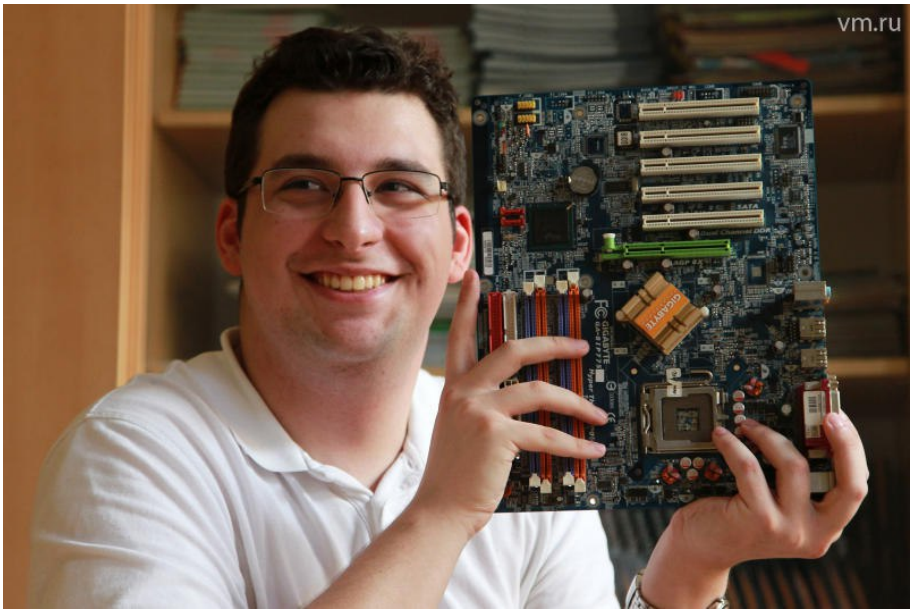
Компьютерная обработка видеоизображений оптического источника



Linkov V.V.
student of GBOU "School №2107"
Grunin I.U.
head of the expert-analytical center for engineering and technical audit,
LLC "Technological Institute "VEMO"

Линьков Валерий Владимирович
ученик ГБОУ «Школа №2107»
Грунин Игорь Юрьевич
руководитель экспертно-аналитического центра инженерно-технического аудита,
ООО «Технологический институт «ВЕМО»

COMPUTER PROCESSING OF VIDEO IMAGES OF OPTICAL SOURCE

Summary: Computer vision is used for non-destructive quality control of superconducting materials.

Key words: computer vision, non-destructive quality control, superconducting materials.

Аннотация: Использовано компьютерное зрение для неразрушающего контроля качества сверхпроводящих материалов.

Ключевые слова: компьютерное зрение, неразрушающий контроль качества, сверхпроводящие материалы.

Введение. Решение задач обеспечения комплексной безопасности (как антитеррористической и механической безопасности объектов, так и технологической безопасности инженерных систем), в настоящее время, требует системной организации контроля, текущего состояния объектов. Одними из наиболее перспективных способов контроля текущего состояния объектов являются оптические и оптико-электронные методы, основанные на технологиях обработки видеоизображений оптического источника. К ним относятся: программы по работе

с изображениями; новейшие способы обработки изображений; оборудования для получения, анализа и обработки изображений, т.е. комплекс средств и методов относящихся к области компьютерного и машинного зрения. Компьютерное зрение — это общий набор методов, позволяющих компьютерам видеть и распознавать трех- или двухмерные объекты, как инженерного направления, так и нет. Для работы с компьютерным зрение требуются цифровые или аналоговые устройства ввода-вывода, а также вычислительные сети и IP анализаторы локаций, предназначенные для контроля производственного процесса и подготовки информации для принятия оперативных решений в кратчайшие сроки.

Постановка проблемы. На сегодняшний день, главной задачей для проектируемых комплексов машинного зрения остаётся обнаружение, распознавание, идентификация и квалификация объектов потенциального риска, находящихся в случайном месте в зоне оперативной ответственности комплекса.

Существующие на данный момент программные продукты, направленные на решение перечисленных задач обладают рядом существенных недостатков, а именно: значительная сложность, связанная с высокой детализацией оптических образов; высокая потребляемая мощность и достаточно узкий спектр возможностей. Расширение задач обнаружения объектов потенциального риска, до области поиска случайных объектов в случайных ситуациях, находящихся в случайном месте, имеющимися программными продуктами не возможно, даже с задействованием суперкомпьютера.

Цель. Разработка универсальной программы обработки изображений оптического источника, с возможностью потокового анализа данных, то есть программа должна быть лёгкой и быстрой для того, чтобы её можно было записать на малогабаритное ЭВМ устройство.

Задачи:

— разработка математической модели программы;

— написание программы;

— опробирование программы в условиях лабораторного эксперимента, с полной подготовкой и проведением эксперимента;

— исследование возможности применения программы в смежных областях деятельности.

Обзор предметной области.

— 1955 год — Оливер Селфридж. Статья «Глаза и уши компьютера».

— 1958 год — Фрэнк Розенблатт. Компьютерная реализация персептрона.

— 1960-е годы — первые системы обработки изображений.

— 1970-е годы — Лавренсе Робертс. Концепция машинного построения трёхмерных образов объектов.

— 1979 год — Ганс-Хельмут Нагель. Теория анализа динамических сцен.

— 1990-е годы — Первые космические системы автоматической навигации автомобилей.

— 2003 год — Корпоративные системы распознавания лиц.

Актуальность программы определяется:

— отсутствием на рынке программного обеспечения программ обработки изображений с выводом подробного анализа инженерных составляющих объектов;

— постоянно растущими требованиями к качеству и скорости получения визуальной

информации, резко повышающими востребованность программ обработки изображений;

— существующей потребность в программах высокой производительности, надежных и простых с точки зрения пользователя;

— высокой стоимостью профессиональных программ обработки визуальной информации.

Анализ актуальности разработки программы.

— отсутствием на рынке программного обеспечения программ обработки изображений с выводом подробного анализа инженерных составляющих объектов;

— постоянно растущими требованиями к качеству и скорости получения визуальной информации, резко повышающими востребованность программ обработки изображений;

— существующей потребность в программах высокой производительности, надежных и простых с точки зрения пользователя;

— существует потребность программ высокой производительности и простого управления, чего добиться в наше время крайне сложно. Для примера я взял Adobe Photoshop. Данный графический редактор обладает гармоничным сочетанием функциональности и простоты использования для рядового пользователя, но в данной программе невозможно работать со сложными инструментами по обработке изображения (например, анализ изображения путём построения математической зависимости (функции) или же интегральной обработкой изображений);

— высокой стоимостью профессиональных программ обработки визуальной информации. Если программное обеспечение качественно, то цена на него крайне высока, вплоть до отдельных функции того или иного набора программ. На графике ниже представлена зависимость цены/качества простых аналогов программы.

Для упрощения решения задач данного типа, мною была разработана математическая модель и написана программа для ЭВМ устройства по анализу изображения при помощи простейших преобразований исходных изображений. Программа работает с преобразованиями типа бинаризации, яркости, контраста изображения и т.д. Принцип действия программы продемонстрирован на примере анализа сверхпроводящих материалов. При создании композиционных сверхпроводников на основе Nb3Sn варьируется объемное соотношение бронзы и ниобия, размер и количество волокон в нем, равномерность их распределения по сечению бронзовой матрицы, наличие диффузионных барьеров и стабилизирующих материалов. При заданной объемной доле ниобия в проводнике увеличение количества волокон приводит, соответственно, к уменьшению их диаметра. Это ведет к заметному возрастанию поверхности взаимодействия Nb / Cu-Sn, что в значительной степени ускоряет процесс нарастания сверхпроводящей фазы. Такое увеличение количества сверхпроводящей фазы при повышении числа волокон в проводнике обеспечивает возрастание критических характеристик сверхпроводника. В связи с этим необходимо наличие инструмента для контроля объемной доли сверхпроводящей фазы в конечном продукте (композиционном сверхпроводнике). При создании программы учитывалась важность проведения исследований материалов, из которых создаётся сверхпроводящие кабели, так как при неправильном соотношении ниобия к бронзе возможен взрыв

проводов, а, следовательно, людские жертвы, денежные затраты и потеря времени. Данная программа позволяет определить качество проводов на основе химическо физического анализа объекта.

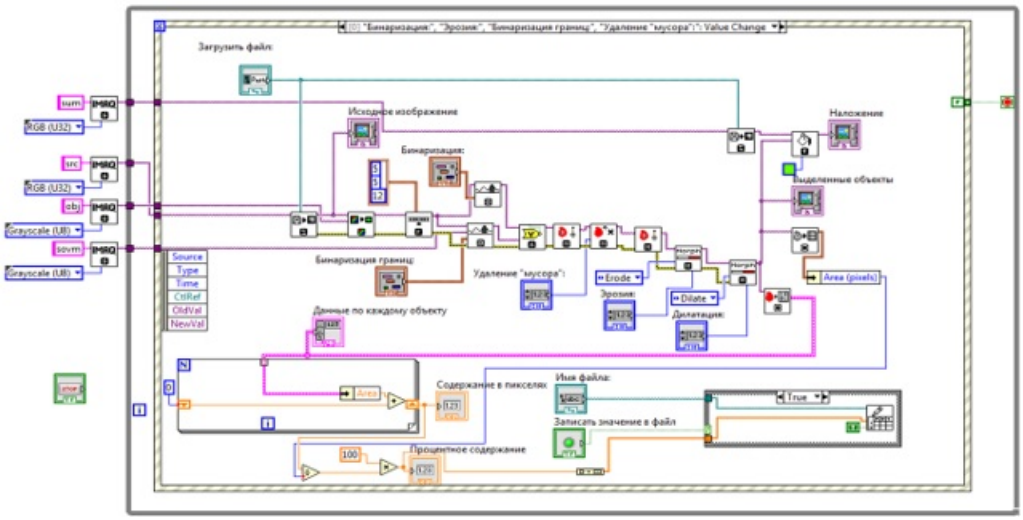


Рис. 1. Блок-диаграмма программы

Описание этапов исследования.

1 этап. Пробоподготовка: резка композиционного сверхпроводника на электроэрозионном станке; запрессовка образца в пластмассовую матрицу; полировка образца до зеркального состояния; травление образца для выделения волокон ниобия на бронзовой матрице. Получены образцы запрессованных композиционных сверхпроводниковых образцов;

2 этап. Получение изображений: получение металлографических изображений на сканирующем электронном микроскопе.

3 этап. Обработка изображений: создание инструмента для определения объемной доли сверхпроводящей фазы на металлографическом изображении; набор статистически значимых данных на конкретном типе образцов. Созданы математические модели различных инструментов по обработке изображений; создана программная разработка для оценки объемной доли сверхпроводящий фазы; программа была облегчена путём соединения нескольких математических функций в одну; было получено среднее значение объемной доли волокон ниобия в бронзовой матрице 24.7±0,1 %. Низкий процент отклонения свидетельствует о высокой повторяемости структуры композиционного провода.

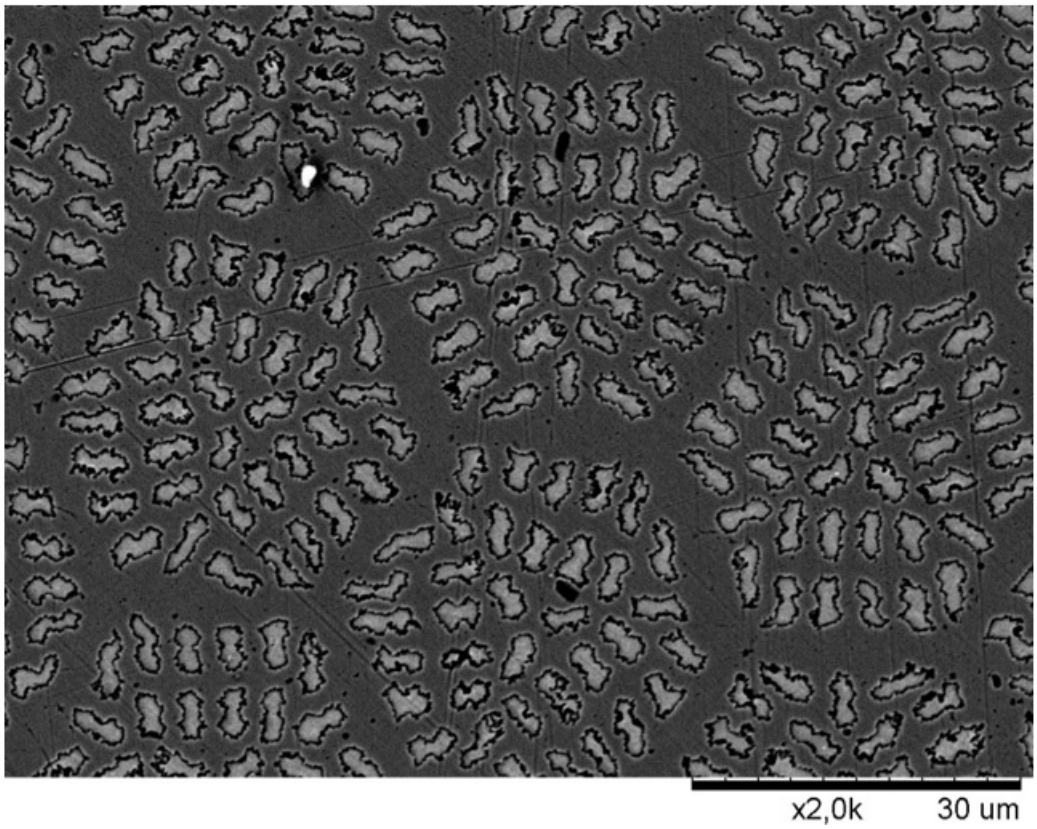


Рис. 2. Электронномикроскопическое изображения композиционных сверхпроводников.

Методы обработки изображений в программе.

— **Идентификация** — распознается индивидуальный экземпляр объекта, принадлежащего к какому-либо классу.

— **Бинаризация** — процесс перевода цветного (или в градациях серого) изображения в двухцветное черно-белое.

— **Сегментация** — это процесс разделения цифрового изображения на несколько сегментов (множество пикселей, также называемых суперпикселями).

— **Эрозия** — сложный процесс, при выполнении которого структурный элемент проходит по всем пикселам изображения. Если в некоторой позиции каждый единичный пиксел структурного элемента совпадет с единичным пикселом бинарного изображения, то выполняется логическое сложение центрального пиксела структурного элемента с соответствующим пикселом выходного изображения.

— **Дилатация** — свертка изображения или выделенной области изображения с некоторым ядром. Ядро может иметь произвольную форму и размер. При этом в ядре выделяется единственная ведущая позиция, которая совмещается с текущим пикселем при вычислении свертки.

Формулы работы программы.

— Формула бинаризации (метод Оцу):

$$1.\ G(i,j), i = \overline{1, Height}, j = \overline{1, Width},$$

$$2.\ N_T = \sum_{i=0}^{t-1} p(i) = Height \cdot Width,$$

$$3.\ \omega_1(t) = \frac{\sum_{i=0}^{t-1} p(i)}{N_T} = \sum_{i=0}^{t-1} N(i), \qquad \omega_2(t) = 1 - \omega_1(t),$$

$$4.\ \mu_T = \frac{\sum_{i=0}^{max\,(G)} i \cdot p(i)}{N_T} = \sum_{i=0}^{max\,(G)} i \cdot N(i),$$

$$5.\ \mu_1(t) = \frac{\sum_{i=0}^{t-1} i \cdot p(i)}{N_T \cdot \omega_1(t)} = \frac{\sum_{i=0}^{t-1} i \cdot N(i)}{\omega_1(t)}, \qquad \mu_2(t) = \frac{\mu_T - \mu_1(t) \cdot \omega_1(t)}{\omega_2(t)}.$$

— Формула эрозии:

$$A \ominus B = \{z \in A | B_z \subseteq A\}$$

— Формула дилатации

$$\int_{\Omega} Au \cdot v d\Omega = \int_{\Omega} a(u,v) d\Omega - \int_{\Gamma} p \cdot v d\Gamma, \qquad p \equiv \{p_1, p_2, p_3\}, \qquad p_i := \sigma_{ij} n_j \ \text{ на } \Gamma.$$

— Формула сегментации порогами цвета:

Определяется модуль градиента яркости для каждого пикселя изображения:

$$G(m,n) = max\{|G_m(m,n)|, |G_n(m,n)|\}$$

Вычисление порога:

$$t = \frac{\sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m,n) G(m,n)}{\sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} G(m,n)}$$

Перспективы дальнейшей разработки темы. Повышение точности обработки изображений; пакетная обработка изображений в автоматическом режиме; прямое подключение разработанного ПО к электронному микроскопу для оценки объемной доли ниобия в режиме реального времени.

Использованное оборудование и методы. CHMER GX-320L с ЧПУ — станок для электроэрозионной резки образцов, SimpliMet 1000 — станок для горячей запрессовки, AutoMet 250 Buehler — машина для шлифовки и полировки, Axio Scope A1 Carl Zeiss — оптический микроскоп для контроля качества шлифов, Hitachi TM-1000 — сканирующий электронный микроскоп для получения металлографических изображений, язык графического программирования LabVIEW с установленным дополнительным программным модулем Vision Development Module для выделения волокон ниобия на электронномикроскопических изображениях композиционных сверхпроводников.

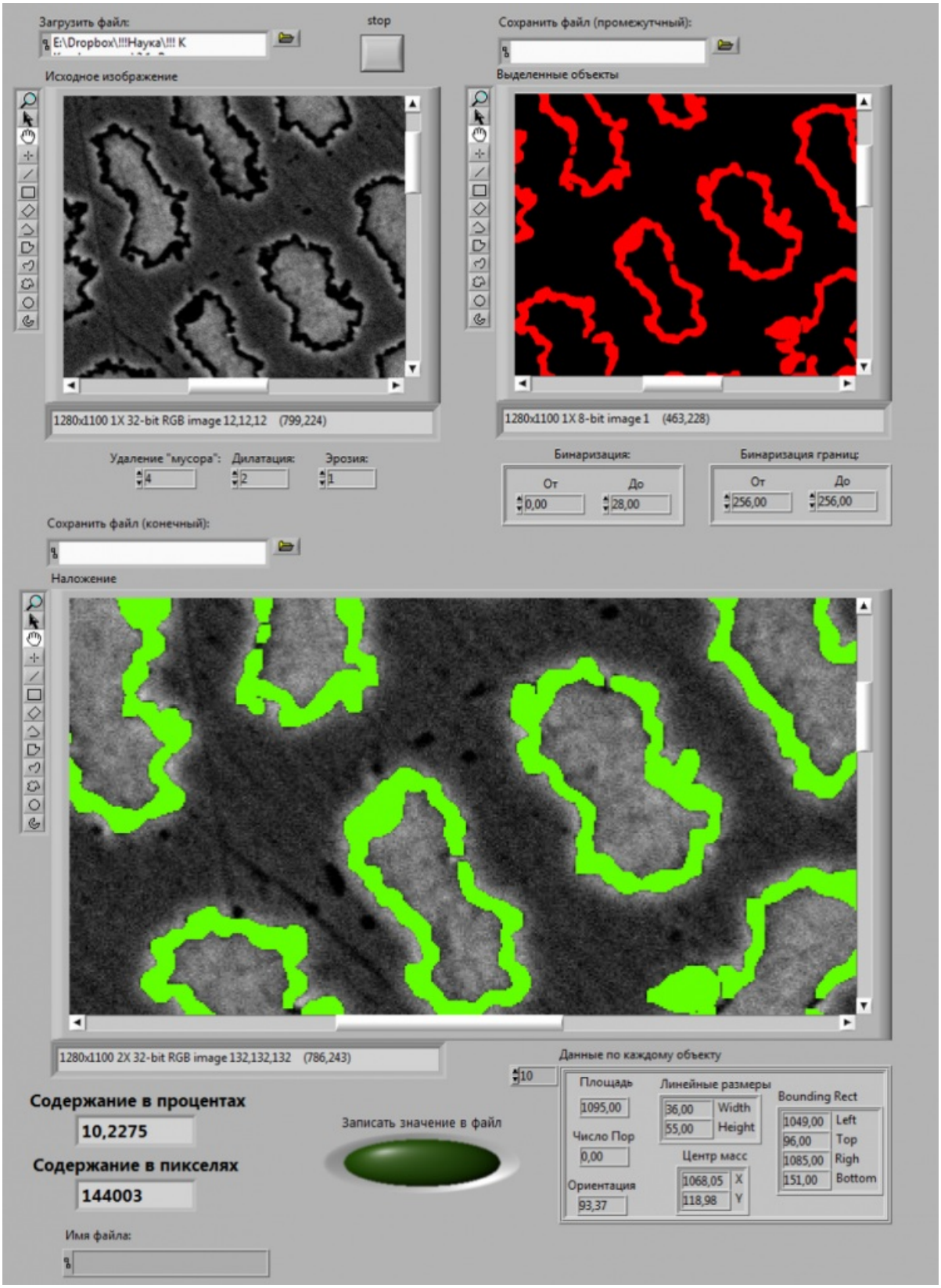


Рис. 3. Интерфейс программы.

Применение программы в смежных областях. Так как на данный момент нет программ для решения подобных задач, но есть в этом потребность, её можно применять в различных сферах деятельности. Например, анализ сверхпроводящих материалов. При небольшом изменении параметров программы она может использоваться и в медицине (например, в МРТ, хирургии и др.), строительстве (например, диагностика и лабораторные исследования материалов), биологии и биохимии (например, исследование ткани на клеточном уровне). Этот список можно ещё много продолжать, так как границ применения этой программы нет. Всё зависит от ситуации в которой

она нужна. Для примера были созданы проектные работы в других направлениях:

• Проект по поиску людей благодаря программе и дрону с камерой;

• Проект по созданию медицинского центра без врачей;

• Проект по анализу подлинности автомата Калашникова.

Заключение и вывод.

Цели проекта достигнуты и задачи выполнены в полнм объеме.

В результате разработки проекта:

— разработана математическая модель программы;

— написана программа обработки видеоизображений оптического источника при помощи простейших преобразований исходных изображений;

— проведено опробирование программы в условиях лабораторного эксперимента, с полной подготовкой и проведением эксперимента по определению объемной доли сверхпроводящей фазы на металлографическом изображении проводника;

— выполнено исследование возможности применения программы в смежных областях деятельности.

Используемая литература

1. «Может ли машина мыслить»; Алан Тьюринг; Едиториал УРСС, Ленанд; 2016
2. «Методы обработки и распознавания изображений лиц в задачах биометрии»; Г. А. Кухарев; Политехника; 2013
3. Computer Vision: A Modern Approach by D. A. Forsyth and J. Ponce, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 2002
4. Computer Vision. L. Shapiro and G. Stockman, Prentice-Hall, Upper Saddle River, N.J., 2000
5. Искусственный интеллект. Современный подход. Стюарт Рассел, Питер Норвиг. Москва/Санкт-Петербург/Киев, 2006.