсветки позволяет решать даже такую сложную задачу, как выявление онкологии (рис. 4).

Так или иначе при изучении по открытым источникам технических решений, претендующих на роль универсальных цифровых квалиметрических платформ, были выявлены решения только в области спектрального и структурного анализа в оптическом диапазоне от 0,35 до 1,1 мкм, что соответствует видимому, ближнему УФ- и ближнему ИК-излучению со следующим техническим обликом:

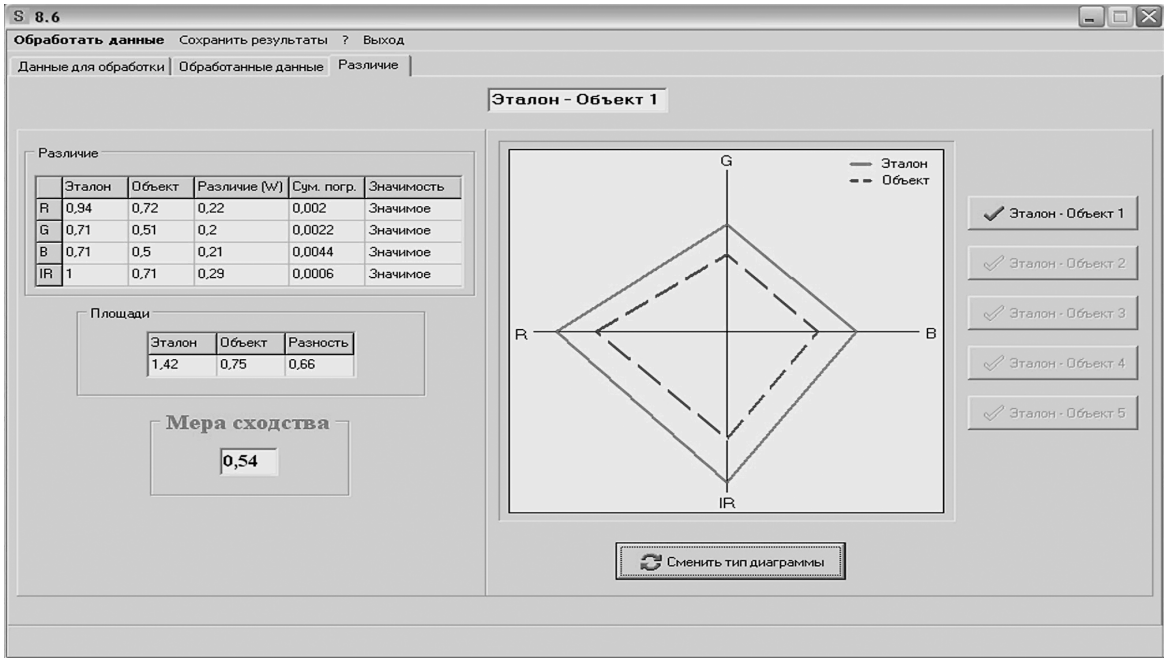

Рисунок 3. Пример сравнения прибором «Спектр» двух сортов соевой муки по средним спектральным коэффициентам отражения в зонах подсветки R, G, B и IR

а) б)

Рисунок 4. В раковой клетке (а) митохондрии распределены по объему цитоплазмы, а в здоровой клетке (б) сконцентрированы возле ядра

- быстрый контроль образцов материалов (объектов) оптическими методами;
- широкая область применения;
- одновременное привлечение спектральных и текстурных свойств объекта.

При этом существенными являются следующие признаки:

- цифровая оптическая микроскопия;
- анализ текстурных признаков объекта;
- наблюдение микроструктуры объекта в активной подсветке;
- спектральный анализ объектов;
- создание базы данных эталонных объектов.

Универсальная аппаратно-программная платформа для квалиметрического анализа

Исходя из понимания технического облика, можно предложить функциональную схему универсальной цифровой квалиметрической платформы, выполненной на базе микроскопа-спектрометра (рис. 5).

Квалиметрическая платформа состоит из следующих основных блоков (модулей): мультиспектральная светодиодная подсветка; предметная емкость для исследования твердых, сыпучих и жидких продуктов (материалов); моторизированный оптико-механический блок со светофильтрами; контроллер управления подсветкой и оптико-механическим блоком; персональный компьютер или ноутбук, планшет, смартфон; специальное ПО с базой данных (БД) эталонных продуктов.

Принцип разрабатываемой цифровой платформы как ключевого технического решения заключается в следующем: исследуемый образец помещается в светонепроницаемую емкость с внутренней светодиодной подсветкой заданной длины волны в диапазоне чувствительности применяемой цифровой камеры оптического микроскопа. В результате съемки формируется набор цифровых изображений в узких зонах спектра, полученный последовательным применением светодиодов разной длины волны. При этом использование лазеров в микроскопах-спектрометрах вместо узкоспектральных светодиодов является более дорогим и менее эффективным решением из-за появления шумовой интерференционной картины на поверхности освещаемых образцов и необходимости применения дополнительной оптики для расфокусировки узких лазерных пучков, необходимой для получения равномерного диффузного освещения.

Из сформированных указанным способом изображений программным образом выделяется вектор спектрально-текстурных признаков, характеризующий объект исследования. Данный вектор признаков сравнивается с набором эталонных векторов свойств из БД, который выделили эксперты и технологи. Выделенные наборы свойств устойчиво характеризуют товар (продукт) по заданным признакам и степень его отклонения от эталона. В результате определяется степень соответствия объекта исследования тому или иному классу по заданным параметрам.

Предлагаемое аппаратное решение основано на аппаратно-программной платформе цифровых камер RT-XDC [11] расширенного спектрального диапазона как частный случай реализации системы индустриального мониторинга [12] со сложным

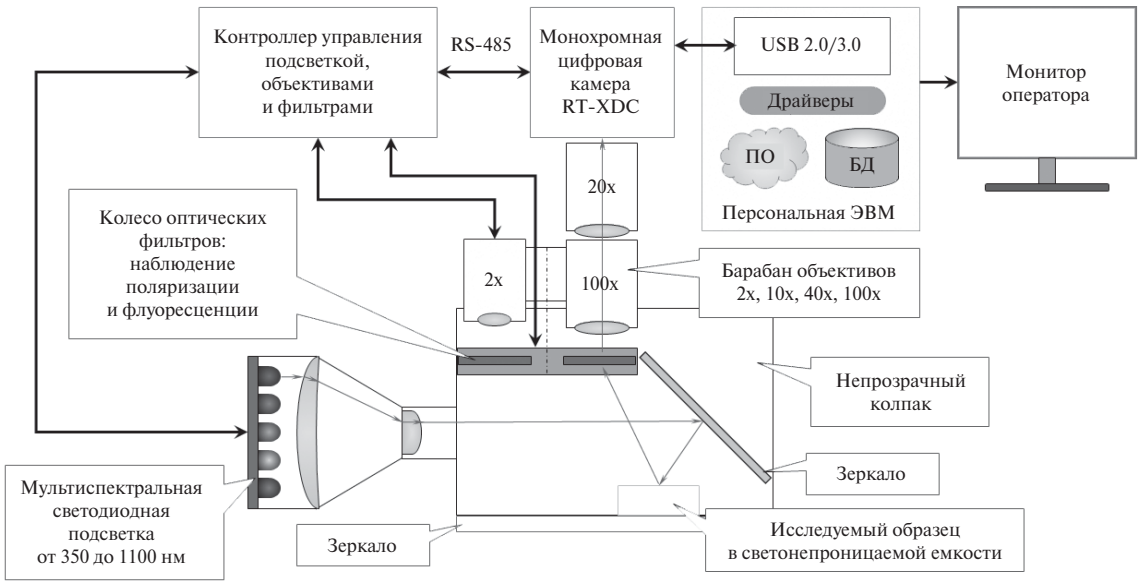

Рисунок 5. Общая функциональная схема аппаратной части универсальной квалиметрической платформы на базе микроскопа-спектрометра

датчиком типа микроскоп-спектрометр. При этом максимально возможный рабочий спектральный диапазон системы на базе современных кремниевых КМОП-матриц составляет от 200 до 1100 мкм, однако работа в солнечно-слепом УФ-диапазоне от 200 до 350 мкм требует дорогой кварцевой микроскопической оптики, а также негативно воздействует на многие продукты. Модульный принцип построения квалиметрической системы обеспечивает универсальность решения с выбором оптимальной конфигурации по стоимости: так, для простых приложений по определению сорта сои [9] достаточно одного объектива без увеличения и светофильтров, не более трех-четырех зон подсветки и сравнение разноспектральных изображений по средней яркости. Автоматику калибровки системы обеспечивает контроллер управления подсветкой за счет автоматической настройки экспозиции цифровой камеры в зависимости от режима работы подсветки, выбора объектива и типа цифровой камеры.

Предметная область использования прибора в рамках цифровой платформы определяется составом БД эталонных объектов, которая закономерно должна иметь объектно-реляционную архитектуру: содержать таблицу из записей об эталонных объектах. Записи при этом состоят из двух ссылок: первая указывает на измеренный микроскопом-спектрометром вектор спектрально-текстурных признаков, а вторая – на вектор качественных свойств и/или количественных характеристик оцениваемого объекта. По первому вектору признаков можно достаточно точно оценить меру близости объекта тому или иному классу, при этом точность оценки качества объекта возрастает по мере наполнения БД примерами с возможными качественными состояниями.

Заключение

Важным результатом работы является формирование технического облика универсальной квалиметрической платформы, обеспечивающей ключевые требования по масштабируемости, возможность оценки микроскопом-спектрометром образцов из различных предметных областей без изменения архитектуры системы, а также возможность автономной работы за счет интеллектуального управления режимами съемки.

Представленное техническое решение по совокупности свойств не имеет аналогов, что говорит о процессе создания новой технологии интеллектуального управления технологическими процессами контроля качества. Границы универсальности и возможности этого решения до его широкого внедрения можно оценивать пока только на основе анализа работы существующих аналогов. Поэтому в настоящий момент разрабатывается макет универсального микроскопа-спектрометра – демонстратора данной технологии. Параллельно осуществляется детальная проработка вопросов, связанных с его алгоритмическим и программным обеспечением, что будет отражено в последующих публикациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дроханов А. Н., Краснов А. Е. Видеоспектрометр для экспресс-контроля пищевых сред и готовых продуктов. СПб.: Лань, 2019. 144 с.
2. Программное обеспечение Арстек [Электронный ресурс]. URL: https://arstek.ru/product/programmy-mikroskopii (дата обращения: 18.11.2019).
3. Микроскоп-спектрофотометр ЛОМО МСФУ-К. Техническое описание. СПб.: ЛОМО-Микросистемы, 2019 [Электронный ресурс]. URL: http://www.lomo-microsystems.ru/Msfu-k.html (дата обращения: 18.11.2019).
4. Даниловских М. Г., Винник Л. И., Стрещук В. А. Мини-спектрометр для смартфона // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 10 (76). С. 33–37.
5. Дроханов А. Н. Анализатор структуры аэрокосмических фотоизображений // Геодезия и картография. 1998. № 5. С. 39–44.
6. SCiO Molecular Sensor [Электронный ресурс]. URL: https://www.consumerphysics.com (дата обращения: 18.11.2019).
7. Кораблев О. И., Бондаренко А. В. и др. Микроскоп-спектрометр проекта «Фобос-Грунт» // Астрономический вестник. 2010. Т. 44. № 5. С. 431–436.
8. Комплекс «Спектр»: оптический экспресс-контроль пищевых продуктов. М.: РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ, 2019 [Электронный ресурс]. URL: http://rastr.net/product/special/ndt-system/spektr.html (дата обращения: 18.11.2019).
9. Бондаренко А. В., Дроханов А. Н. и др. Телевизионный спектрометр для спектрально-текстурного экспресс-контроля пищевых, биологических и органических сред // Оптоэлектронные методы и технологии получения, обработки и визуализации информации. 2012. № 1. С. 22–35.
10. Rimm E., Cox D., et al. Mining mitochondria for chronic disease risk [Электронный ресурс]. URL: http://archive.sph.harvard.edu/now/20080605/genes-and-environment-initiative-launched-at-school.html (дата обращения: 18.11.2019).
11. Бондаренко А. В., Бондаренко М. А. и др. Универсальная аппаратно-программная платформа цифровых видеокамер // Труды XXIV Международной научно-технической конференции по фотоэлектронике и приборам ночного видения. М.: АО «НПО «Орион», 2016. С. 229–232.
12. Бондаренко М. А., Бондаренко А. В., Бененсон М. З. Аппаратно-программная платформа индустриального мониторинга // Вопросы радиоэлектроники. 2019. № 5. С. 20–27.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бондаренко Максим Андреевич, к.т.н., начальник лаборатории Киберфизических систем и искусственного интеллекта, АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М.А. Карцева», Российская Федерация, 117437, Москва, ул. Профсоюзная, д.108, тел.: 8 (910) 401-81-09, e-mail: bondarenko@niivk.ru.
Бондаренко Андрей Викторович, генеральный директор, ООО «РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ», Российская Федерация, 117593, Москва, Соловьиный проезд, д.4, к. 1, офис 152, тел.: 8 (495) 425-73-26, e-mail: rastermsk@gmail.com.
Кучеров Юрий Сергеевич, к.т.н., генеральный директор, АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М.А. Карцева», Российская Федерация, 117437, Москва, ул. Профсоюзная, д.108, тел.: 8 (495) 3300929, e-mail: kucherov@niivk.ru.

For citation: Bondarenko M.A., Bondarenko A.V., Kucherov Yu.S. Hardware-software solutions for universal digital qualimetric platform. Voprosy radioelektroniki, 2020, no. 1, pp. 34–41.
DOI 10.21778/2218-5453-2020-1-34-41

M.A. Bondarenko, A.V. Bondarenko, Yu.S. Kucherov

HARDWARE-SOFTWARE SOLUTIONS FOR UNIVERSAL DIGITAL QUALIMETRIC PLATFORM

The article considers the issues of qualimetry of various physical objects – real industrial products and raw materials. The solutions offered on the market for creating a digital universal hardware and software platform for rapid assessment and quality control of products and materials are reviewed and analyzed. Based on the analytical review, there are drawn conclusions about the lack of a system solution in the production, when each product or material uses its own special qualimetric device, which doesn't allow creating a single knowledge base on the products even within one industry. It is proposed the concept of digital qualimetric platform, which implementation will provide a new quality level of production, clarify and streamline existing standards, increase productivity, as well as automate many studies of materials.

Keywords: products and materials quality assessment, spectral-texture analysis, optical qualimetry, programmable digital camera, microscope-spectrometer

REFERENCES

1. Drokhanov A.N., Krasnov A.E. *Videospektrometr dlya ekspress-kontrolya pishchevykh sred i gotovykh produktov* [Video spectrometer for express control of food media and finished products]. Saint-Petersburg, Lan Publ., 2019, 144 p. (In Russian).
2. Arstek Software. (In Russian). Available at: https://arstek.ru/product/programmy-mikroskopii (accessed 18.11.2019).
3. Microscope-spectrophotometer LOMO MSFU-K. Technical description. Saint-Petersburg, LOMO-Microsystems, 2019. (In Russian). Available at: http://www.lomo-microsystems.ru/Msfu-k.html (accessed 18.11.2019).
4. Danilovskikh M.G., Vinnik L.I., Streschuk V.A. Mini-spectrometer for smartphone. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatelskii zhurnal,* 2018, no. 10 (76), pp. 33–37. (In Russian).
5. Drokhanov A.N. Analyzer of the structure of aerospace photo images. *Geodeziya i kartografiya,* 1998, no. 5, pp. 39–44. (In Russian).
6. SCiO Molecular Sensor. Available at: https://www.consumerphysics.com (accessed 18.11.2019).
7. Korablev O.I., Bondarenko A.V., et al. Microscope spectrometer of the Phobos-Grunt project. *Astronomicheskii vestnik,* 2010, vol. 44, no. 5, pp. 431–436. (In Russian).
8. «Spectrum» complex: optical express control of food products. Moscow, RASTR TECHNOLOGY, 2019. (In Russian). Available at: http://rastr.net/product/special/ndt-system/spektr.html (accessed 18.11.2019).
9. Bondarenko A.V., Drokhanov A.N. et al. Television spectrometer for spectral-textural express control of food, biological and organic media. *Optoelektronnye metody i tekhnologii polucheniya, obrabotki i vizualizatsii informatsii,* 2012, no. 1, pp. 22–35. (In Russian).
10. Rimm E., Cox D., et al. Mining mitochondria for chronic disease risk. Available at: http://archive.sph.harvard.edu/now/20080605/genes-and-environment-initiative-launched-at-school.html (accessed 18.11.2019).
11. Bondarenko A.V., Bondarenko M.A. et al. Universal hardware and software platform for digital video cameras. (Conference proceedings) XXIV Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya po fotoelektronike i priboram nochnogo videniya, Moscow, NPO Orion, 2016, pp. 229–232. (In Russian).
12. Bondarenko M.A., Bondarenko A.V., Benenson M.Z. Hardware-software platform of industrial monitoring. *Voprosy radioelektroniki,* 2019, no. 5, pp. 20–27. (In Russian).

AUTHORS

Bondarenko Maxim, Ph. D., chief of Cyberphysical systems and artificial intelligence laboratory, M.A. Kartsev Computing System Research and Development Institute (NIIVK, JSC), 108, Profsoyuznaya, Moscow, 117437, Russian Federation, tel.: +7 (910) 401-81-09, email: bondarenko@niivk.ru.
Bondarenko Andrey, general director, Raster Technology Co. Ltd, 4-1-152, Solovinyi pass., Moscow, 117593, Russian Federation, tel.: +7 (495) 425-73-26, e-mail: rastermsk@gmail.com.
Kucherov Yury, Ph. D., general director, M.A. Kartsev Computing System Research and Development Institute (NIIVK, JSC), 108, Profsoyuznaya, Moscow, 117437, Russian Federation, tel.: +7 (495) 330-09-29, email: kucherov@niivk.ru.