

Анализ изображений зернопродуктов

Цифровые технологии в измерительной технике

Предыдущее столетие было потрачено человеком на последовательное расширение сферы материального производства и обслуживания, новый век принес нам новый предмет труда – создание и обработку информации. В конце XX века пришло осознание того, что информационные ресурсы являются серьезным стратегическим фактором, определяющим производительность предприятия и обладающим большим техническим потенциалом.

Интенсивное развитие цифровых технологий оказывает влияние на все отрасли, в которых применяется измерительная техника. Цифровые системы, по сравнению с аналоговыми приборами, всё чаще получают преимущество в помехозащищенности и надёжности, обладают исключительной возможностью оперативной коррекции результатов и исправления ошибок. В современных экономических условиях нельзя оставить без внимания эксплуатационные качества, доступность и постоянно понижающуюся стоимость цифровой техники.

Одновременно с увеличением быстродействия компьютеров, ростом рынка информационных технологий, и использованием цифровых устройств во всех сферах деятельности, расширяется применение цифровых изображений в различных областях науки и техники: медицине, биологии и генетике, полиграфии, материаловедении и металлографии, экспериментальной физике и химии, исследовании природных ресурсов. Здесь использование компьютерных систем анализа изображений становится все более привычным, и они постепенно входят в роль стандартного инструмента специалистов.

Все указанные выше обстоятельства привели к естественному результату – интенсивным исследованиям в области методов цифровой обработки изображений в США и Канаде, Европе, Австралии, Китае и других странах. Ряд крупнейших мировых производственных компаний, например, американская «DuPont» (Дюпон), крупнейшая в мире научная и индустриальная транснациональная корпорация, как одно из приоритетных направлений своих исследований указывают именно методы цифровой обработки изображений [Наука // Дюпон. – Режим доступа: http://www2.dupont.com/Science/ru_RU/, свободный].

Цифровые системы контроля качества выпускаемой продукции, основанные на анализе изображений, активно внедряют на свои технологические линии Европейские производители:

- **продуктов питания**, например учреждённый швейцарской компанией «Nestlé» (Нестле) «Nestlé Research Center» ведёт разработки систем анализа изображений для контроля качества кондитерских изделий [Chocolate's Metabolic Signature Discovered by Nestlé Scientists [Электронный ресурс] // Nestlé Research Center. – 2007. – Режим доступа: <http://www.research.nestle.com/MediaCenter/PressReleases/AllPressReleases/Signature+of+Chocolate.htm>, свободный], в частности цвета шоколада [Russ J.C. Image analysis of food microstructure [Электронный ресурс] / J.C. Russ // North Carolina State University, USA. – 2004. – Режим доступа: www.woodheadpublishing.com/en/book.aspx?bookID=1422, свободный];
- **бытовой химии**, так, германская компания «Henkel» (Хенкель), являющаяся одним из лидеров по производству чистящих средств, использует компьютерную систему анализа изображений для контроля качества гранулированных продуктов [Микроскопия сегодня [Электронный ресурс] // Вестник инфектологии и паразитологии. – 2007. – Режим доступа: <http://www.infectology.ru/microscopy/today/analysis>, свободный];
- **бытовой техники** и коммуникационного оборудования, например голландская «Philips» (Филипс) и французская «Alcatel» (Алкатель) [Microvision Image Analysis Instruments [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gxoptical.com/GX_Optical_Archimed_Software_Product_Datasheet.pdf, свободный]; шведская «Electrolux» (Электролюкс) – один из ведущих европейских производителей бытовой техники, компания использует для контроля качества бытовых мини-печей систему анализа изображений, представленную на рисунке 1, для оценки равномерности распределения жара внутри печи [Поваркова А. Компьютерный анализ изображений: общие сведения, системы, примеры использования [Электронный ресурс] / А. Поваркова // Компания «Аконт». – Санкт-Петербург. – Режим доступа: http://www.akond.ru/?issue_id=89, свободный].

В США преимущества применения систем обработки изображений подтверждают такие широко известные фирмы, как «Chevron» (Шеврон), «Gillette» (Жилет) и «Rolex» (Ролекс) – известный производитель часов. Использование технологий анализа изображений в течение пяти лет позволило им существенно сократить производственные расходы и повысить эффективность работы с заказчиками и поставщиками [Леонг К.С. Расширяются возможности систем обработки изображений [Электронный ресурс] / К.С. Леонг // ComputerWeekly – 1996. – №39. – Режим доступа: http://scripts.online.ru/it/press/cwm/39_96/mass.htm, свободный].



Рисунок 1 – Оценка степени пропечённости хлебобулочных изделий

Это лишь несколько примеров из тысяч успешно реализованных проектов с использованием систем анализа изображений.

В 1996 г. в США объем рынка систем анализа изображений оценивался в 3 млрд. дол., к 1999 г. достиг 4,5 млрд. дол., Число рабочих мест, оборудованных системами анализа изображений, в 1996 г. составляло 700 тыс., а в 1999 г. достигло 1,5 млн. По мере падения цен на системы обработки изображений, увеличивается количество их пользователей и в настоящее время аналитики затрудняются дать всю полноту картины состояния рынка [Леонг К.С. Расширяются возможности систем обработки изображений [Электронный ресурс] / К.С. Леонг // ComputerWeekly – 1996. – №39. – Режим доступа: http://scripts.online.ru/it/press/cwm/39_96/mass.htm, свободный].

Российская Федерация придерживается общемировых тенденций, доказательством тому – перечень «Состав критических технологий федерального уровня на период до 2010 года», одобренный Правительственной комиссией по научно-инновационной политике (протокол от 18 января 2002 г. №1) [Приоритетные направления развития науки, технологий и техники, перечень критических технологий Российской Федерации (федерального уровня) на период до 2010 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.fasie.ru/upload/crit.rtf, свободный], в котором имеются следующие пункты (перечень составил более 70 критических технологий по семи приоритетным направлениям):

- «1.6. Распознавание образов и анализ изображений», в частности «1.6.4. Специализированные информационные технологии распознавания, прогнозирования и анализа изображений (для классов задач и предметных областей)» и «1.6.5. Инструментальные средства широкого назначения, базы данных и базы знаний для поддержки методов решения задач распознавания, прогнозирования и анализа изображений»;
- «4.4. Безопасность и контроль качества сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов», в частности «4.4.1. Государственная компьютерная система контроля состава и качества продовольственного сырья и пищевых продуктов на всех стадиях производства, переработки, хранения и реализации», «4.4.2. Оптимальная номенклатура показателей качества и безопасности продуктов, включаемых в нормативную документацию», «4.4.5. Современные методы физико-химического анализа, гарантирующие точность измерений показателей безопасности продуктов» и «4.4.6. Экспресс-методы определения вредных веществ в продовольственном сырье и пищевых продуктах».

Под **приоритетными направлениями** развития науки и техники понимаются основные области исследований и разработок, реализация которых должна обеспечить значительный вклад в социально-экономическое и научно-техническое развитие страны и в достижение за счет этого национальных социально-экономических целей. Под **критическими технологиями** понимаются такие технологии, которые носят межотраслевой характер, создают существенные предпосылки для развития многих технологических областей или направлений исследований и разработок [Приоритетные направления развития науки и техники: материалы конференции [Электронный ресурс] // Сибирское отделение Российской Академии Наук. – 2006. – Режим доступа: http://www-sbras.ict.nsk.su/Russian_Sciencis_Conference.htm, свободный].

Серьезный прогресс в формировании реального сектора экономики, ориентированного на выпуск инновационной продукции, может быть достигнут на основе реализации наукоемких проектов, нацеленных на реализацию критических технологий [О приоритетных направлениях развития науки и техники Российской Федерации и перечне критических технологий федерального уровня [Электронный ресурс] // ФГУ НИИ РИНКЦЕ. – Портал «Наука и инновации в регионах России».– 2007. – Режим доступа: <http://regions.extech.ru/acts/lists/lists1.php>, свободный]. Это наилучшим образом подтверждает необходимость разработки современных отечественных технологий в области цифрового анализа изображений, в том числе применительно к решению задач контроля качества продуктов питания и сельскохозяйственного сырья. В связи с предстоящим вступлением России во Всемирную торговую организацию (ВТО), потребуется гармонизация существующих государственных стандартов с международными и современное лабораторное оборудование, а квалифицированные специалисты станут еще более востребованными.

Современный анализ качества зернопродуктов

Одна из задач производственно-технических лабораторий зерноперерабатывающих предприятий – быстро и точно оценить качество поступающего зернового сырья, но в настоящее время большинство зерноперерабатывающих предприятий, в том числе и Алтайского края, имеют устаревшую лабораторную базу. Сегодня фермер может проверить качество выращенного зерна в испытательных центрах, функционирующих в крупных городах и на хлебоэкспертных пунктах при крупных элеваторах, а качество семян – в семенных лабораториях, которые есть не в каждом районе. Пока только эти организации способны дать оперативную оценку качества зерна на всех этапах производства, хранения и переработки. Полученные сертификаты качества и соответствия необходимы производителям, чтобы продавать зерно по той цене, которой оно заслуживает.

Современные требования к продукции зернопереработки – повышение качества, снижение себестоимости производства при очень жёстких сроках – не могут быть удовлетворены без использования новых технологий. Для этого необходимо организовать совместную работу различных специалистов, обеспечив их возможностью быстрого внесения изменений в технологический процесс, рассмотрев несколько различных решений и выбрав наилучшее. Важным является применение компьютерной техники: она необходима для проведения расчётов и исследований, с её помощью можно выразить и проверить новые идеи, представить их в наглядном виде [Голик А.Б. Компьютерное моделирование и видеоанализ процесса переработки зерна [Электронный ресурс] / А.Б. Голик, В.С. Лузев // Горизонты образования. – 2002. – В. 4./ Юбилейная 60-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава, посвящённая 60-летию АлтГТУ. Часть 6. Факультет Пищевых производств. – С. 3. – Режим доступа: <http://edu.secna.ru/main/review/>, свободный].

Технологические процессы переработки зернопродуктов имеют огромную историческую базу, изменения этих процессов сложны, но изменения необходимы, так как, не редко, технологии не соответствуют современным условиям. В этих условиях инженерные данные и результаты исследований приобретают большую цену. Издержки на приобретение и поддержание нового оборудования малы в сравнении с издержками при потере инициативы на рынке.

Анализаторы зернопродуктов

Европейские производители сельскохозяйственного, лабораторного оборудования и аналитического оборудования для контроля качества в производстве продовольствия, такие как «Chopin», «Foss Tecator», «Perten» (рисунки 2-в и 2-г), «Retsch» (рисунок 2-б), «Bühler» предлагают широкий выбор информационно-измерительных систем: инфракрасные и лазерные анализаторы, системы цифрового анализа изображений. Представлены на рынке и отечественные разработки, например, инфракрасные анализаторы серии «ИнфраЛЮМ» (рисунок 2-а) компании «Люмэкс» (Санкт-Петербург).

БИК-анализаторы (ближняя инфракрасная спектроскопия отражения и пропускания) позволяют измерить широкий спектр качественных характеристик пищевых продуктов, в том числе зерна, муки и крупы: белизну и цвет муки, массу зерна, его размер и влажность, содержание белка, крахмала, клейковины и т.д. Определяют среди прочих показателей – твердозерность и стекловидность зерна. БИК-анализаторы имеют международные сертификаты ISO и сертификаты федеральной зерновой инспекции США, национальным стандартом Франции одобрено определение зольности муки на приборах «Perten» [От зерна до хлеба: современное оборудование, обеспечивающее достоверную оценку качества [Электронный ресурс] // Зерно и зернопродукты. – 2006. – №3 (11). – Казахстан. – Режим доступа: <http://www.soctrade.kz/103.html>, свободный]. Информационно-измерительные системы широко применяются в лабораториях зерновых комиссий и на элеваторах США и Канады, они уже давно решили проблему оперативного контроля качества зерна, сдаваемого фермерами. Метод оценки качества зерна с помощью систем цифрового анализа изображений официально признан и используется в большинстве «зерновых» стран мира [Алтаев В. Зерновой экспертизе – международный уровень [Электронный ресурс] / В.Алтаев. – 2004. – Режим доступа: <http://www.zakon.kz/our/news/news.asp?id=29113>, свободный].



а – инфракрасный анализатор зерна «ИнфраЛЮМ ФТ-40» компании «Люмэкс»;
б – система анализа изображений «Camsizer» компании «Retsch»; в – гранулометрический анализатор зерна «SKCS-4100» компании «Perten»; г – пример вывода результатов измерения анализатором «SKCS-4100»

Рисунок 2 – Информационно-измерительные системы для анализа зернопродуктов

Несмотря на оперативность получения результатов измерений подготовка образцов для БИК-анализа и фотометрии сопряжена с определёнными трудностями. Следует отметить, что в силу большого разнообразия сортов зерновых культур и условий их выращивания для различных регионов Российской Федерации (а также стран ближнего и дальнего зарубежья) единой зависимости между светопропусканием слоя зерна, массовой долей клейковины для пшеницы, стекловидностью или содержанием белка не существует. Поэтому покупателям отечественных анализаторов зерна типа «Спектран» и «ИнфраЛЮМ» предлагается предоставлять предприятиям-изготовителям приборов 10 образцов зерна местных сортов для корректировки показаний этих анализаторов применительно к местным сортам и условиям выращивания пшеницы у заказчика [Об особенностях определения массовой доли клейковины и содержания белка в зерне пшеницы [Электронный ресурс] // Агропромышленный портал юга России. – 2006. – Режим доступа: <http://www.agroyug.ru>, свободный].

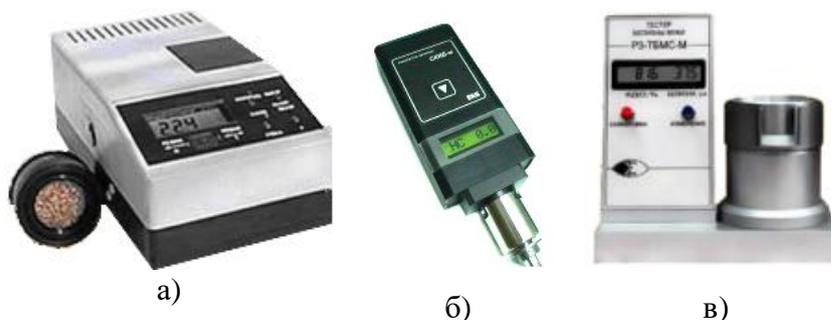
Основным же недостатком указанных выше высококлассных измерительных систем (как отечественного и импортного производства) остаётся высокая цена – от 500 тысяч до нескольких миллионов рублей. Все предлагаемые на Российском рынке анализаторы зернопродуктов представляют собой сложные, дорогостоящие специализированные приборы, недоступные по цене не только научно-исследовательским организациям, малым и средним предприятиям, но, иногда, и крупным зернопереработчикам.

Необходимо добавить, что для работы с таким оборудованием требуется специально обученный персонал. Особенно хочется обратить внимание на то производители анализаторов не рекомендуют руководителям предприятий уповать на способность сотрудников к самообучению и советуют потратить средства на их переподготовку при помощи квалифицированных преподавателей из специализированных учебных центров. Использование специалистов с фрагментарными знаниями, самостоятельно полученными из сопроводительной технической документации, при работе с такими сложными приборами, сводят эффективность анализа к нулю.

Экспресс-анализаторы зернопродуктов

В настоящее время, недорогие (стоимостью от 25 до 50 тыс. рублей) БИК-анализаторы, фотоэлектрические диафаноскопы (например серии «Протеин» ГУП «ЦКБ «Фотон», рисунок 3-а) и белизномеры (серии «БЛИК», «СКИБ», «РЗ-ТБМС» и пр., рисунки 3-б и 3-в), измеряющие какой-либо один параметр (стекловидность, белок, белизну муки, клейковину и т.д.) или небольшую группу параметров – основное средство экспресс-анализа хлебопродуктов, муки, крупы и зерна [Об особенностях экспресс-оценки качества зерна пшеницы с помощью анализатора зерна «Протеин-1» // Опыт, проблемы, перспективы. – Казань: ФГУП «ЦКБ «Фотон» – 2005].

Принцип БИК-измерений – установление взаимосвязи между определяемыми показателями и инфракрасными оптическими спектрами образца. Преимущества инфракрасного экспресс-анализа – это быстрота (время анализа 2-3 минуты) и невысокая стоимость [Анализаторы зерна в предуборочном обследовании пшеницы [Электронный ресурс] // Земля и жизнь. – 2004 – №13. – Режим доступа: http://pressa.kuban.info/articles/ zemlya_i_zhizn/406/42048, свободный].



а – фотоэлектрический диафаноскоп «Протеин-1»; б – белизномер «СКИБ-М»;
в – белизномер «РЗ-ТБМС-М»

Рисунок 3 – Приборы экспресс-анализа зернопродуктов

Использование экспресс-анализаторов не решает проблему повышения точности измерений. Фотометрические методы и БИК-анализ не являются прямыми методами измерения, т.е. требуется проводить градуировку, отсюда – меньшая точность недорогих приборов. Остаётся необходимость выделения эталонных образцов и проведения их анализа стандартными методами, в том числе в химических лабораториях [Алтаев В. Зерновой экспертизе – международный уровень [Электронный ресурс] / В.Алтаев. – 2004. – Режим доступа: <http://www.zakon.kz/our/news/news.asp?id=29113>, свободный]. Разработка градуировочных баз данных, как правило, оценивается достаточно высоко, поскольку для неё требуется отобрать представительные образцы и провести их полный химический анализ. Для работы с большинством экспресс-анализаторов требуется внешний компьютер, программы обработки спектров, пакеты калибровок на конкретные типы образцов [Анализаторы зерна в предуборочном обследовании пшеницы [Электронный ресурс] // Земля и жизнь. – 2004 – №13. – Режим доступа: http://pressa.kuban.info/articles/zemlya_i_zhizn/406/42048, свободный]. Точность прогноза класса качества зерна зависит от внесённых поправок к показаниям прибора [Алтаев В. Зерновой экспертизе – международный уровень [Электронный ресурс] / В.Алтаев. – 2004. – Режим доступа: <http://www.zakon.kz/our/news/news.asp?id=29113>, свободный]. Так, покупатели анализатора зерна «Протеин-1» должны сами по методике изложенной в руководстве по эксплуатации произвести адаптацию прибора на 8-10 образцах местной пшеницы путем сравнения показаний анализатора с результатами лабораторных анализов этих образцов зерна с целью определения средней величины отклонений от ГОСТ [Анализатор зерна «Протеин-1» Руководство по эксплуатации АЭП 34.04.002 РЭ. – ФГУП «ЦКБ «Фотон», 2005. – 22 с].

Анализ зернопродуктов с помощью цифровых изображений

В России компьютерные системы анализа изображений начинают применяться для контроля качества готовой продукции и сырья в области зернопереработки и производства продуктов питания. В технологических схемах переработки зерна всё чаще используются фотосепараторы, для оценки эффективности работы которых, наилучшим образом подходят цифровые информационно-измерительные системы.

Цифровой анализ изображений применим для определения большинства визуальных характеристик [Голик А.Б. Перспективы и сферы применения видеокomпьютерного анализа зерна и продуктов его переработки / А.Б. Голик, В.С. Лузев, В.В. Лузев // Современные проблемы техники и технологии хранения и переработки зерна: Сборник докладов пятой республиканской научно-практической конференции / Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ. – 2002. – С. 54 – 57]:

- определения размеров и формы зерна и зернопродуктов;
- анализа гранулометрического состава зерна, муки и крупы;
- формы и выполненности зерна;
- крупности и выравненности зерновой массы;
- анализ чистоты зерна, определение содержания засорителей;
- анализа фракционного состава;
- измерения стекловидности зерна;
- анализа цветовых характеристик и т.д.

Для решения исследовательских и прикладных задач, связанных с анализом изображений зернопродуктов, мы предлагаем использовать программно-аппаратный комплекс (ПАК), состав которого определяется типом анализируемых образцов, а также потребностями и возможностями заказчика [Голик А.Б. Автоматизированная система анализа гранулометрического состава зернопродуктов [Электронный ресурс] / А.Б. Голик, В.С. Лузев // Горизонты образования. – 2002. – В. 4./ Юбилейная 60-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава, посвящённая 60-летию АлтГТУ. Часть 6. Факультет Пищевых производств. – С. 4. – Режим доступа: <http://edu.secna.ru/main/review/>, свободный]. Все, определённые методикой, этапы исследования (ввод изображений, их преобразование, проведение измерений и вывод результатов) производятся с помощью цифровых устройств, а задачи сбора, анализа и вывода информации распределены между аппаратными и программными модулями. Применение серийно выпускаемых устройств (сканера или цифровой камеры, компьютера) обеспечивает комплексу высокую надежность в работе в сочетании с невысокой ценой. При необходимости любое из этих устройств может быть заменено аналогичным или более совершенным. После ввода изображения в компьютер последующий анализ производится с помощью программного обеспечения (ПО), именно оно и должно определять технологию работы такого анализатора и набор измеряемых качественных показателей исследуемого продукта.

Обзор программного обеспечения для анализа изображений

Совершенно очевидно, что использование анализа изображений — это не самоцель, а средство достижения поставленной цели. Поэтому, прежде всего, были внимательно изучены предложения ПО анализа изображений на отечественном рынке, детально рассмотрены технические и экономические характеристики предлагаемых систем. Цель такого обзора – проверить, согласуются ли возможности предлагаемых систем с теми задачами, которые предстоит решать зерноперерабатывающему предприятию. Любые, даже самые прекрасные рекомендации не будут ничего стоить, если не предусмотреть соответствующие меры по их реализации.

Потенциальные покупатели и пользователи ПО в первую очередь анализируют и сравнивают друг с другом многочисленные свойства тех или иных разработок. Свойств этих множество и на основе сравнений, к примеру, об используемых аппаратных платформах или операционных системах сложно сделать выбор в пользу той разработки, которая оптимально справится с поставленной задачей. Известно, что у «тысячи людей – тысяча мнений», поэтому нередко в технических требованиях к системе, которые выдвигают заказчики, могут одновременно фигурировать чуть ли не взаимоисключающие параметры. Например, высокая производительности системы должна сочетаться с низкой ценой и требованием, чтобы система работала на ПК с определённой операционной системой (ОС). Из чего следует необходимость чётко обозначить критерии выбора.

Основные требования:

- Прежде всего это **доступность** – системы должны работать на ПК, не выпадая при этом из традиционного уровня цен на данное оборудование. Квалифицированный исследователь, умеющий работать на ПК, может в течение короткого времени самостоятельно с помощью технической документации обучиться основным приемам работы с системой и получить базовые навыки.
- **Открытость** – большинство систем имеет различные варианты специальной среды или интерфейса, что позволяет решать весьма специфические задачи анализа в той или иной области. ПО должно иметь единую терминологию.

Систему как единое целое образует неразрывная связка «пользователь – технические средства – ПО». Только успешное взаимодействие этих элементов как единого целого даст наибольший эффект [О приоритетных направлениях развития науки и техники Российской Федерации и перечне критических технологий федерального уровня [Электронный ресурс] // ФГУ НИИ РИНКЦЕ. – Портал «Наука и инновации в регионах России». – 2007. – Режим доступа: <http://regions.extech.ru/acts/lists/lists1.php>, свободный]. В связи с этим, наибольшее внимание уделялось следующим характеристикам:

- программные характеристики, классифицирующие системы по отдельным особенностям программных решений;
- технические характеристики, определяющие особенности используемых в системе средств вычислительной техники и периферийного оборудования;
- эргономические характеристики, оценивающие эффективность взаимодействия пользователя с программно-техническими средствами системы.

Естественно, система должна обеспечивать решение задач существующих и быть оптимальна для конкретного предприятия. В соответствии с областью использования – анализом зернопродуктов – и по сравнению с традиционными методами анализа, ПО должно обеспечить исследователю следующие выгоды:

- существенное сокращение сроков проведения анализа, автоматизация выполнения монотонных однотипных операций (так называемый пакетный режим);
- повышение качества анализа, повышения аккуратности и точности выполненных работ;
- возможность оптимального выбора экономически выгодных, стандартных комплектующих системы;
- использования готовых баз данных и методик;
- возможности оперативной модификации системы в соответствии с изменениями в технологии переработки сырья на конкретном предприятии.

Приведём несколько характерных примеров коммерчески успешных разработок с целью ознакомления с возможностями ПО.

На рынке широко представлены программные продукты (работающие под управлением ОС «Microsoft Windows», «Linux» и «Apple MacOS») европейских и американских разработчиков «Leica Microsystems», «Leco», «Buehler», «Hamilton Thorne», «Clemex», «Scion Corporation». Ими накоплен огромный опыт внедрения систем анализа изображений. Можно ли применять его в условиях нашей страны? Достаточно распространённое мнение, что нельзя, однако внедрение компьютерных систем анализа изображений на различных предприятиях России выявляет те же проблемы, что и за рубежом.

ПО «Image-Pro» (рисунки 4, 5 и 6) американской компании «Media Cybernetics», основная область применения – медицина и материаловедение [Image-Pro Plus & Materials-Pro provide the complete imaging solution for materials analysis [Электронный ресурс] // Media Cybernetics.– 2007. – Режим доступа: <http://www.mediacy.com/ippage.htm>, свободный]. Стоимость ПО – от \$2000 до \$10000 в зависимости от комплектации [ПО для анализа видеоизображений [Электронный ресурс] // Элтискон. – 2003. – Режим доступа: <http://www.elticon.com/produkt/index.htm>, свободный].

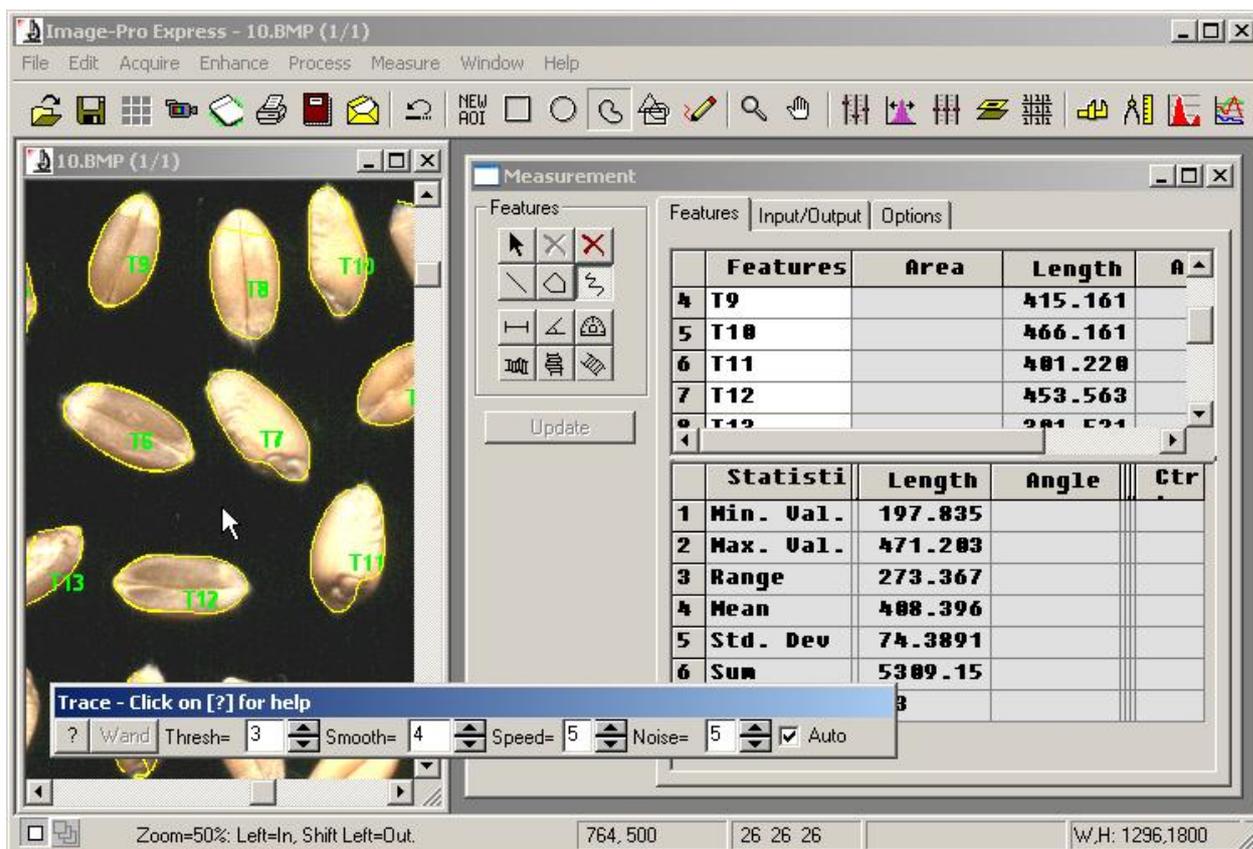


Рисунок 4 – Гранулометрический анализ зерна пшеницы с помощью программы «Image-Pro Express»

«Media Cybernetics» – наиболее известная и признанная компания-производитель программного обеспечения для анализа изображений, ведущая свой бизнес на международной арене, эту фирму, можно назвать лидером в данной области.

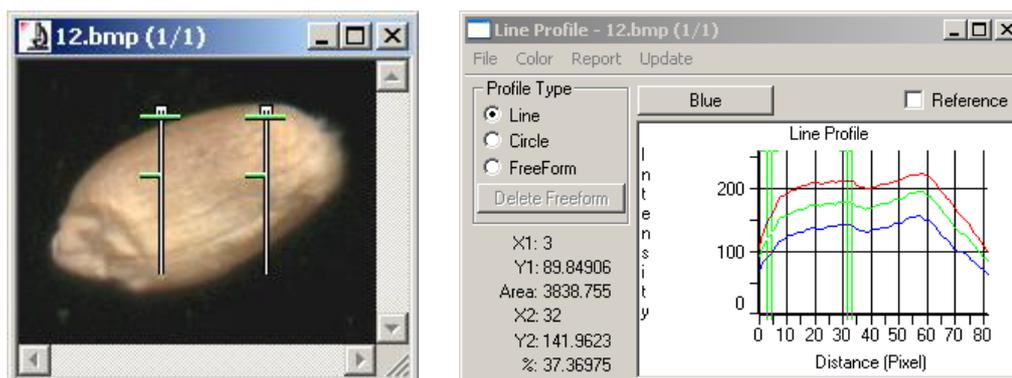
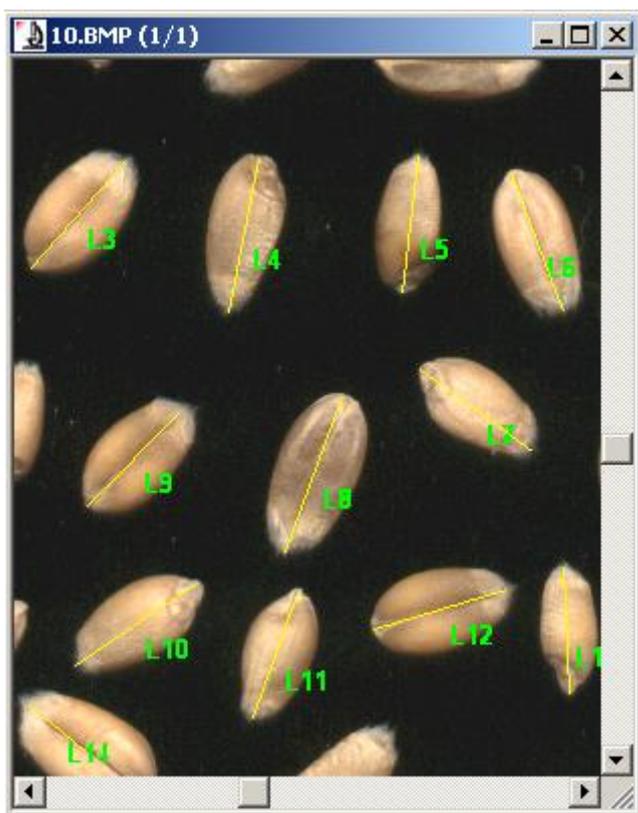
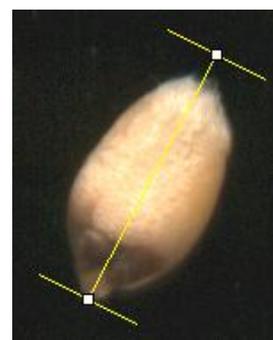


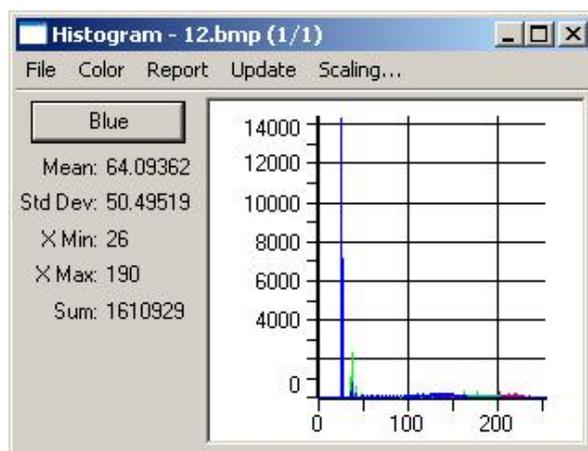
Рисунок 5 – Анализ линии профиля зерна пшеницы в программе «Image-Pro Express»



а)



б)



в)

а – измерение линейных размеров объектов; б – измерение размеров в ручном режиме;
в – построение гистограммы изображения

Рисунок 6 – Анализ изображения пшеницы в программе «Image-Pro Express»

ПО для универсального анализа изображений «analySIS FIVE» (рисунок 7) [Image Analysis Software analySIS FIVE [Электронный ресурс] // Olympus. – 2007. – Режим доступа: <http://www.olympus.co.jp/en/insg/ind-micro/product/software.cfm>, свободный] – эта программа позволяет проводить обработку и количественный анализ изображений, а также обеспечивает возможность программирования посредством языка «Imaging C». Системы применяют в различных областях: материаловедении, биологии и медицине, для контроля качества и др. Данное ПО может использоваться с разнообразными цифровыми системами ввода изображений для микроскопических исследований. В настоящее время системы, «analySIS FIVE» работают в тысячах институтов и компаний по всему миру.

ПО разработано «Soft Imaging System» (Германия), крупной компанией, производящей не только программное обеспечение, но и цифровые камеры, значительную долю бизнеса занимает комплектация системами анализа электронных микроскопов. В настоящее продвижение «analySIS FIVE» на мировом рынке ведёт корпорации «Olympus». Системы на базе ПО «analySIS FIVE» – весьма дорогостоящее решение, цена в базовой комплектации от 10000 до 100000 евро.

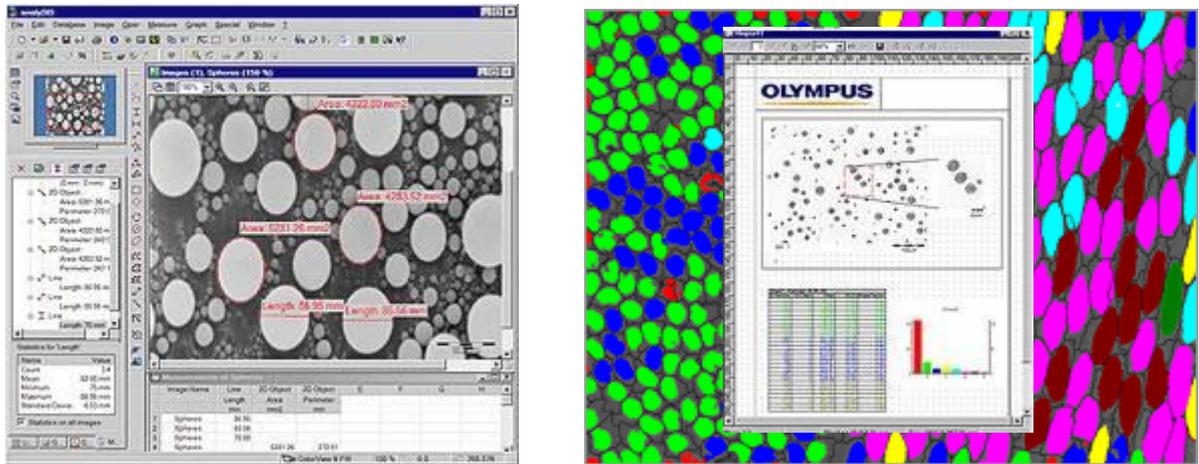


Рисунок 7 – Гранулометрический анализ и классификация объектов в программе «analySIS FIVE»

Французская компания «Noesis» предлагает универсальное программное обеспечение для анализа изображений «Visilog» (рисунок 8) [Agro-food Applications [Электронный ресурс] // Noesis. 2007. – Режим доступа: http://www.noesis.fr/private/en/applications/agroalimentaire_1.htm, свободный]. Отличительная особенность – наличие специализированных методик анализа изображений сельскохозяйственного сырья и продуктов питания.

Стоимость ПО «Visilog» – от 1500 до 10000 евро.

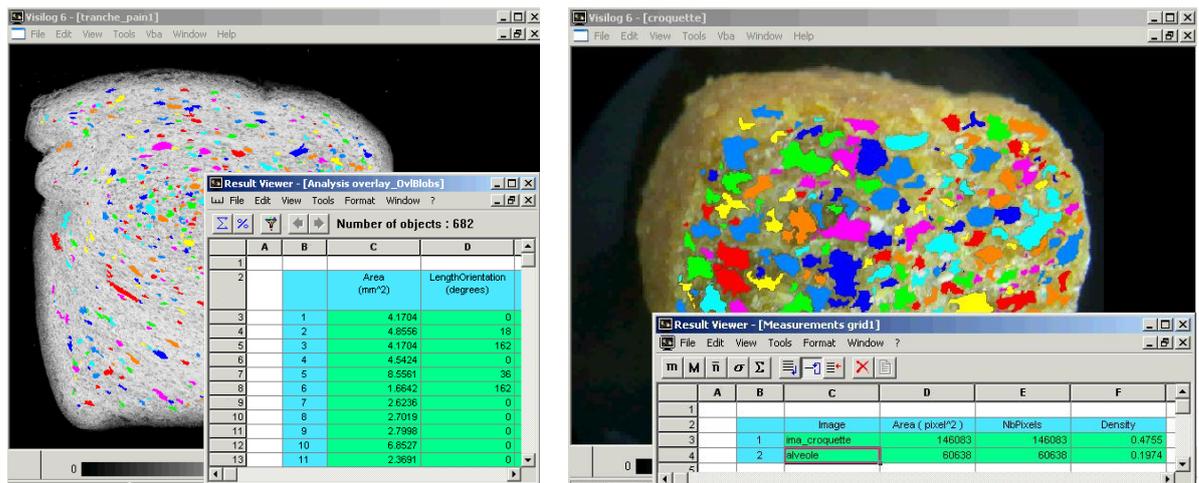


Рисунок 8 – Анализ пористости хлеба с помощью программы «Visilog»

«Image Lab» компании «MCM Design» (Дания) – это комплексное программное обеспечение для научного анализа изображений (рисунок 9), позволяющее обрабатывать изображения, полученные со сканера или цифровой камеры, на персональном компьютере [Products, Image Analysis [Электронный ресурс] // MCM DESIGN. – 2007. – Режим доступа: <http://www.mcm-design.dk/pages/il.html>, свободный].

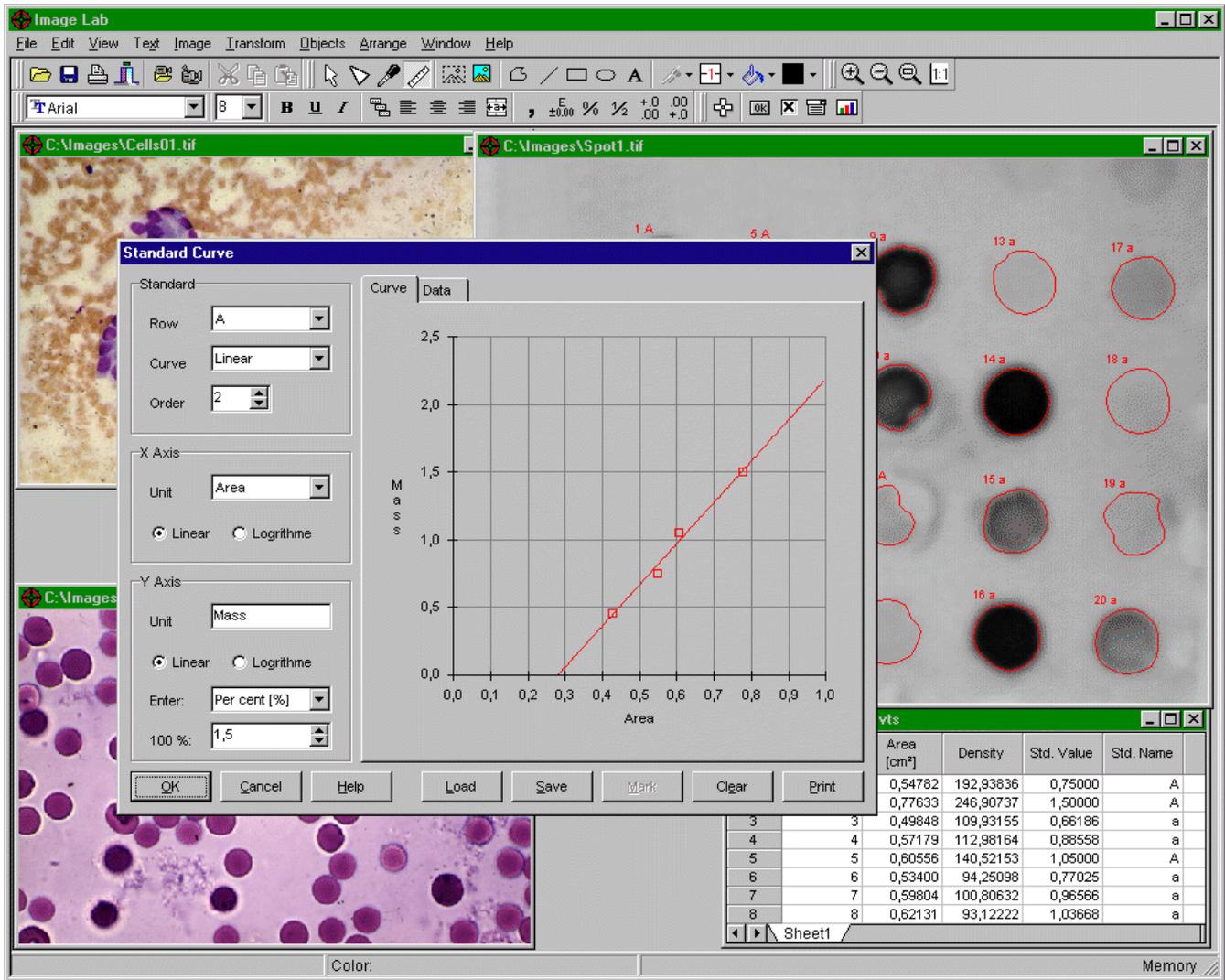


Рисунок 9 – Гранулометрический анализ в программе «Image Lab»

ПО реализуется как в виде пакета приложений, так и в виде отдельных модулей и компонентов. «Image Lab» предоставляет обширный набор инструментов для всех этапов ввода и обработки изображения и представления результатов анализа. Как одну из особенностей «Image Lab» можно указать то, что программа работает с популярным форматом таблиц Microsoft Excel. Стоимость ПО в зависимости от комплектации – от 800 до 5000 евро.

Из отечественных разработчиков универсальных систем для анализа изображений отметим компании «Иста-ВидеоТест» (Санкт-Петербург), «Nexsys» (ООО «Новые экспертные системы», Москва), ООО «НВП Центр-ЭСТАгео». ПО этих компаний реализуется как в виде отдельных программных пакетов, так и в составе ПАК.

Анализатор изображений «ImageExpert Pro» компании «Nexsys» (рисунок 10) – это универсальный инструмент для численного анализа изображений в науке и на производстве. Сферы применения: металлография, медицина и биология, химическая и атомная промышленности [Программы анализа изображений [Электронный ресурс] // Nexsys. – 2007. – Режим доступа: <http://www.nexsys.ru/ru/iepro3x.htm>, свободный].

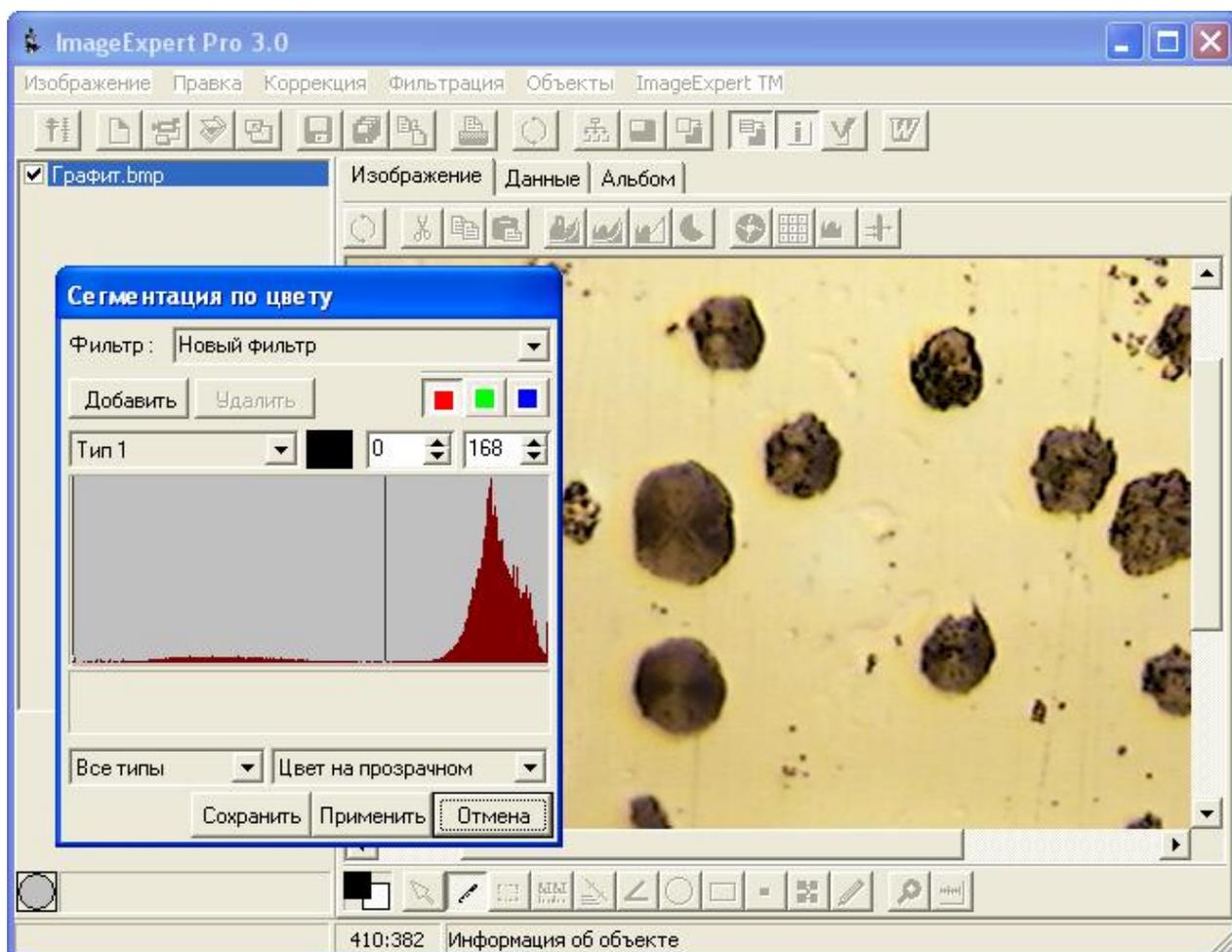


Рисунок 10 – Пороговая сегментация изображения в программе «ImageExpert Pro»

В области создания систем анализа изображений фирма «ВидеоТест» работает с 1990 года. Предлагаемые ей ПАК комплектуются ПО «ВидеоТест-Мастер» (рисунок 11) [Анализаторы изображений [Электронный ресурс] // Видеотест. –2007. – Режим доступа: <http://www.videotest.ru/rus/index.html>, свободный]. Области применения: медицина и биология, материаловедение, науки о земле.

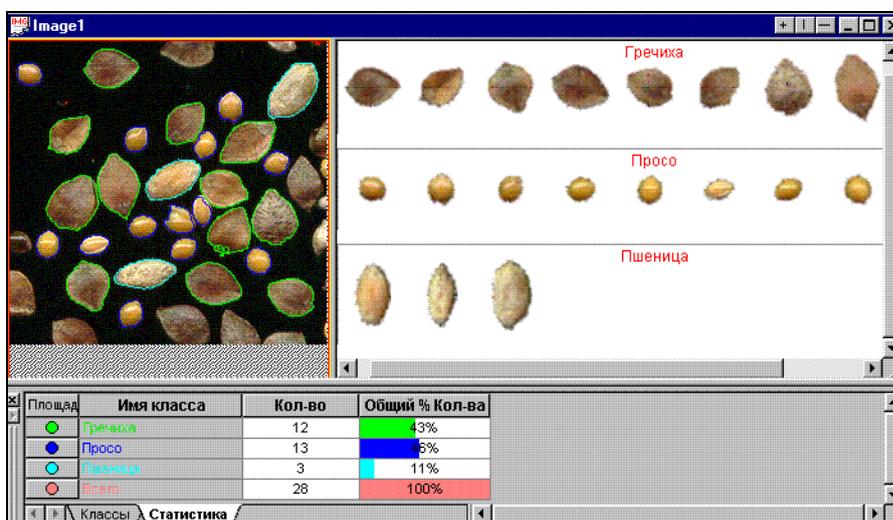


Рисунок 11 – Классификация зерновой смеси с помощью программы «ВидеоТест-Мастер»

Широко представлены на Российском рынке разработки компаний и институтов из стран СНГ, в частности Белоруссии: ПАК «Bioscan NT» лаборатории информационно-компьютерных технологий Минского государственного медицинского университета [Система анализа изображений Bioscan [Электронный ресурс]. –2004. – Режим доступа: <http://itlab.unibel.by/bioscan>, свободный], программный комплекс «Autoscan Image Processor» (рисунок 12) ЗАО «Спектроскопические системы» НИИ ПФП им. А.Н.Севченко Белгосуниверситета [Система анализа изображений AutoScan [Электронный ресурс]. // Спектроскопические системы. – 2007. – Режим доступа: <http://www.spectrosystems.com>, свободный].

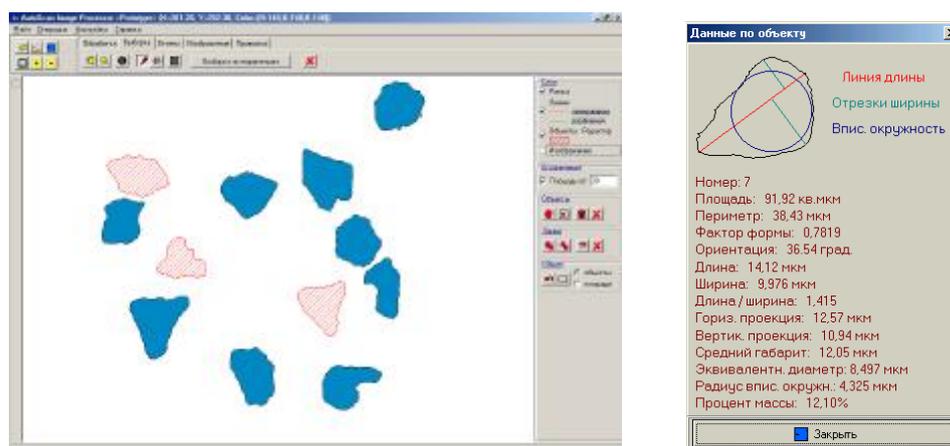


Рисунок 12 – Измерение объектов в программе «Autoscan Image Processor»

В общей сложности на Российском рынке представлены десятки наименований специализированного ПО и ПАК анализа изображений, применяющиеся в самых разнообразных областях.

Выводы

У большинства представленных систем имеется набор стандартных модулей:

- ввод и вывод изображений;
- преобразование изображений и фильтры;
- измерение размеров и цветовых характеристик;
- статистический анализ;
- представление результатов;
- средства автоматизации и работы с макросами и т.д.

Все эти модули могут представлять собой как самостоятельные программы, функционирующие под управлением различных ОС, так и интегрированные элементы систем вокруг базового ядра.

По специализации программных средств ПО анализа изображений можно условно разделить на следующие группы:

- **узкоспециализированные программы**, предназначенные для выполнения одной локальной функции, например, анализатор изображений для геомониторинга «ВидеоМастер+» компании «Foreman Electronics» [Центр высоких технологий [Электронный ресурс] // Foreman Electronics. – 2004. – Режим доступа: <http://www.f-el.ru/image.html?ru#progr>, свободный];
- **специализированные системы**, позволяющие автоматизировать комплекс задач, связанных с одной или несколькими достаточно узкими областями (материаловедение, металлография, медицина, биология и т.д.), в качестве примера можно привести отечественные анализаторы марки «SIAMS» фирмы «SIAMS Ltd.» (Екатеринбург) [Анализаторы SIAMS [Электронный ресурс]. // SIAMS. – 2007. – Режим доступа: <http://siams.com>, свободный];
- **универсальные системы**, позволяющие проводить анализ изображений самого широкого профиля, большинство недорогих систем можно отнести именно к универсальным системам.

По способу организации структуры ПАК узкоспециализированные и специализированные программы являются **нерасширяемыми системами**, т.е. используют стандартный набор взаимосвязанных модулей, реализующий все основные функции системы; изменение функциональных возможностей не предусмотрено. Для решения задач анализа зернопродуктов наибольший интерес представляют универсальные системы, большинство из которых являются **масштабируемыми модульными системами**. Ядро таких систем включает все требуемые базовые средства графики, средства диалога с пользователем, базу данных графической информации и позволяют компоновать специализированные системы на базе свободно подключаемых модулей, учитывающих специфику работ пользователя.

Кроме различия в технических решениях есть и некоторые типовые ограничения.

- Многие системы выполнены в виде типовых «стандартных» решений или набора подобных решений для разных отраслей и часто претендуют на определённый уровень универсальности.
- Другой класс систем наоборот делает акцент на расширенных возможностях при работе в узкой специализации конкретной отрасли.