

05.13.00 ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

05.13.05

УДК 681.518.5

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ДИАГНОСТИКОЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ**

© 2018

Татьяна Анатольевна Изосимова, кандидат технических наук,
зав. кафедрой «Гуманитарные и естественнонаучные дисциплины»

*Волжский филиал ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)», Чебоксары (Россия)*

Марина Валерьевна Максимова, кандидат педагогических наук,
доцент кафедры «Гуманитарные и естественнонаучные дисциплины»

*Волжский филиал ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)», Чебоксары (Россия)*

Ольга Валентиновна Михайлова, доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет», Княгинино (Россия)

Аннотация

Введение: важной проблемой при производстве радиоэлектронного оборудования является контроль качества печатных плат (ПП) на различных технологических этапах. Для диагностики печатных плат применяют бесконтактные оптические методы контроля с использованием современных программно-технических комплексов обработки изображения на основе технологий машинного зрения.

Материалы и методы: поиск дефектов и контроль проектных норм на изображении слоев печатных плат проведены методом математической морфологии Серра. Алгоритм диагностирования топологии печатной платы представлен в виде функциональной модели с помощью программной среды Ramus. Для разработки программного обеспечения автоматизированной системы использовалась среда графического программирования LabVIEW.

Результаты: в статье представлены результаты разработки автоматизированной системы диагностики печатных плат (АСД ПП) с использованием технологии машинного зрения. Аппаратное обеспечение АСД ПП выполнено на базе модульной платформы PXI с использованием модулей сбора данных PXI-6239 и генерации цифрового сигнала PXI-6509.

Обсуждение: для обнаружения дефектов топологии печатных плат используется техника контроля на основе алгоритма сравнения с эталоном и использования операторов математической морфологии. За эталон берется бинарное изображение бездефектного образца печатной «золотой платы», полученного путем сканирования и последующей обработки аппаратным модулем АСД ПП. Техника контроля топологии печатной платы состоит из предварительной обработки изображения (бинаризации изображения печатной платы с откорректированным масштабом и углом поворота), автоматического поиска дефектов методом сравнения с эталоном и с использованием морфологических операторов «отмыкание» и «замыкание», в результате чего определяем участки на печатной плате, где не выполняются конструкторско-технологические нормы.

Заключение: представленная техническая разработка автоматизированной системы диагностики печатных плат с использованием технологии машинного зрения, позволит обеспечить высокую точность и качество диагностирования топологии печатных плат, что приведет к сокращению бракованных изделий.

Ключевые слова: автоматизированная система диагностики, бинаризация изображения, бинарные флаги, ведомость дефектов, дефекты, «золотая плата», модульная платформа PXI, операторы математической морфологии, печатная плата, растровое изображение, функциональная модель, машинное зрение, эталон.

Для цитирования: Изосимова Т. А., Максимова М. В., Михайлова О. В. Разработка автоматизированной системы управления диагностикой печатных плат на основе машинного зрения // Вестник НГИЭИ. 2018. № 1 (80). С. 7–18.

DEVELOPMENT OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM BY DIAGNOSTIC PRINTING COVERS ON THE BASIS OF MACHINE VISION

© 2018

Tatyana Anatolievna Izosimova, Ph. D. (Engineering),
the head of the chair «Humanities and natural sciences disciplines»

*Volzhsky branch of FSBEU HE «Moscow Automobile
and Road Construction State Technical University (MADI)», Cheboksary (Russia)*

Marina Valerievna Maksimova, Ph. D. (Pedagogy),

The associate professor of the chair «Humanities and natural sciences disciplines»

*Volzhsky branch of FSBEU HE «Moscow Automobile
and Road Construction State Technical University (MADI)», Cheboksary (Russia)*

Olga Valentinovna Mikhailova, Dr. Sci. (Engineering), the associate professor,
professor of the chair of «Info communication Technologies and Communication Systems»
SBEU HE «Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics», Knyaginino, (Russia)

Abstract

Introduction: an important problem in the production of radio electronic equipment is the quality control of printed circuit boards (PCBs) at various technological stages. Non-contact optical control methods using modern software and hardware image processing complexes based on computer vision technology are used for the diagnostics of printed circuit boards.

Materials and Methods: the search for defects and control of project standards on the image of layers of printed circuit boards was carried out by the method of mathematical morphology of Serra. The algorithm for diagnosing the topology of a printed circuit board is presented in the form of a functional model by using the Ramus software environment. The LabVIEW graphical programming environment was used to develop the software of the automated system.

Results: the article presents the results of the automated system development for diagnosing printed circuit boards (ASD PCB) by using computer vision technology. Hardware ASD PCB is based on the PXI modular platform using PXI-6239 data acquisition modules and PXI-6509 digital signal generation.

Discussions: the control technique based on the algorithm of comparison with the standard and using the operators of mathematical morphology is used to detect defects in the topology of printed circuit boards. The binary image of a defect-free sample of a printed «gold board» obtained by scanning and subsequent processing by the hardware module ASD PCB is taken as the standard.

The technique for controlling the topology of a printed circuit board consists of pre-processing the image (binarization of the printed circuit board image with the corrected scale and rotation angle), automatic defect search by comparison with the standard and using the morphological operators «opening» and «closing», as a result of which we determine the areas on the printed board, where design and technology standards are not met.

Conclusion: the presented technical development of the automated system for diagnosing printed circuit boards using the technology of machine vision will allow providing high accuracy and quality of diagnosing the topology of printed circuit boards which will lead to reduction of defective products.

Key words: automated diagnostic system, image binarization, binary flags, defect list, defects, «gold board», PXI modular platform, mathematical morphology operators, printed circuit board, raster image, functional model, and machine vision, standard.

For citation: Izosimova T. A., Maksimova M. V., Mikhailova O. V. Development of automated control system by diagnostic printing covers on the basis of machine vision // Bulletin NGIEI. 2018. № 1 (80). P. 7–18.

Введение

Важной проблемой при производстве радио-электронного оборудования является контроль качества печатных плат (ПП) на различных технологических этапах, так высокая плотность проводников и минимально допустимые отклонения в производстве высокотехнологичных печатных плат предъявляют высокие требования к качеству изделий. Дефектом

при осуществлении контроля является отклонение элементов топологии на объекте (изображение или фотошаблон печатной платы) от проектной документации вследствие погрешностей при производстве, таких как несоответствие температурных и временных режимов производства. Значительные теоретические исследования в области контроля качества печатных плат были проведены Бергером Е.,

Кочегаровым И. И., Даниловой Е. А., Певницким С. Ю., Пироговой Е. В., Сарычевым Р. А., Хребтовым А. Р. [4; 14; 16; 17; 18].

При этом широкое применение для диагностики печатных плат получили бесконтактные оптические методы контроля с использованием современных программно-технических комплексов обработки изображения на основе технологий машинного зрения. Такие системы представлены в экспериментальных работах научных коллективов Института проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН (Москва), Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана [1; 2; 7; 11]. Применение машинного зрения в значительной степени повышает точность и качество диагностирования, позволяет уменьшить трудовые ресурсы и число бракованных изделий, тем самым осуществлять поставки только полностью проверенных изделий [5; 7; 8; 9; 12; 19].

Для контроля топологии печатной платы на разных этапах производства могут применяться различные ручные и автоматические методы с использованием как света, в том числе флуоресцентного, так и рентгеновского излучения [18]. Алгоритмы, используемые в автоматических системах контроля топологии, можно условно разделить на использующие эталон, основанные на контроле проектных норм и гибридные алгоритмы. Алгоритмы, которые основаны на использовании эталона, могут сравнивать непосредственно эталонное и тестовое изображение печатных плат или использовать в качестве эталона набор моделей с заранее определенными информативными признаками. При сравнении с эталоном возможно как непосредственное попиксельное сравнение тестового изображения с изображением эталонного образца (вычитание изображений), так и выделение и последующее сравнение информационных признаков элементов.

Алгоритмы, основанные на использовании модели, такие как синтаксический анализ, алгоритм сравнения графов, алгоритм графов описаний производят сравнение элементов топологии объекта по набору моделей, описывающих эталон [4]. Автоматические системы контроля, не использующие эталон, проверяют элементы топологии на соответствие стандартам микроэлектронного изделия, таким как минимальная и максимальная ширина проводников и расстояние между ними, минимальный и максимальный диаметр отверстий на объекте, угол изгиба проводника, контроль правила окончания проводников и т. д. Данные алгоритмы часто используют операторы математической

морфологии, такие как эрозия и дилатация. Также могут применяться алгоритмы, основанные на анализе границы элементов [20]. После получения границы производится проверка элемента путем движения вдоль границы с контролем специальных параметров. Для поиска дефектов может применяться кодирование длин краев элементов. Гибридные алгоритмы контроля основаны и на сравнении с эталоном, и на методах контроля правил топологии элементов. Использование эталона для контроля топологии позволяет быстро и безошибочно находить дефекты вида: прокол, островок, выступ, вырыв, разрыв и короткое замыкание. После дополнительного анализа полученного набора дефектов дополнительно классифицируются дефекты вида отсутствие или смещение элемента. Главный недостаток данного множества алгоритмов – это зависимость точности локализации дефектов от аккуратности совмещения эталонного и тестового изображений, в том числе от результата операций масштабирования и поворота тестового изображения, его предварительной обработки и бинаризации. Для контроля соответствия минимальной ширины проводника и минимального расстояния между проводниками нормам КТН будем использовать алгоритм, основанный на морфологических операторах отмыкания и замыкания.

В связи с этим актуальным является разработка автоматизированной системы диагностики печатных плат на основе технического зрения, позволяющая обнаруживаться такие дефекты, как разрывы проводников, короткие замыкания, нарушения технологических допусков на минимальную ширину проводников и минимальное расстояние между проводниками.

Материалы и методы

Теоретические исследования техники поиска дефектов и контроля проектных норм на изображении слоев печатных плат были проведены методом математической морфологии Серра [17]. Математическая морфология Серра позволяет осуществлять обработку изображений с учетом формы и размера, имеющихся на изображении областей, выделять или удалять на изображениях мелко- и среднеразмерные объекты заданной формы и размера, а также фильтровать (сглаживать) форму крупноразмерных объектов.

Результаты и обсуждения

На основе проведенного анализа методов контроля качества печатных плат был разработан алгоритм диагностирования топологии печатной платы. Данный алгоритм представлен в виде функциональной модели, выполненной в нотации IDEF0 [13] с

помощью программной среды Ramus Educational. На рисунке 1 приведена диаграмма декомпозиции первого уровня, состоящая из 4 основных функциональных блоков:

–А1 «Сканирование платы» – получение снимка печатной платы;

–А2 «Предварительная обработка изображения» – бинаризация снимка, коррекция угла поворота и масштабирование;

–А3 «Поиск дефектов» – определение дефектов на основе алгоритма сравнения с эталоном и использования операторов математической морфологии «отмыкания» и «замыкания»;

–А4 «Формирование ведомости дефектов» – формирование векторного описания всех найденных дефектов печатной платы.

Алгоритм поиска дефектов представлен диаграммой декомпозиции второго уровня (рис. 2) функциональной модели.

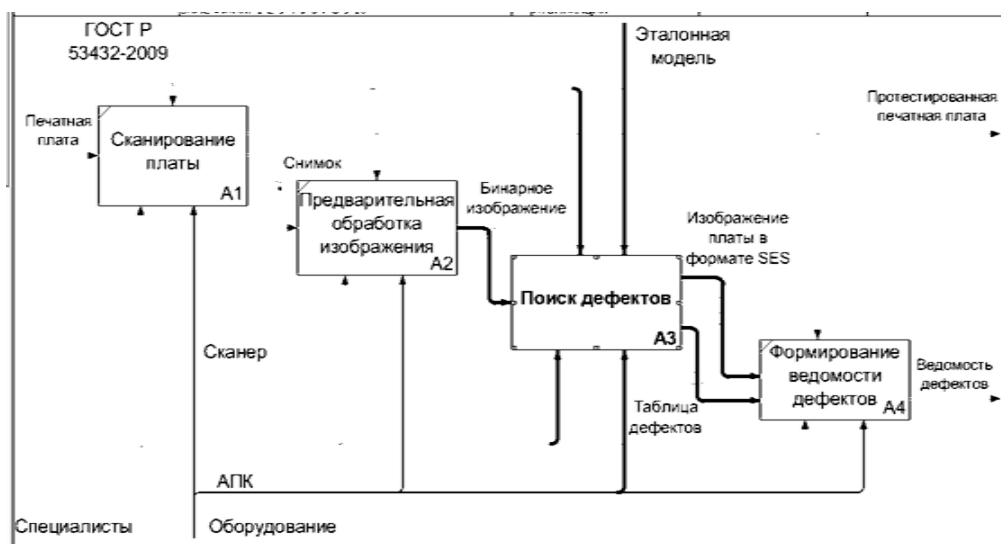


Рис. 1. Функциональная модель «Диагностика печатных плат» (диаграмма декомпозиции)

Fig. 1. Functional model of the «Diagnostics of printed circuit boards» (graph decomposition)

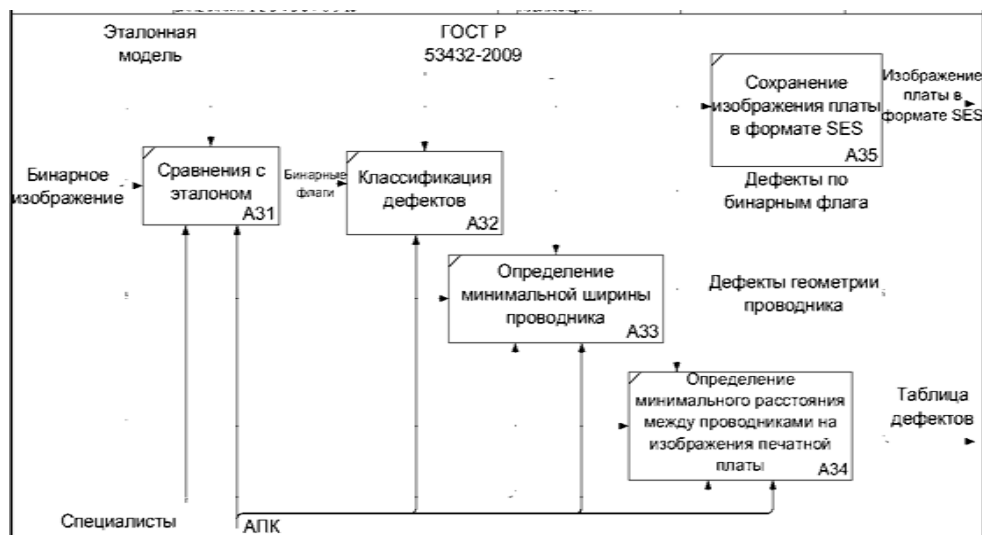


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции второго уровня функционального блока А3 «Поиск дефектов»

Fig. 2. Diagram of the decomposition of the second level functional unit A3 «Defect search»

Функциональный блок «Поиск дефектов» включает в себя следующие операции (А31...А35):

–А31 «Сравнение с эталоном» – путем сравнения бинаризованных изображений эталонной платы и тестового образца локализуются дефекты исследуемой печатной платы и определяются геометрические параметры дефекта (длина, высот и площадь);

–А32 «Классификация дефектов» – определение класса дефектов с помощью бинарных флагов, которые зависят от значения яркости для всех пикселей найденного дефекта и соседних с ним пикселей;

–А33 «Определение минимальной ширины проводника» – используя оператор математической морфологии «отмыкания», локализуются точки участков

проводника с шириной меньшей, чем заданно согласно конструкторско-техническим нормам (КТН) [4]:

$$R_{\min wide}(A,B) = A - OPEN(A,B), \quad (1)$$

где A – бинарное тестовое изображение печатной платы, B – круглый структурирующий элемент, диаметр которого равен минимальной ширине проводника согласно конструкторско-техническим нормам.

Морфологическая операция отмыкания обладает свойством удалять с изображения участки, ширина которых меньше структурирующего элемента. Результатом данной операции будут являться набор областей изображения, на которых ширина проводника меньше минимально допустимого по конструкторским нормам;

– А34 «Определение минимального расстояния между проводниками на изображении печатной платы» – используя оператор математической морфологии «замыкания», локализуются участки платы, где расстояние между проводниками меньше, чем требуется согласно конструкторско-техническим нормам [4]:

$$R_{\min dist}(A,C) = A - CLOSE(A,C), \quad (2)$$

где C – круглый структурирующий элемент, диаметр которого равен минимальному расстоянию между проводниками согласно КТН.

Применение морфологической операции замыкания приводит к смыканию промежутков на изображении, ширина которых меньше структурирующего элемента.

Результатом данной операции будет являться набор областей изображения, с минимально допустимым расстоянием между проводниками по конструкторским нормам;

– А35 «Сохранение изображения платы в формате SES».

На базе данного алгоритма разработана система автоматического контроля топологии печатных плат, которая проверяет соответствие контактных площадок тестируемой печатной платы (на тип и расположение) данным эталонной печатной платы, заданной в формате Gerber, а также реализует автоматический контроль дефектов дорожек печатной платы. На рисунке 3 приведена структурная схема автоматизированной системы диагностики печатных плат, состоящая из трех уровней:

– нижний уровень, представленный планшетными сканерами, с помощью которых проводится сканирование изображения диагностируемой платы;

– уровень контроллеров, архитектура которого включает в себя модульное шасси PXI-1071, модуль сбора данных PXI-6239, плату генерации цифрового сигнала PXI-6509, плату источника питания PXI-4110 [15];

– диспетчерский уровень, представленный автоматизированным рабочим местом (АРМ) оператора [9].

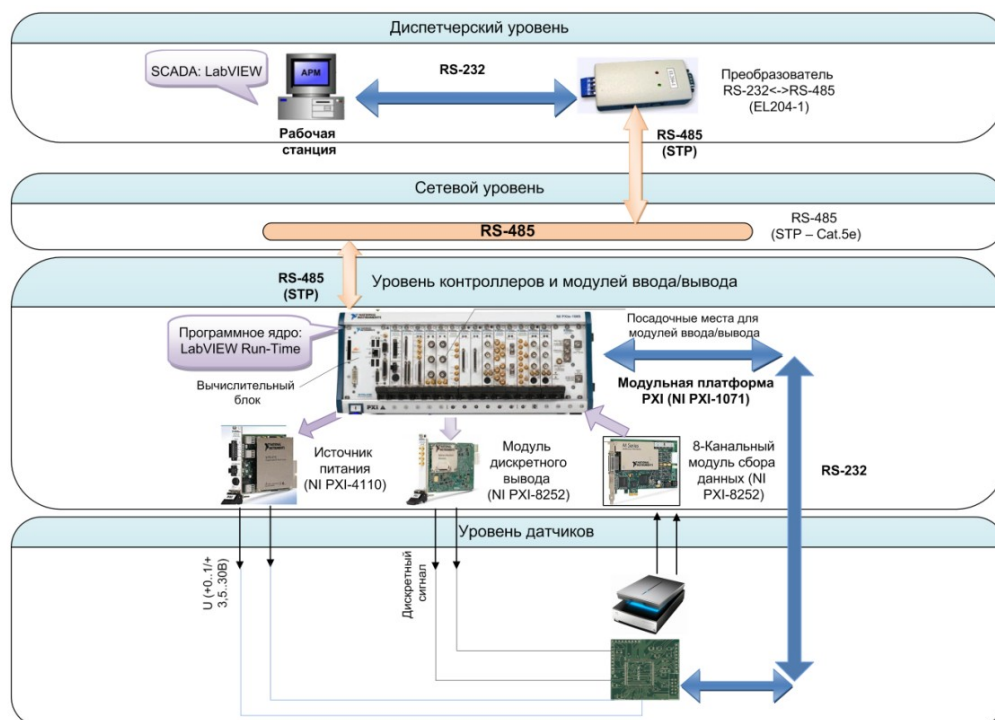


Рис. 3. Структурная схема автоматизированной системы диагностики печатных плат (АСД ПП)

Fig. 3. Structural diagram of the automated system for diagnosing printed circuit Board (ASD PCB)

Для взаимодействия автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора и промышленного контроллера служит блок согласования, выполняющий функции преобразователя интерфейсов RS-485 в RS-232. Данный блок подключается к последовательному порту компьютера. Адаптер EL204-1 позволяет одновременно работать от USB с устройствами RS485 и RS232, если они поддерживают адресуемый протокол. Преобразователь может использоваться как переходник USB-RS232, USB-RS485, RS232-RS485, при этом третий интерфейс может использоваться как монитор информационного обмена.

Для сканирования плат используется планшетный сканер Epson GT-1500. В сканере реализована новая трехлинейная CCD матрица, обеспечивающая разрешение 1 200 точек на дюйм. Благодаря технологии Ready Scan, модель GT-1500 обеспечивает мгновенную готовность к работе сразу же после включения устройства и тратит до 40 % меньше энергии, чем традиционные сканеры.

Для проведения диагностики оператор загружает эталонную плату, заготовленную заранее. Далее сканированное изображение оцифровывается с помощью платы генерации цифрового сигнала и

передается на компьютер оператора. При помощи программного обеспечения проводится анализ и обработка изображения, автоматическое совмещение шаблона с эталоном и поиск дефектов. На основе имеющихся отклонений формируется электронная ведомость дефектов.

Программное обеспечение автоматизированной системы диагностики печатных плат состоит из трех основных программных модулей: системы контроля, редактора эталонов, бинаризации печатных плат [9], выполненных в среде графического программирования LabVIEW компании National Instruments с использованием модуля распознавания образов (техническое зрение) Vision Development Module [3; 6; 8; 10].

Программный модуль «Система контроля» (рис. 4) считывает со сканера изображение образца (предварительно прошедшего бинаризацию) и открывает эталонное изображение, сравнивает его с эталоном (осуществляет поиск дефектов), затем формирует электронную дефектную ведомость, выводит ее на экран и сохраняет результаты в базу данных. Программный модуль изучает дефекты, выделяя из них наиболее существенные.

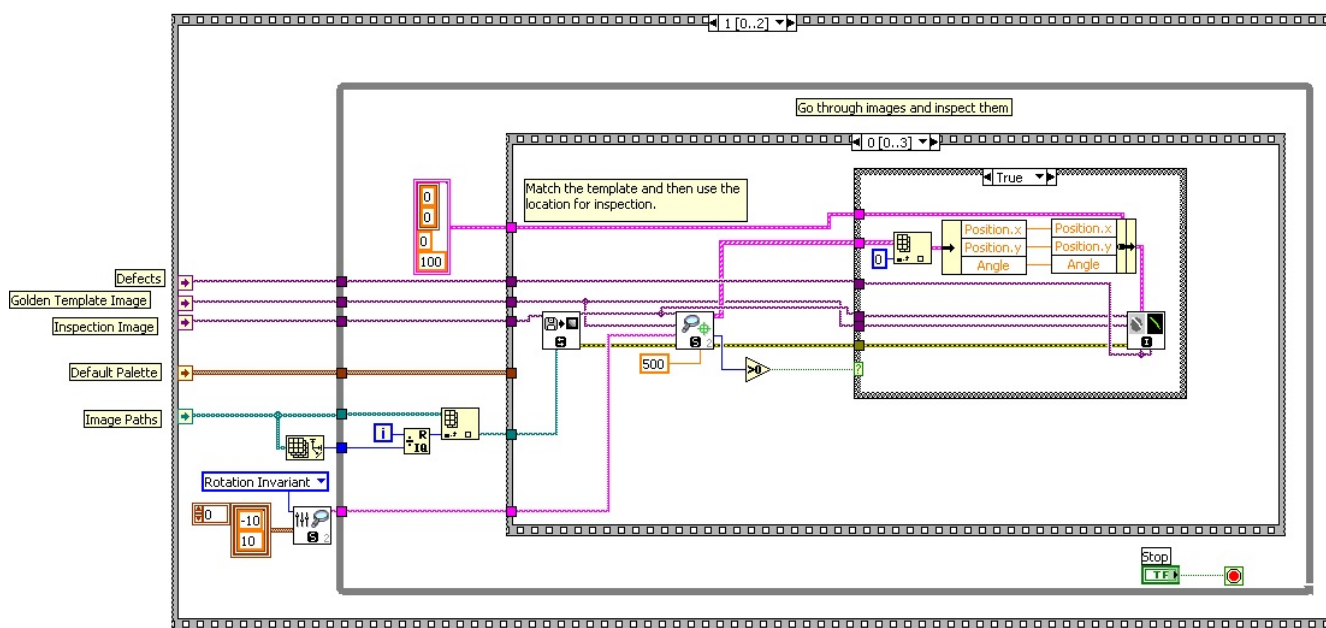


Рис. 4. Блок-схема программного модуля «Система контроля»

Fig. 4. A block diagram of the «Control system» software module

Программный модуль «Редактор эталонов» (рис. 5) осуществляет импорт и экспорт данных в формате GerberRS-274-X, считывает со сканера изображение «золотой платы» и формирует эталон для контроля в специальном формате STD. Данный

модуль автоматически совмещает тестируемое и эталонное изображения, а также выполняет автоматическую векторизацию печатных плат (задается интенсивность графических изображений, после чего происходит процедура совмещения плат).

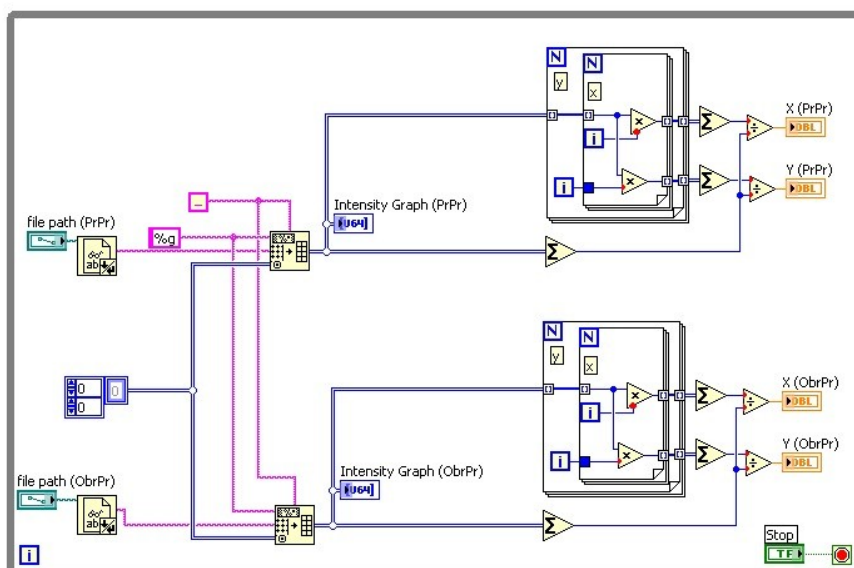


Рис. 5. Блок-схема «Редактор эталонов»

Fig. 5. Block diagram «Editor Standards»

Программный модуль «Бинаризация печатных плат» (рис. 6) производит преобразование полутонового изображения с пороговой характеристикой. При этом двумерный массив цветов преобразуется в цветовую модель RGB (самому красному цвету соответствуют значения $R = 255$, $G = 0$, $B = 0$), далее построчно определяются самые

яркие красные точки строки, чья интенсивность составляет $R > 210$, $G < 150$, $B < 150$. Затем составляется массив из строк ярких точек и определяется либо самая максимальная строка из массива, либо минимальная.

Экранные формы программного обеспечения представлены на рисунках 7–8.

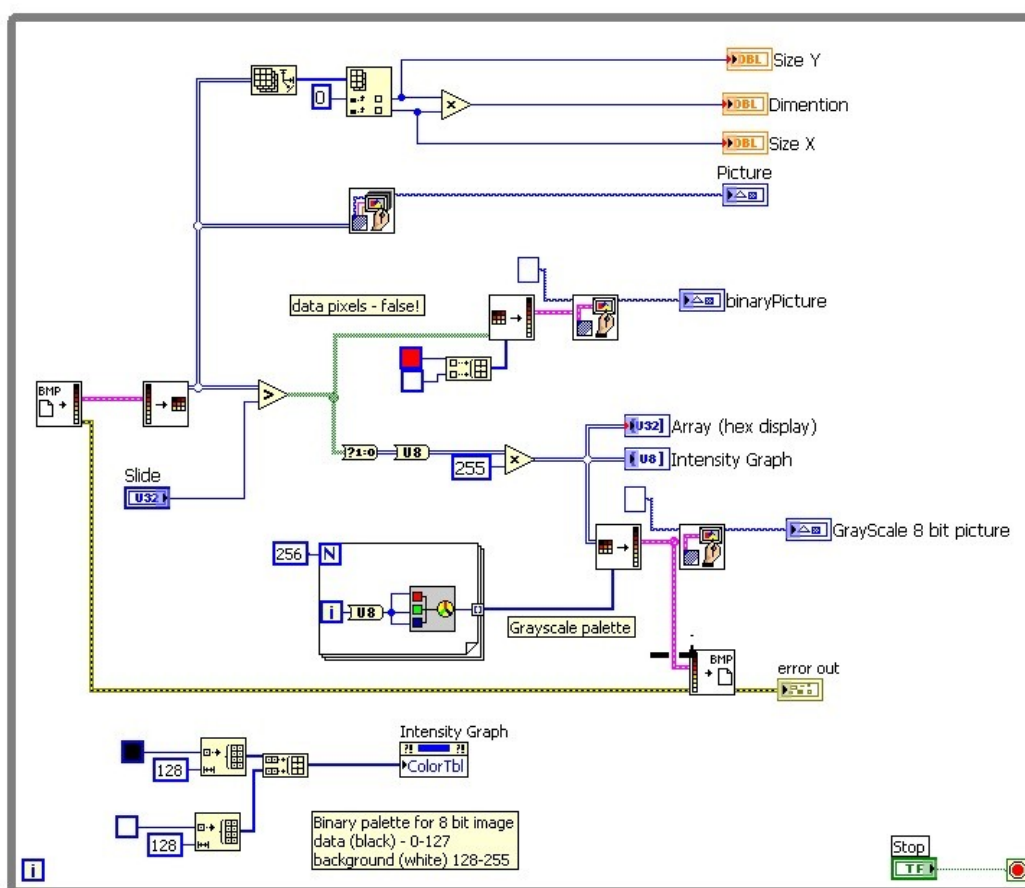


Рис. 6. Блок-диаграмма бинаризации печатных плат

Fig. 6. Block diagram of binarization of printed circuit boards

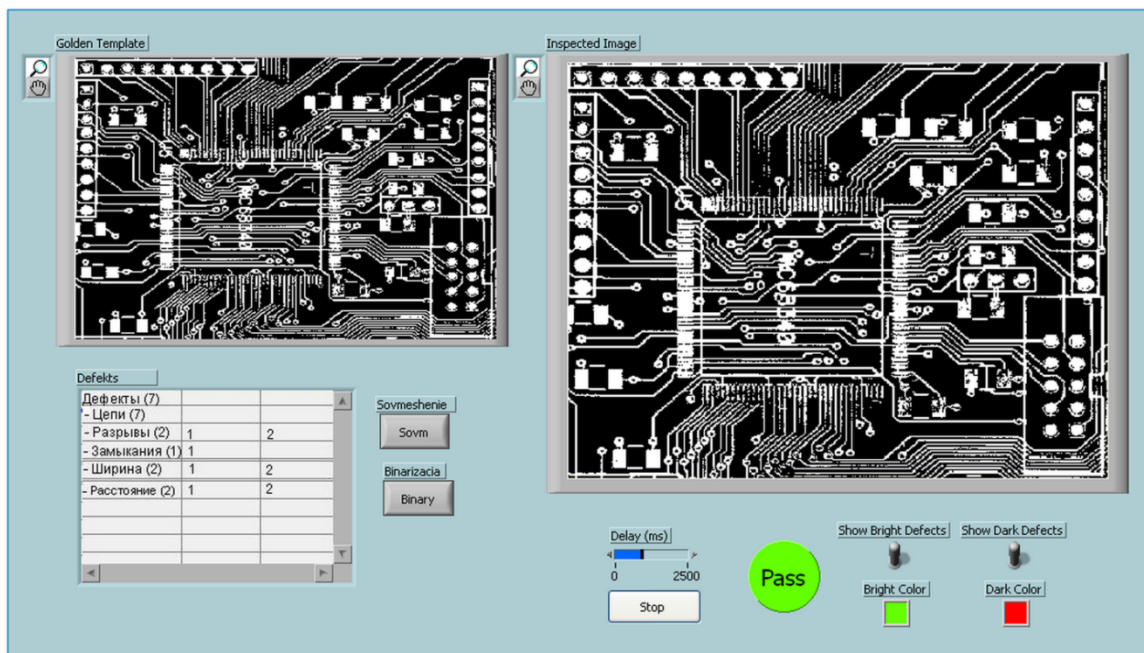


Рис. 7. Лицевая панель ПО АСД ПП
Fig. 7. The front panel of software ASD PP

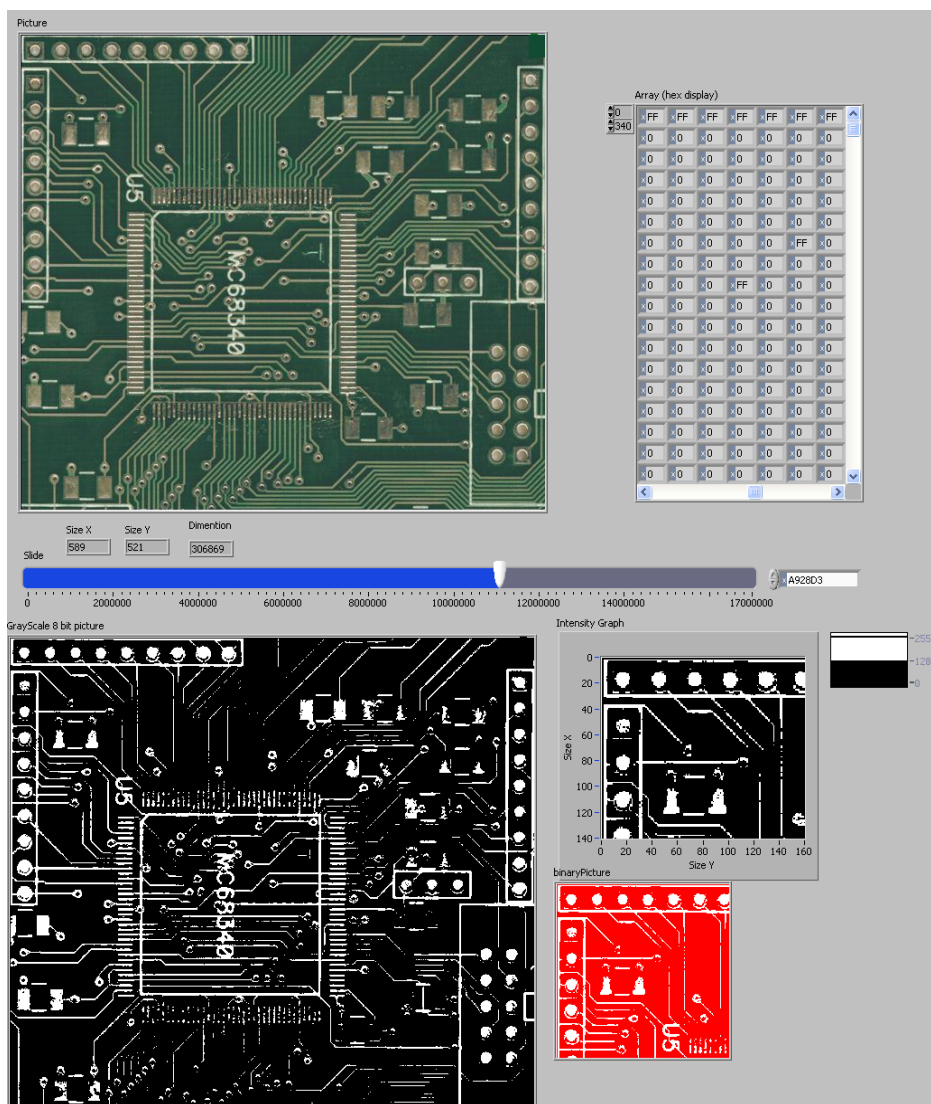


Рис. 8. Бинаризация ПП
Fig. 8. Binarization of PP

Заключение

Представлена техника контроля топологии печатных плат, которая основана как на сравнении с эталоном, так и на использовании операторов математической морфологии, а также метод классификации дефектов на базе логических флагов. В результате использования данной техники проводится проверка наличия и положения элементов топологии на плате, соответствия элементов конструкторско-техническим нормам, отсутствия обрывов и коротких замыканий. Проверяется отсутствие выступов, вырывов и проколов на проводниках, а также островков непротравленной меди на текстолите. На основе представленного алгоритма разработана функциональная модель процесса диагностики печатных плат в нотации IDEF0, позволяющая де-

тально рассмотреть этапы проведения диагностики. Принятая технология поиска дефектов и контроля проектных норм на изображении слоев печатных плат использует преимущества алгоритма сравнения с эталоном и алгоритм, основанным на использовании операторов математической морфологии «отмыкания» и «замыкания».

Представлена техническая разработка автоматизированной системы диагностики печатных плат (АСД ПП) с использованием технологии машинного зрения. Аппаратная часть реализована с помощью платформы PXI. Программный комплекс выполнен в среде графического программирования LabVIEW и включает в себя модули системы контроля, редактора эталонов и бинаризации печатных плат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артамонов Е. И., Касаткин С. И., Ромакин В. А., Муравьев А. М. Интерактивная система диагностики печатных плат // Технологии информационного общества. Ч. 2. М. : ООО «Издательский дом Медиа паблишер». 2009. С. 111–112.
2. Байрак С. А., Дудкин А. А., Инютин А. В., Калабухов Е. В., Садыхов Р. Х., Поденок Л. П. Система контроля топологии печатных плат // Искусственный интеллект. 2009. № 7. С. 242–247.
3. Белиовская Л. Г., Белиовский Н. А. Основы машинного зрения в среде LabVIEW. Издательство: ДМК ПРЕСС. 2017. 87 с.
4. Бергер Е. Контроль качества печатных плат // Технологии в электронной промышленности. Издательство: ООО «Медиа КиТ». 2012. № 5 (57). С. 18–20.
5. Визильтер Ю. В., Желтов С. Ю., Бондаренко А. В., Ососков М. В., Моржин А. В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения. М. : Физматкнига, 2010. 689 с.
6. Визильтер Ю. В., Желтов С. Ю., Князь В. А., Ходарев А. Н., Моржин А. В. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision. М. : ДМК Пресс. 2008. 233 с.
7. Горшенин Г. С. Техническое зрение в машиностроении // Теория и практика современной науки. Саратов : Изд.-во: ООО «Институт управления и социально-экономического развития». № 2 (8). С. 139–142.
8. Евдокимов Ю. К., Линдваль В. Р., Щербakov Г. И. LabVIEW в научных исследованиях. М. : ДМК Пресс. 2012. 400 с.
9. Желтов С. Ю., Визильтер Ю. В. Машинное зрение как прикладная техническая дисциплина // Вестник компьютерных и информационных технологий. М. : Издательский дом «Спектр». 2004. № 3. С. 14.
10. Жуков К. Г. Модельное проектирование встраиваемых систем в LabVIEW. Издательство: ДМК Пресс. 2011. 688 с.
11. Задорин А. Ю. Автоматизация визуального контроля качества печатных плат : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.06. Екатеринбург. 2003. 147 с.
12. Изосимова Т. А., Максимова М. В. Разработка программного обеспечения для автоматизированной системы диагностики печатных плат с использованием технологий распознавания образов // Современные достижения и разработки в области технических наук: сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 2 . г. Оренбург. 2017. С. 5–8.
13. Изосимова Т. А., Максимова М. В. Функциональная модель системы диагностики печатных плат // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. Технические науки в мире: от теории к практике. г. Ростов-на-Дону. 2017, № 4. С. 14–16.
14. Кочегаров И. И., Данилова Е. А. Классификация дефектов при диагностики скрытых дефектов печатных плат // Актуальные вопросы образования и науки: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 14 частях. Часть 11. Пенза : Пензенский государственный университет. 2014. С. 80–84.
15. МІС-PXI Комплексы измерительные. Руководство по эксплуатации: НПП «МЕРА». 2012. 178 с.

16. Певницкий С. Ю. Разработка печатных плат в NI Ultiboard. Издательство: ДМК Пресс. 2012. 256 с.
17. Пирогова Е. В. Проектирование и технология печатных плат : учебник. М. : ФОРУМ: ИНФРА-М. 2005. 560 с.
18. Сарычев Р. А., Хребтов А. Р. Диагностика печатных плат радиоэлектронных средств методом термографического контроля // Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах. Тамбов, 25–27 апреля 2016 г. Тезисы докладов 3-й Международной конференции с элементами научной школы. Тамбов : Издательство Першина Р.В. С. 369–370.
19. Шивиринский В. Н. Проектирование приборов, систем и измерительно-вычислительных комплексов. М. : «Ульяновский государственный технический университет». 2009. 117 с.
20. Doudkin A. A., Inyutin A. V. The Defect and Project Rules Inspection on PCB Layout Image // International Journal of Computing. 2006. Vol. 5. № 3. P. 107–111.

Дата поступления статьи в редакцию 20.11.2017, принята к публикации 15.12.2017.

Информация об авторах:

Изосимова Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук,

заведующий кафедрой «Гуманитарные и естественнонаучные дисциплины»

Адрес: Волжский филиал ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 428000, Россия, Чувашская Республика, Чебоксары, пр. Тракторостроителей, д. 101, корп. 30

E-mail: ta_iz@mail.ru

Spin-код: 4957-0468

Максимова Марина Валерьевна, кандидат педагогических наук,

доцент кафедры «Гуманитарные и естественнонаучные дисциплины»

Адрес: Волжский филиал ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 428000, Россия, Чувашская Республика, Чебоксары, пр. Тракторостроителей, д. 101, корп. 30

E-mail: marisha2501@yandex.ru

Spin-код: 9096-4801

Михайлова Ольга Валентиновна, доктор технических наук, доцент,

профессор кафедры «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Адрес: ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет» 606340, Россия, Нижегородская область, Княгинино, ул. Октябрьская, д. 22а

E-mail: ds17823@yandex.ru

Spin-код: 9437-0417

Заявленный вклад авторов:

Изосимова Татьяна Анатольевна: научное руководство проектом.

Максимова Марина Валерьевна: подготовка текста статьи.

Михайлова Ольга Валентиновна: анализ и дополнение текста статьи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Artamonov E. I., Kasatkin S. I., Romakin V. A., Muraviev A. M. Interaktivnaya sistema diagnostiki pechatnyh plat [Interactive system for diagnosing printed circuit boards], *Tekhnologii informacionnogo obshchestva [Information society technologies]*, Vol. 2. Moscow: ООО «Izdatel'skij dom Media pabliher», 2009, pp. 111–112.
2. Bayrak S. A., Dudkin A. A., Inyutin A. V., Kalabukhov E. V., Sadykhov R. Kh., Podenok L. P. Sistema kontrolya topologii pechatnyh plat [Topology Monitoring System], *Iskusstvennyj intellekt [Artificial intelligence]*, 2009, No 7, pp. 242–247.
3. Beliovskaya L. G., Beliovsky N. A. Osnovy mashinnogo zreniya v srede LabVIEW [Basics of machine vision in the LabVIEW environment], Publ. DMK PRESS, 2017, 87 p.

4. Berger E. Kontrol' kachestva pechatnyh plat [Quality control of printed circuit boards], *Tekhnologii v ehlektronnoy promyshlennosti* [Technology in the electronics industry], Publ. ООО «Media KiT», 2012, No. 5 (57), pp. 18–20.
5. Vizilter Yu. V., Zheltov S. Yu., Bondarenko A. V., Ososkov M. B., Mopzhin A. V. Obrabotka i analiz izobrazhenij v zadachah mashinnogo zreniya [Processing and analysis of images in computer vision problems], Moscow: Fizmatkniga, 2010, 689 p.
6. Vizilter Yu. V., Zheltov S. Yu., Knyaz V. A., Khodarev A. N., Morzhin A. V. Obrabotka i analiz cifrovyyh izobrazhenij s primerami na LabVIEW IMAQ Vision [Processing and analysis of digital images with examples on LabVIEW IMAQ Vision], Moscow: DMK Press, 2008, 233 p.
7. Gorshenin G. S. Tekhnicheskoe zrenie v mashinostroenii [Technical vision in mechanical engineering], *Teoriya i praktika sovremennoj nauki* [Theory and practice of modern science], Saratov: Publ. ООО «Institut upravleniya i social'no-ehkonomicheskogo razvitiya», No. 2 (8), pp. 139–142.
8. Evdokimov Yu. K., Lindval' V. R., Shcherbakov G. I. LabVIEW v nauchnyh issledovaniyah [Technical vision in mechanical engineering], Moscow: DMK Press, 2012, 400 p.
9. Zheltov S. Yu., Vizil'ter Yu. V. Mashinnoe zrenie kak prikladnaya tekhnicheskaya disciplina [Machine vision as applied technical discipline], *Vestnik komp'yuternyyh i informacionnyh tekhnologij* [Bulletin of computer and information technologies], Moscow: Publ. «Spektr», 2004, No. 3, pp. 14.
10. Zhukov K. G. Model'noe proektirovanie vstraivaemyh sistem v LabVIEW [Modeling Embedded Systems Design in LabVIEW], Publ.: DMK Press, 2011, 688 p.
11. Zadorin A. Yu. Avtomatizatsiya vizual'nogo kontrolya kachestva pechatnyh plat [Automation of visual quality control of printed circuit boards: Ph. D. (Engineering) diss.] 05.13.06, Ekaterinburg, 2003, 147 p.
12. Izosimova T. A., Maksimova M. V. Razrabotka programmnoy obespecheniya dlya avtomatizirovannoy sistemy diagnostiki pechatnyh plat s ispol'zovaniem tekhnologij raspoznavaniya obrazov [Development of software for the automated system for diagnosing printed circuit boards using imaging techniques], *Sovremennyye dostizheniya i razrabotki v oblasti tekhnicheskikh nauk: sbornik nauchnyh trudov po itogam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Modern achievements and developments in the field of technical Sciences: collection of scientific papers in the international scientific-practical conference], No. 2, Orenburg, 2017, pp. 5–8.
13. Izosimova T. A., Maksimova M. V. Funktsional'naya model' sistemy diagnostiki pechatnyh plat, Sbornik nauchnyh trudov po itogam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Functional model of the system for diagnosing printed circuit boards], *Tekhnicheskie nauki v mire: ot teorii k praktike* [Technical science in the world: from theory to practice], g. Rostov-na-Donu, 2017, No. 4, pp. 14–16.
14. Kochegarov I. I., Danilova E. A. Klassifikatsiya defektov pri diagnostike skrytykh defektov pechatnyh plat [Classification of defects in the diagnosis of hidden defects of printed circuit boards], *Aktual'nye voprosy obrazovaniya i nauki: sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Actual problems of science and education: collection of scientific works on materials of the International scientific-practical conference], in 14 vol. Vol. 11. Penza: Penzenskiy gosudarstvennyy universitet, 2014, pp. 80–84.
15. MIC-PXI Kompleksy izmeritel'nye. Rukovodstvo po ehkspluatatsii [Measuring complexes. Instruction manual], NPP «MERA», 2012, 178 p.
16. Pevnickij S. Yu. Razrabotka pechatnyh plat v NI Ultiboard [Development of printed circuit boards in NI Ultiboard], Publ. DMK Press, 2012, 256 p.
17. Pirogova E.V. Proektirovanie i tekhnologiya pechatnyh plat [Design and technology of printed circuit boards], uchebnik. Moscow: FORUM: INFRA-M, 2005, 560 p.
18. Sarychev R. A., Hrebtov A. R. Diagnostika pechatnyh plat radioehlektronnyh sredstv metodom termograficheskogo kontrolya [Diagnostics of printed circuit boards of radioelectronic means by thermographic control method], *Aktual'nye problemy ehnergoberezheniya i ehffektivnosti v tekhnicheskikh sistemah* [Actual problems of energy saving and energy efficiency in technical systems], Tambov, 25–27 aprelya 2016 g. Tezisy dokladov 3-j Mezhdunarodnoj konferencii s ehlementami nauchnoj shkoly, Tambov: Publ. Pershina R. V., pp. 369–370.
19. Shivirinskij V. N. Proektirovanie priborov, sistem i izmeritel'no-vychislitel'nyh kompleksov [Designing of devices, systems and measuring computing systems], Moscow: «Ul'yanovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskij universitet», 2009, 117 p.
20. Doudkin A. A. The Defect and Project Rules Inspection on PCB Layout Image, *International Journal of Computing*, 2006, Vol. 5, No. 3, pp. 107–111.

Submitted 20.11.2017; revised 15.12.2017.

About the authors:

Tatyana A. Izosimova, Ph. D. (Engineering), the head of the chair «Humanities and natural sciences Disciplines»
Address: Volga branch of Federal state budgetary educational institution of higher professional education
«Moscow state automobile and road technical University (MADI)», 428000, Russia, Chuvash Republic, Cheboksary,
Pr. Traktorostroiteley, d. 101, korp. 30
E-mail: ta_iz@mail.ru
Spin-code: 4957-0468

Marina V. Maksimova, Ph. D. (Pedagogy), associate professor of the chair «Humanities and natural sciences disciplines»
Address: Volga branch of Federal state budgetary educational institution of higher professional education
«Moscow state automobile and road technical University (MADI)», 428000, Russia, Chuvash Republic, Cheboksary,
Pr. Traktorostroiteley, d. 101, korp. 30
E-mail: marisha2501@yandex.ru
Spin-code: 9096-4801

Olga V. Mikhailova, Dr. Sci. (Engineering), associate professor,
professor of the chair of «Infocommunication Technologies and Communication Systems»
Address: State budgetary educational institution of higher professional education «Nizhny Novgorod state
engineering-economic University», 606340, Russia, Knyaginino, Oktyabrskaya Str., 22a
E-mail: ds17823@yandex.ru
Spin-code: 9437-0417

Contribution of the authors:

Tatyana A. Izosimova: research supervision.

Marina V. Maksimova: writing of the draft.

Olga V. Mikhailova: analysing and supplementing the text.

All authors have read and approved the final manuscript.

05.13.18

УДК 004:364

ФОРМИРОВАНИЕ РЕАБИЛИТАЦИОННОЙ ПРОГРАММЫ РЕБЁНКА С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

© 2018

Екатерина Владимировна Логинова, магистр,
аспирант кафедры «Телекоммуникационные технологии и сети»
Ульяновский государственный университет, Ульяновск (Россия)

Аннотация

Введение: для оптимизации процесса сопровождения ребёнка-инвалида в рамках комплексной и социальной реабилитации разрабатывается система оценки и поддержки принятия решений в детском реабилитационном центре. В данной статье рассматривается вопрос создания реабилитационной программы ребёнка с ограниченными возможностями здоровья, концепций подсистем формирования, оценки и выбора реабилитационной программы клиента и целевой программы специалиста центра, формализации исходных данных.

Материалы и методы: материалом исследования послужили нормативные документы реабилитационного центра, реабилитационные карты и планы реабилитации детей и подростков с ограниченными возможностями, за период 2001–2015 гг. База исследования – Областное государственное казённое учреждение социального обслуживания «Реабилитационный центр для детей и подростков с ограниченными возможностями «Подсолнух» в г. Ульяновске». Для описания моделей использовался теоретико-множественный подход формализации и нотация методологии DFD.

Результаты: представлены результаты разработки и исследования модели организации процесса реабилитации ребёнка с ограниченными возможностями, модели потоков данных подсистемы формирования, оценки и выбора реабилитационной и целевой программ СППР, декомпозиция второго уровня модели потоков данных подсистемы формирования, оценки и выбора реабилитационной программы клиента, алгоритм формирования целевой программы специалиста центра. Формализованы исходные данные для формирования реабилитационной и целевой программ. Приведены примеры в формальном и вербальном виде продукционных правил для применения экспертных технологий.