

# НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

**Андрей Власов**, к.т.н., доцент; **Владимир Гриднев**, к.т.н., доцент;  
**Петр Константинов**, студент; **Антон Юдин**, студент; кафедра «Проектирование и технология производства ЭА», МГТУ им. Н.Э. Баумана

**В статье рассмотрены вопросы проектирования аппаратно-программного комплекса дефектоскопии печатных плат по микрошлифам. Основное внимание уделяется исследованию нейросетевых алгоритмов для решения задач распознавания изображений, в частности, изображений микрошлифов, получаемых при помощи цифрового микроскопа фирмы Intel, подключаемого к рабочей станции через USB-интерфейс.**

Решение целого круга технических и технологических задач сопряжено с проведением обработки изображений, выделения отдельных элементов этих изображений и их идентификации и классификации. Примерами таких задач являются биометрические задачи распознавания образов (иридодиагностика, распознавание отпечатков пальцев и т.п.), задачи, связанные с распознаванием текстов, выявлением различных неоднородностей и посторонних включений по фотоизображениям, выделение областей изображений по классификационным признакам (например, при обработке wavelet-образов) и т.п.

Все вышеперечисленные и аналогичные задачи тесным образом связаны с понятием образа и его распознаванием. Образ, класс — классификационная группировка в системе классификации, объединяющая (выделяющая) определенную группу объектов по некоторому признаку. Образное восприятие мира — одно из загадочных свойств живого мозга, позволяющее ему разобраться в бесконечном потоке воспринимаемой информации и сохранять ориентацию среди разрозненных данных о внешнем мире. Восприятие внешнего мира осуществляется посредством классификации воспринимаемых ощущений, т.е. разбиением их на группы похожих, но не тождественных явлений.

При классификации образов все большее использование находят нейросетевые парадигмы [1–17], использование которых возможно при следующих условиях:

- имеются примеры решения задачи;
- имеется взаимосвязь между входными и выходными данными, т.е. изменения на входе влияют на результат на выходе.

Если данные условия выполняются, то задача может быть решена с помощью нейросети. Применение нейросетей предпочтительнее при решении задач, для которых еще не существует строго формализованных алгоритмов, или когда использование алгоритма ведет к большим затратам времени. Особенно хороши нейросети для задач с неполной или плохо определенной информацией.

Зависимость функционирования нейросетей от процесса обучения порождает несколько особенностей их использования. Во-первых, это неограниченный спектр задач, который может быть решен с их помощью. При этом не нужно знать, существует ли формальный алгоритм решения задачи или нет. Важно иметь набор правильных решений, удовлетворяющий требуемой точности. Можно использовать очень модную сейчас идею применения двух нейросетей. Одна обучается на правильных решениях, а другая — на неправильных. В результате получаем два решения задачи: как следует поступить и как не нужно поступать.

Вторая особенность, связанная с обучаемостью нейросети, — это индивидуальность обученной сети. Несмотря на то что один и тот же нейропакет может быть использован разными людьми, можно быть уверенным в том, что обученная нейросеть сохранит свою неповторимость. Это дает определенную гарантию безопасности решений, принимаемых с помощью нейросети.

К третьей особенности обучаемости нейросети следует отнести зависимость качества работы нейросети от подобранных примеров решения задачи (обучающей выборки). Подбор примеров должен осуществляться самым тщательным образом. Хотя, если

имеется время, вполне возможно провести длительные эксперименты по формированию обучающей выборки.

И, наконец, четвертый важный момент, связанный с обучаемостью нейросетей, — это возможность ее переобучения в процессе эксплуатации. Это позволяет своевременно отражать в нейросети текущие изменения в информационной ситуации, которые присущи конкретной предметной области. Возможен учет новых факторов и уменьшение влияния несущественных.

Рассмотрим аспекты использования нейросетевых технологий для решения задач дефектоскопии печатных плат, причем как для случая разрушающего контроля — дефектоскопии по микрошлифам, так и неразрушающего визуального контроля проводящего рисунка и монтажа (что особенно актуально для поверхностно монтируемых элементов).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

**Дефектоскопия при производстве печатных плат — как объект применения нейросетевых методов**

Традиционно контроль качества металлизированных отверстий печатных плат (ПП) осуществляется непосредственно на микрошлифах путем визуальной оценки геометрии и качества слоя металлизации, при этом структуру гальванической меди сравнивают с эталоном. Реально на производстве эту работу выполняет рабочий, в лучшем случае, высокой квалификации, но никак не технолог. Поскольку процесс выполняется визуальным методом, то время данной технологической операции велико, вероятность ошибок высока, кроме того, рабочий не может делать никакого анализа, кроме как «брак» или «не брак», т.е. не может выявлять причины возникновения дефектов, проводить необходимые для этого обобщения и анализ.

Автоматизация данного контроля дает ряд преимуществ:

1. Уменьшение времени на данную операцию.
2. Уменьшение вероятности ошибки. Кроме того, в ответственном про-

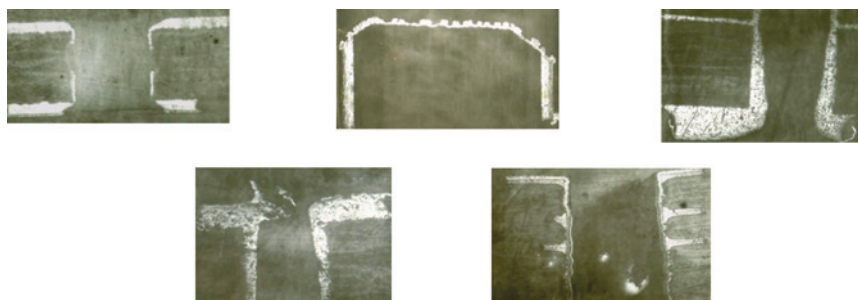


Рис. 1. Типовые дефекты металлизированных отверстий печатных плат

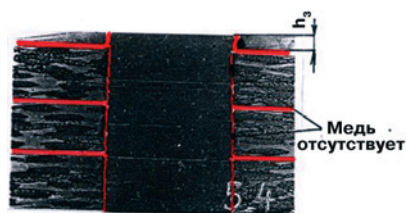


Рис. 2. Заусенцы на входе и выходе металлизированных отверстий



Рис. 3. Шероховатость стенок отверстий

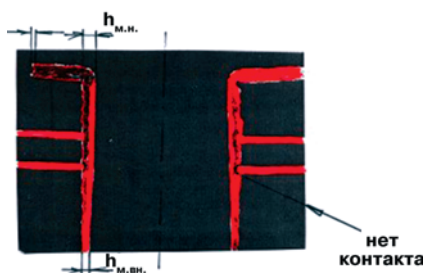


Рис. 4. Дефекты металлизации стенок отверстия



Рис. 5. Дефекты металлизации стенок отверстия

изготовлении технолог будет иметь возможность (по необходимости) контролировать правильность работы со своего рабочего места (при сетевой реализации программного комплекса) в режиме реального времени.

3. Если в программный комплекс входит экспертная система (она должна будет «знать» о структуре техпроцесса, его параметрах и режимах), то комплекс сможет оценить возможную причину брака и выработать рекомендации по методам его устранения (снижения). Экспертная система получит возможность оценить процент брака при выборочных методах контроля.

4. Технологический отдел будет иметь возможность собирать различную статистическую информацию и, учитывая рекомендации экспертной системы, принимать решения о целесообразности использования тех или иных режимов ТП.

Примеры характерных дефектов металлизированных отверстий ПП приведены на рисунке 1.

Из примеров наглядно видно, что проблема анализа качества микрошлифов является непростой задачей даже для человека, т.к. сотрудник, выполняющий данную работу на серийном производстве, не является опытным технологом, а изготовление образцов микрошлифов на все разнообразие плат — далеко не эффективный способ решения проблемы. Следовательно, система распознавания должна не только уметь грамотно классифицировать образы, но также быть обучена и проверена группой технологов-экспертов.

### Исследование видов дефектов монтажных и переходных отверстий

Отверстия в печатных платах диаметром от 0,2 до 1,5 мм сверлят на станках с ЧПУ специальными твердосплавными сверлами. Качество отверстий зависит от режимов сверления (величина подачи, скорость резания, скорость извлечения сверла из отверстия), геометрии и качества режущих кромок сверла.

Качество отверстий контролируют визуально с помощью микроскопов (заусенцы на входе и выходе сверла, смещение центров отверстий относительно координатной сетки), визуально на микрошлифах (в разрезе) с помощью микроскопов (заусенцы, шероховатость стенок, оксидные пятна на стенках, развальцовка торцов контактных площадок внутренних слоев МПП, качество отверстий после металлизации).

Контроль диаметров отверстий производят только выборочно калибрами-пробками или на микрошлифах.

Рассмотрим хорошо распознаваемые дефекты металлизированных отверстий.

#### 1. Заусенцы на входе и выходе отверстия

Причины возникновения (см. рис. 2,  $h_z$  не более 80 мкм):

- тупое сверло с недопустимым износом режущих кромок;
- сколы на режущих кромках сверла;
- неудаляемая стружка внутри пакета обрабатываемых заготовок ПП;
- мягкий подкладной материал или недостаточное усилие прижима пакета;
- неоптимальное соотношение скорости вращения и подачи сверла.

#### 2. Шероховатость стенок отверстий

Причины возникновения (см. рис. 3,  $R_z$  не более 40 мкм):

- разогрев и оплавление эпоксидной смолы стеклотекстолита с образованием на стенках оксидных пятен из-за несоблюдения режимов, работы тупым сверлом, недопустимой толщины пакета заготовок, плохого отвода стружки.

#### 3. Недостаточное качество металлизации стенок отверстия

Варианты возникновения (см. рис. 4, толщина меди не менее 25 мкм, сплава олово-свинец — 10...15 мкм):

- а) Неравномерное распределение слоя металлизации по глубине отверстия (у кромок  $h_{м(нар)}$  — 60–70% от  $h_{м}$ , на середине глубины отверстия  $h_{м(вн)}$  — 30% от  $h_{м}$ ).

Причины возникновения:

- плохая рассеивающая способность электролита;
- нарушение режимов осаждения (времени, плотности тока, интенсивности качания заготовок, отклонения в составе электролита);
- наличие неудаленных заусенцев на кромках отверстия.

- б) Нарушение контакта слоя металлизации с торцами внутренних контактных площадок (КП) отверстий МПП (см. рис. 4, 5).

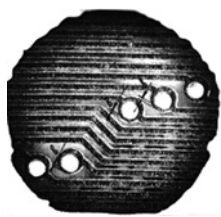


Рис. 6. Смещение центров отверстий

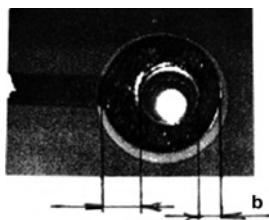


Рис. 7. Смещение центров отверстий

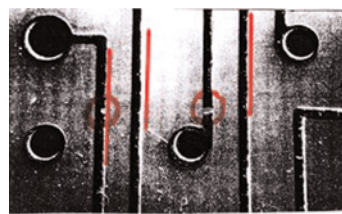


Рис. 8. Протравы на проводниках

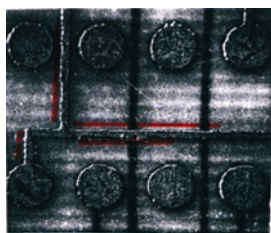


Рис. 9. Протравы на проводниках



Рис. 10. Подтравливание проводящего рисунка



Рис. 11. Подтравливание проводящего рисунка

Причины возникновения:

- разогрев и оплавление эпоксидной смолы из-за несоблюдения режимов сверления и наволакивание смолы на торцы внутренних КП;
- нарушение режимов и условий химического и гальванического осаждения меди.

**в)** Неметализированные участки в отверстиях.

Причины возникновения:

- нарушение режимов сверления;
- плохая очистка отверстий после сверления (остатки реагентов, пыли, наличие заусенцев);
- нарушение режимов активирования диэлектрика в отверстиях (состав раствора, малое содержание палладия, недостаточное время активации).

#### 4. Смещение центров отверстий относительно узлов координатной сетки и центров КП

Положение отверстий относительно центров КП проводящего рисунка регламентируется обязательным наличием гарантированного пояска *b* (см. рис. 6, 7), величина которого должна соответствовать выбранному классу точности ПП. Смещение центров происходит из-за погрешностей при сверлении отверстий и при нанесении рисунка на заготовку.

Причины возникновения:

*При сверлении:*

- погрешности установки (базирования) заготовки на столе сверлильного станка;
- погрешности настройки станка;
- точность станка.

*При нанесении рисунка:*

- точность изготовления фотошаблона;

- погрешности взаимной ориентации шаблона и заготовки ПП;
- погрешности при экспонировании рисунка (дифракция).

Согласно рисунку 6, смещение центров в пределах одной заготовки имеет однонаправленный характер в случае сверления на станке с ЧПУ за одну установку без перебазирования заготовки.

#### Дефекты проводящего рисунка печатных плат

##### 1. Протравы на проводниках

Характерные виды протрав: сквозной протрав (см. рис. 8), краевой протрав (см. рис. 8, 9), пора при переходе проводника к КП.

Причины возникновения:

- наличие участков проводящего рисунка, не покрытых гальванически осажденным металлорезистом (олово-свинец);

- повреждение металлорезиста при межоперационной транспортировке и в процессе травления меди с пробельных мест.

##### 2. Неровности края проводящего рисунка

Причины возникновения:

- велико время травления меди;
- остановка конвейера в оборудовании травления;
- неровности края осажденного металлорезиста.

##### 3. Подтравливание проводящего рисунка

Причины возникновения (см. рис. 10, 11):

- велико время травления;
  - остановка конвейера.
- Описанные выше наиболее часто встречаемые дефекты переходных и

монтажных отверстий и проводящего рисунка печатных плат представляют собой сложные образы, обладающие рядом классификационных признаков, позволяющих группировать их по результатам визуального анализа. Сложность решения задачи распознавания определяется еще и тем, что указанные дефекты могут встречаться как индивидуально, так и в совокупности, что увеличивает вероятность ложного принятия решения по классификации дефекта.

#### НЕЙРОСЕТОВЫЕ ПАРАДИГМЫ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

##### Теоретические принципы построения нейросетевых систем, применяемых при обработке изображений

Обработка изображений является важным направлением применения современной вычислительной техники. Многие задачи обработки изображений требуют высокой производительности, с которой невозможно справиться без использования нейрокompьютеров. Проблемы распознавания изображений (фильтрация и восстановление изображений, сегментация изображений, скелетонизация изображений) характерны как для классической задачи распознавания фигур заданной формы, так и для задачи распознавания линий и углов на изображении, распознавания края изображения. При этом решается задача обеспечения инвариантности к группе преобразований, которую зачастую трудно решить классическими методами, характерными для последовательности машин.



Рис. 12. Функциональная схема комплекса

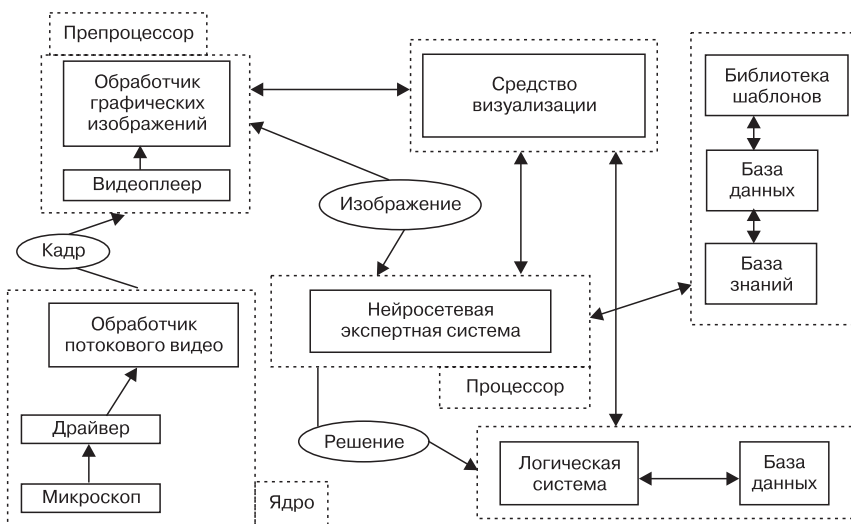


Рис. 13. Структурная схема комплекса

Для решения вышеперечисленных задач активно используются нейросетевые алгоритмы. При выборе структуры нейронной сети (НС) для решения задачи распознавания изображений необходимо учитывать следующие аспекты:

- 1) способность сети к обучению, то есть возможность научить систему распознавать требуемое количество объектов. Чем больше в сети слоев и

нейронов, тем выше способности и потребности в аппаратных ресурсах;

- 2) быстродействие, которое достигается уменьшением сложности сети — чем меньше нужно аппаратных ресурсов, тем быстрее осуществляется работа НС.

Подробное описание алгоритмов, используемых для нейросетевой обработки изображений, в том числе при-

менительно к задаче дефектоскопии печатных плат, представлено в [1].

### АППАРАТНАЯ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

#### Структурно-функциональное построение комплекса

Аппаратно-программный комплекс дефектоскопии печатных плат по микрошлифам предназначен для неразрушающего контроля печатных плат, а именно — определения качества металлизации сквозных отверстий. Основной задачей является определение вида дефекта предложенного образца (исследуемый образец — микрошлиф).

Принцип функционирования комплекса в режиме дефектоскопии заключается в следующем. Исследуемый микрошлиф помещается на рабочий стол микроскопа. Цифровая видеокамера получает изображение от микроскопа, имеющего штатное увеличение 10, 60 и 200 единиц, и передает его в управляющую ПЭВМ по USB-интерфейсу. Далее изображение оцифровывается и поступает на вход специализированного программного обеспечения (СПО). Нейросетевый модуль СПО, обученный возможным видам дефектов, анализирует изображение и формирует результат распознавания. Результат вместе с распознаваемым изображением поступает на сервер обработки и хранения данных (см. рис. 12). Оператор и (или) технолог имеет возможность в реальном времени наблюдать за процессом работы. Кроме того, сервер накапливает результаты работы и (при наличии экспертной системы) позволяет оценивать причины брака, давать рекомендации к их устранению, предсказывать процент выхода годных плат при данной технологии и данных технологических режимах. Алгоритм прохождения информации в комплексе отображен на рисунке 13.

На рисунке 14 представлены управляющая ПЭВМ и цифровой микроскоп фирмы Intel с объектом диагностики.

В состав нейросетового комплекса входят:

- цифровой микроскоп фирмы Intel;
- цифровая видеокамера;
- управляющая ПЭВМ;
- программное обеспечение.

Возможно также использование модификации комплекса и при проверке правильности установки SMD-компонентов, тогда плата с установ-

ленными компонентами размещается на монтажном столе, а микроскоп с видеокамерой перемещается по программе, сканируя установленные на плате компоненты.

При использовании электронных микроскопов с автоматической оцифровкой есть возможность анализировать не только наличие дефектов, но и измерять их параметры. При помещении микрошлифа под микроскоп нет необходимости центровать образец (необходимо лишь, чтобы весь микрошлиф входил в область видимости микроскопа), программа сама произведет центровку.

Перед тем как использовать комплекс в режиме дефектоскопии, необходимо провести обучение СПО типовым видам дефектов. Для этого предусматривается возможность работы с комплексом технолога-эксперта в режиме обучения, при котором осуществляется обучение нейросети, т.е. на вход системы предъявляются все возможные виды дефектов, которые обрабатываются и классифицируются. Обучение сети проводится группой высококвалифицированных технологов на как можно большем количестве примеров. В рабочем режиме (режиме дефектоскопии) нейросетевой комплекс использует совокупность знаний, полученных от обучающей группы.

### Математическое обеспечение

Математическим обеспечением комплекса являются нейросетевые алгоритмы обработки изображений. Применение в создаваемом программном комплексе какого-то определенного вида НС и алгоритма обработки образов не представляется возможным, поэтому необходимо использовать несколько различных видов НС с разными выходными параметрами, а окончательное решение должно формироваться методом «голосования» с различными весовыми коэффициентами. В общем случае, искусственная нейросеть не является универсальной по своей структуре. Для ряда прикладных задач существует множество различных структур реализации, алгоритмов, методов обучения и т.п. Манипулируя этими различными видами, можно получить, в конечном итоге, НС с оптимальными свойствами, параметрами. Наиболее используемые методы рассмотрены в [1, 2, 10–12].

### Лингвистическое обеспечение

Для разработки СПО комплекса использовались следующие инструментальные средства:



Рис. 14. Фотография комплекса

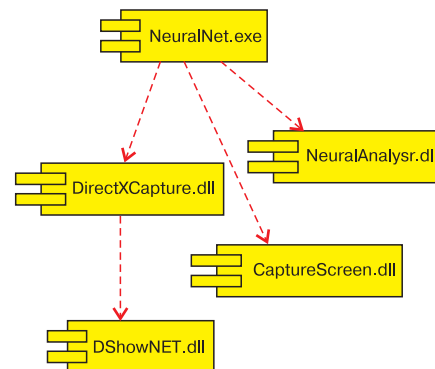


Рис. 15. Диаграмма компонентов комплекса

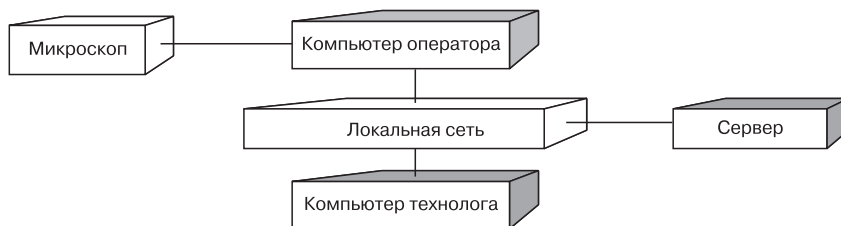


Рис. 16. Диаграмма размещения

1. Microsoft Visual Studio .Net, используемый язык программирования – С#;

2. Borland С++, используемый язык программирования – С++.

Среда Microsoft Visual Studio .Net обеспечивает удобную и быструю разработку приложений для Microsoft Windows. Технология .Net является перспективной разработкой компании Microsoft. Ее использование позволяет избежать конфликтов программного обеспечения и физических устройств и, кроме того, упрощает повторное использование кода, что повышает надежность программного комплекса в целом (имеется в виду, что повторно используемый код проверен и не содержит ошибок).

В процессе разработки нейросетевых компонентов, реализующих математическое обеспечение СПО. Все компоненты тематически оформлены в виде динамически подключаемых библиотек (.dll):

- 1) библиотека нейросетевого анализатора изображений;
- 2) библиотека программного интерфейса микроскопа;
- 3) библиотека стандартных преобразований изображений.

На рисунке 15 представлена диаграмма компонентов, иллюстрирующая физическую структуру и взаимозависимости программной части комплекса.

### Информационное обеспечение

Информационное обеспечение комплекса представляет собой семантическую модель информационного пространства используемой в составе комплекса СУБД. Ее разработка осуществляется за два этапа: разработка функциональной модели процесса дефектоскопии печатных плат и разработка логической и физической моделей табличного пространства СУБД.

Логический уровень – это абстрактный взгляд на данные, на нем данные представлены так, как выглядят в реальном мире. Объекты модели, представляемые на логическом уровне, называются сущностями и атрибутами. Физическая модель зависит от конкретной СУБД, фактически являясь отображением системного каталога.

### Аппаратное обеспечение

В зависимости от объема производства создаваемый комплекс может быть реализован в клиент-серверной архитектуре или в локальном варианте. В случае, если нет необходимости использования централизованной базы дефектов и интеграции комплекса в состав единой системы АСУ ТПП, локальная версия позволяет реализовать все функции по дефектоскопии печатных плат с использованием локальной СУБД. На рисунке 16 представлена диаграмма размещения для комплекса в случае клиент-серверной реализации продукта.

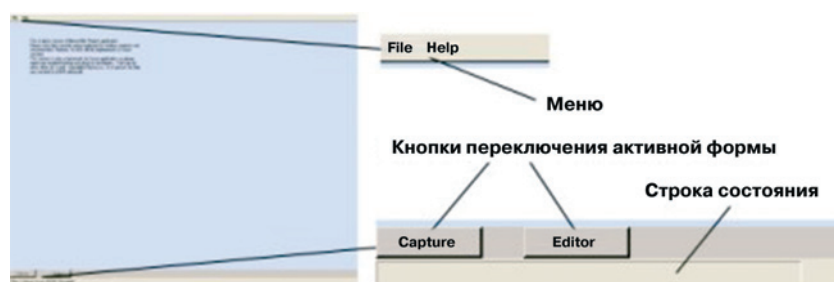


Рис. 17. Главное окно СПО АПК

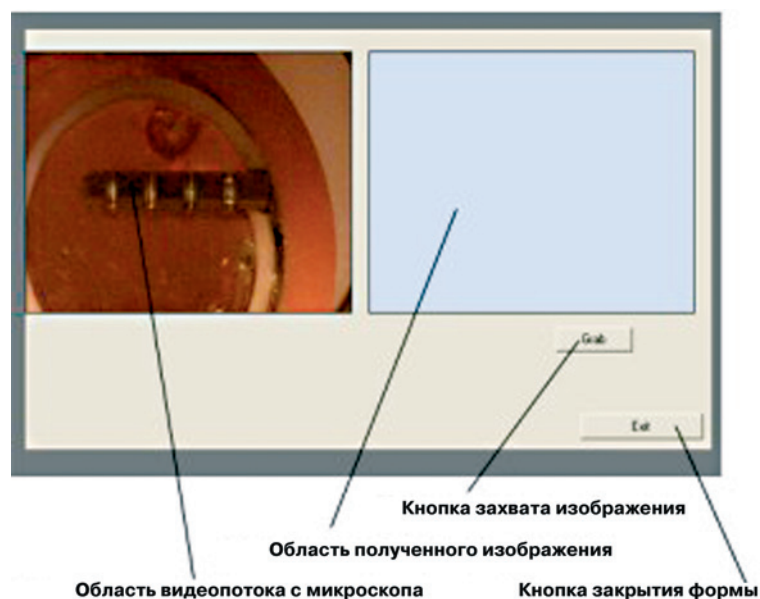


Рис. 18. Окно получения видеопотока и захвата изображения

Конфигурация серверной части (Сервер хранения и обработки данных) зависит от реализуемой на данном предприятии информационной структуры и устанавливается соответствующим отделом.

### Программное обеспечение

Программное обеспечение, используемое на этапах разработки, отладки и функционирования, можно разделить следующим образом:

- общесистемное (операционные системы);
- прикладное (системные библиотеки и библиотеки функций, дополнительные программные средства, поставляемые разработчиками систем, специализированные библиотеки программ);
- специальное.

#### 1. Общесистемное программное обеспечение

Выбор общесистемного программного обеспечения во многом определяет качественные показатели разрабатываемого специализированного программного обеспечения и функ-

циональность самого комплекса. Чем более жесткие требования по времени ввода и обработки информации и надежности предъявляются к комплексу, тем жестче условия на общесистемное программное обеспечение. В общем можно выделить два базовых подхода: реализация лабораторных комплексов, не требующих обработки данных в реальном времени и не предъявляющих высоких требований к надежности, на базе Windows-ориентированной платформы, и реализация комплексов обработки изображений в реальном времени на базе операционных систем реального времени для серийного конвейерного производства с необходимостью автоматической отбраковки в реальном времени. Следовательно, встает вопрос о реализации ППО комплекса под промышленные операционные системы реального времени.

#### 2. Прикладное программное обеспечение

Учитывая, что в качестве общесистемного программного обеспечения

для реализации локальной лабораторной модификации комплекса была выбрана Windows-ориентированная ОС, прикладное программное обеспечение разрабатывалось с использованием технологии .Net.

Технология .Net на сегодняшний день является молодой программной технологией, постепенно затмевающей своими возможностями архитектуры и языки программирования прошлого столетия. Такой процесс в мире программирования вполне закономерен. В настоящее время платформа дает возможность разработчику работать только с операционной системой Windows, но очевидно, что в скором будущем количество систем, поддерживающих .Net, значительно увеличится.

Основные возможности .Net выглядят следующим образом:

- полная возможность взаимодействия с существующим кодом;
- полное и абсолютное межязыковое взаимодействие;
- общая среда выполнения для любых приложений .Net (вне зависимости от использованного языка программирования);
- библиотека базовых классов обеспечивает сокрытие сложных вызовов API;
- упрощенный процесс развертывания написанного приложения;
- платформенно-независимый код приложений.

В принципе, можно отметить, что платформа .Net представляет собой удобный и мощный инструмент для разработки windows-приложений.

### Методическое обеспечение

Рассмотрим более подробно пользовательский интерфейс и методику работы с ним для локальной реализации нейросетевого комплекса. При запуске комплекса активизируется главная форма программы, представленная на рисунке 17.

Выбирая соответствующую опцию из главного меню, пользователь может воспользоваться нужной ему функциональной возможностью комплекса.

Пункт File содержит элементы, позволяющие получить доступ к основным возможностям системы и завершить выполнение программы.

Пункт Capture открывает окно получения видеопотока и захвата изображения (см. рис. 18).

Пункт Editor открывает окно редактора, который позволяет произвести над изображением подготовительные действия перед его обработ-

кой нейросетевым эмулятором. Окно представлено на рисунке 19.

Пункт Help — стандартные операции работы со справочной информацией.

При работе комплекса на этапе **видеозахвата** (см. рис. 18) пользователь в реальном времени работает с потоком данных, поступающих с микроскопа. Исследуемый образец помещается в микроскоп, посредством пользовательского интерфейса окна можно получить его статическое изображение. Затем осуществляется предварительная обработка изображения в специальном редакторе — препроцессинг. После всех подготовительных операций полученное изображение обрабатывается нейросетевой системой. Данное окно имеет следующие функциональные элементы:

1) меню — в главное меню добавляются новые пункты, связанные с данной формой и представленные на рисунке 20:

- пункт Capture содержит управляющие элементы интерфейса формы;
- пункт Devices позволяет выбрать нужный источник видеосигнала, в случае, когда их может быть несколько;
- пункт Options содержит элементы управления видеопотоком;

2) область видеопотока — позволяет в реальном времени наблюдать объект исследования;

3) кнопка захвата изображения — осуществляет захват изображения, помещение в буфер и передачу редактору изображений;

4) область полученного изображения — позволяет визуально проконтролировать изображение, полученное при нажатии на кнопку захвата изображения;

5) кнопка закрытия формы — завершает работу с микроскопом и закрывает данную форму.

Окно **редактора изображения** (см. рис. 19) получается из буфера автоматически или, если по каким-либо причинам это изображение необходимо загрузить вручную (редактируемое изображение испорчено), то можно воспользоваться кнопкой Buffer. Данная форма предназначена для препроцессинга изображения, поступающего затем на вход нейросетевого анализатора. Увеличение масштаба, контрастности и прочих факторов могут существенно увеличить качество и правильность решений, получаемых нейросетью.

Данное окно имеет следующие функциональные элементы:

1) меню — в главное меню добавляются новые пункты, связанные с



Рис. 19. Окно редактора изображений (препроцессинга)

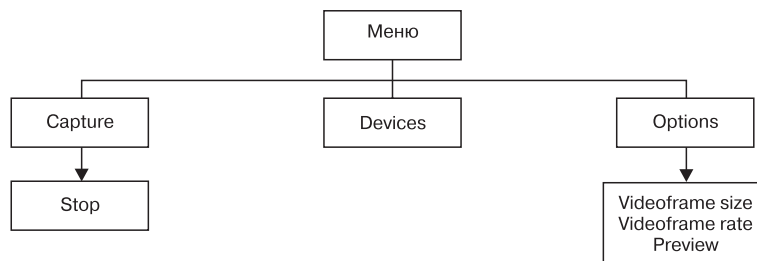


Рис. 20. Меню формы захвата изображения

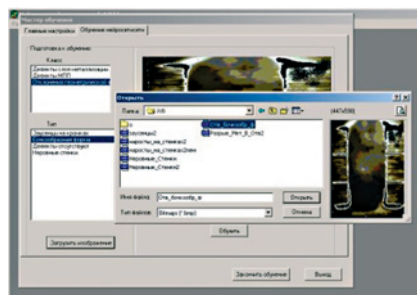


Рис. 21. Обучение нейросети

данной формой. Так, пункт Editor содержит управляющие элементы интерфейса формы;

2) область редактируемого изображения — можно визуально определить некоторые дефекты (например, затененность) и в дальнейшем устранить их имеющимися средствами;

3) функциональная область редактора — все возможные действия, направленные на изменение изображения, находятся в этой области.

Закончив работу в режиме препроцессинга (получения и предварительной обработки видеоданных), т.е. сформировав образ для распознавания в формате JPEG, следует перейти к работе с формой для настройки видов и типов дефектов. Данная фор-

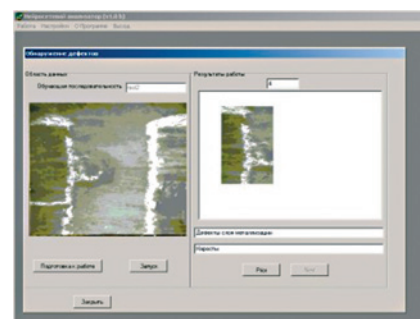


Рис. 22. Результат распознавания

ма позволяет задавать, редактировать и удалять классы и типы дефектов. Для каждого типа дефектов указывается принадлежность его к определенному классу. Для этого используются форма для ведения каталога обучающихся последовательностей и форма мастера обучения. Вкладка «Обучение нейросети» представлена на рисунке 21 и непосредственно предназначена для указания образа, типа и класса дефекта данного образа и обучения данному дефекту нейросети.

После завершения процесса распознавания в правой части формы формируется результат, где описан тип и класс дефекта и представлены графические фрагменты дефекта (см. рис. 22).



Рис. 23 Фотография опытной модели комплекса контроля плат с поверхностным монтажом компонентов

Другим вариантом использования рассмотренных выше методов является реализация системы автоматического контроля качества печатных плат для поверхностного монтажа и результатов самого поверхностного монтажа SMD-элементов. При широкой номенклатуре выпускаемых изделий и регулярной перенастройке оборудования монтажа часто возникают проблемы с неправильной ориентацией компонентов на плате, замене одних компонентов другими и т.п. Используя нейросетевые методы обработки изображений, возможно обеспечить автоматический визуальный контроль результатов монтажа, сравнивая их как с эталонными изображениями, так и информацией из САПРовских пакетов. Фотография опытной модели такого комплекса представлена на рисунке 23.

Используемые методики и алгоритмические решения применимы не только для распознавания дефектов по микрошлифам, но и могут быть использованы для решения довольно широкого круга задач, например, в биометрии

для анализа отпечатков пальцев, для анализа качества сварных швов, для исследования некоторых типов нейросетей, для классификации диагностических сигналов, для построения систем распознавания символов и т.д.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бухалто А.Н., Булаев В.И., Бурый Е.В., Буянов А.А., Власов А.И. и др. «Нейрокомпьютеры в системах обработки изображений». Кн. 7. / под общей редакцией Ю.В. Гуляева и А.И. Галушкина. — М.: Радиотехника, 2003. — 192 с.: ил. (серия: Нейрокомпьютеры и их применение).

2. Шахнов В.А., Власов А.И., Кузнецов А.С., Поляков Ю.А. «Нейрокомпьютеры: архитектура и схемотехника». — М. Изд-во Машиностроение. 2000. 64 с.

3. Власов А.И. (ИУ4), Лыткин С.Г. (ВМК МГУ), Яковлев В.Л. (ИУ5) «Краткое практическое руководство разработчика по языку PL/SQL». — М.: Машиностроение, 2000. 64 с. (Библиотечка журнала «Информационные технологии»).

4. Буянов А.А., Власов А.И., Макеев С.С. «Исследование нейросетевых алгоритмов, применяемых для распознавания образов» // 2-ая Межд. Конф. СНГ «Молодые ученые — науке, технологиям и профобразованию для устойчивого развития: проблемы и новые решения». — Москва, октябрь, 2000. Часть 2, 3, с. 22—25.

5. Уоссермен Ф. «Нейрокомпьютерная техника, М., Мир, 1992.

6. Richard P. Lippmann, An Introduction to Computing with Neural Nets, IEEE Acoustics, Speech, and Signal Processing Magazine, April 1987.

7. Carpenter G.A, Grossberg S. Normal and amnesia learning, recognition, and memory by a neural model of cortico-hippocampal interactions. Trends in Neurosci., 16, pp.131—137, 1993.

8. А. Горбань, Д. Россиев Нейронные сети на персональном компьютере. //Новосибирск, Наука, 1996.

9. Охонин В.А. «Вариационный принцип в теории адаптивных сетей». Препринт ИФ СО АН СССР, Красноярск, 1987, №1Б. 18 с.

10. Галушкин А.И. «Теория нейронных сетей». Кн.1: Учебное пособие для ВУЗов /Общая редакция. А.И.Галушкина. — М.:ИПРЖР, 2000. — 416 с., ил. (Нейрокомпьютеры и их применение).

11. Сигеру Омату «Нейроуправление и его приложения». Кн. 2/Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубия Юсуф, Пер. с англ. Н.В. Батина, под ред. А.И. Галушкина, В.А. Птичкина. — М.: ИПРЖР, 2000. — 272 с.: ил. (Нейрокомпьютеры и их применение).

12. Галушкин А.И. «Нейрокомпьютеры. Кн. 3: учебное пособие для ВУЗов /Общ. ред. А.И. Галушкина — М.: ИПРЖР, 2000. — 528 с.: ил. (Нейрокомпьютеры и их применение).

13. Власов А.И., Конькова А.Ф. «Медико-диагностические экспертные системы для оценки адекватности адаптивной реакции организма на воздействие экстремальных факторов//Конверсия. — 1995, №9-10 — с. 18—21.

14. Шахнов В.А., Мороз А.А., Михненко А.Е., Власов А.И. «Операционная система реального времени — MeatrixRealTime — как основа для построения экспериментальных систем обработки сигналов в реальном времени» //2-я Межд. Конф. СНГ «Молодые ученые — науке, технологиям и профобразованию для устойчивого развития: проблемы и новые решения». — Москва, октябрь, 2000. Часть 2, 3. С. 100—103.

15. Шахнов В.А., Власов А.И., Поляков Ю.А., Кузнецов А.С. «Нейрокомпьютеры: Архитектура и схемотехника»//ChipNews, №5—10, 2000. Нестеров Ю.И., Власов А.И., Першин Б.Н. Виртуальный измерительный комплекс//Датчики и системы. №4. 2000 — с. 12—22.

16. Фу К. «Структурные методы в распознавании образов», пер. с англ., Москва, «Мир», 1977.

17. <http://neurnews.iu4.bmstu.ru>.