

УДК 621.382

К. т. н. Ю. Ю. КОЗИНА, А. А. КОЗИН

Украина, Одесский национальный политехнический университет

E-mail: yuliyakc@mail.ru

СИСТЕМА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ФОТОШАБЛОНОВ

Разработанная система имеет высокий уровень помехоустойчивости, поэтому ее включение в состав программно-аппаратного комплекса для технической диагностики фотошаблонов позволит уменьшить требования к его аппаратному исполнению, т. е. снизить стоимость комплекса, а в результате — сделать рентабельным мелкосерийное производство изделий.

Ключевые слова: фотошаблон, система искусственного интеллекта, техническая диагностика, реперные знаки.

При производстве изделий микроэлектроники одной из важнейших технологических операций является выполнение технической диагностики фотошаблонов — носителей информации о размерах и конфигурации изделий. Суть технической диагностики фотошаблонов (**ФШ**) заключается в выявлении их пригодности к дальнейшему использованию при производстве изделий микроэлектроники, а в случае их неисправности — в выделении их дефектов. Эта задача решается с помощью программно-аппаратных комплексов (**ПАК**), включающих подсистемы формирования, регистрации и распознавания изображений. При этом используется сложная прецизионная механика и дорогостоящая осветительно-фокусирующая аппаратура, которые обеспечивают высокую производительность и достоверность результатов диагностики. Применение таких комплексов обоснованно в случае крупносерийного производства. Однако в последние годы все чаще возникает потребность в производстве мелких и средних партий изделий, предназначенных для использования в аппаратуре специального назначения и в научных экспериментах. В этом случае применение существующих **ПАК** приводит к неоправданному росту стоимости технической диагностики фотошаблонов. Эта проблема может быть разрешена снижением требований к используемой в **ПАК** аппаратуре, но это приводит к появлению нежелательных мультипликативных и аддитивных помех на изображениях **ФШ**, что негативно отражается на достоверности результатов их технической диагностики.

Целью настоящей работы была разработка системы искусственного интеллекта (**СИИ**) для технической диагностики фотошаблонов в условиях помех.

Анализ процессов, которые реализуются в **ПАК** технической диагностики фотошаблонов показал, что при распознавании изображений одними из основных процедур, определяющих достоверность результатов диагностики фотошаблонов в условиях помех, являются локализация и классификация реперных знаков (**РЗ**) [1]. Эти процедуры являются основой метода, который базируется на позиционировании изображения диагностируемого фотошаблона относительно эталона по **РЗ**. Однако существующие методы локализации и классификации изображений не позволяют обеспечить достаточную достоверность результатов технической диагностики фотошаблонов в условиях помех. Эта проблема может быть решена при использовании вейвлет-преобразования, которое позволяет при распознавании объектов на изображении учитывать не только информацию про величину интенсивности пикселей, но и про геометрические размеры.

Процедура локализации **РЗ** (определение их координат на изображении фотошаблона) реализуется в пространстве гиперболического вейвлет-преобразования (**ГВП**) [2], что позволяет обеспечить работоспособность метода локализации в условиях аддитивной помехи при отношении сигнал/шум не менее 9 (по мощности) и не менее 8 в условиях мультипликативной помехи. Применение метода для локализации **РЗ** позволило объединить две процедуры: поиска **РЗ** и выделения их контуров. При разработке процедуры идентификации (формирование образов) **РЗ** использован структурно-статистический подход, который базируется на выделении геометрических моментов-признаков (**ГМП**) с использованием информации о характерных точках контуров **РЗ** [3]. Процедура классификации (построение разделяющей поверхности в простран-

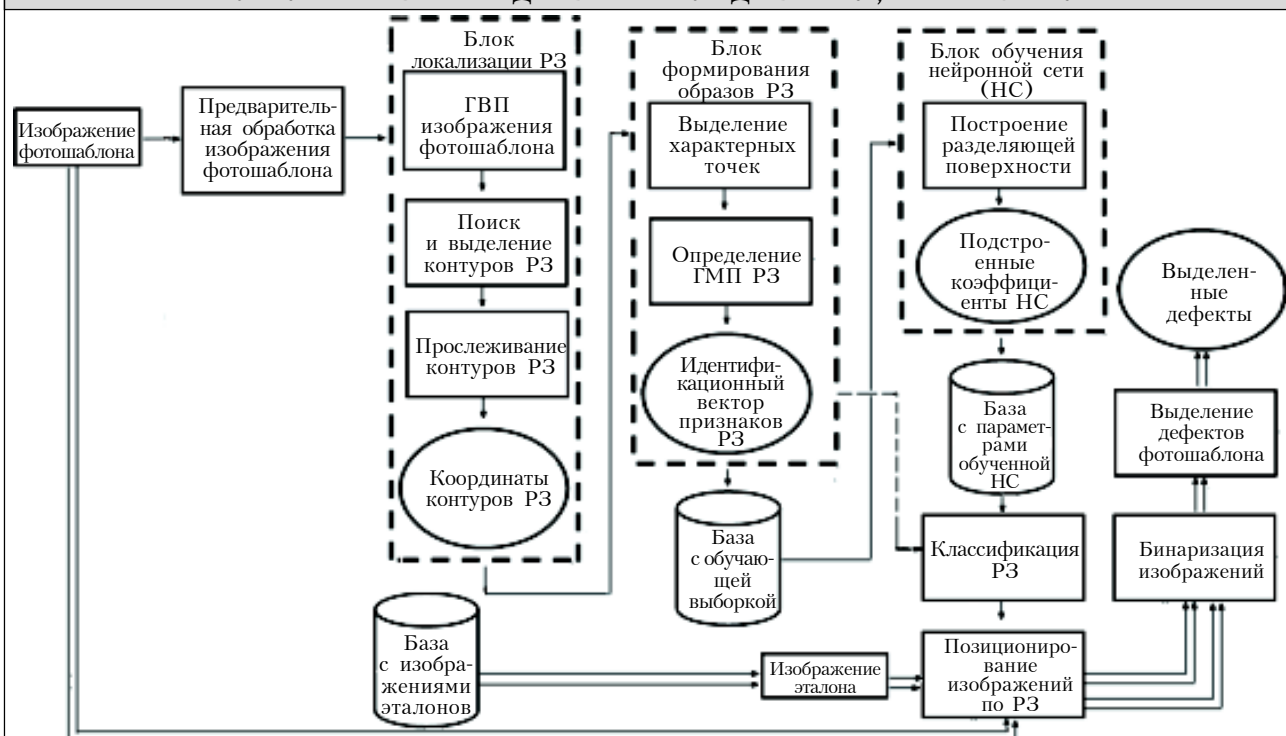


Рис.1. Структурная схема системы искусственного интеллекта для технической диагностики фотошаблонов
(—▲— — передача данных для позиционирования изображений; —■— — передача данных для выделения дефектов;
— · — — передача в рабочем режиме)

стве признаков) реализована на основе субградиентного итеративного поиска экстремумов в пространстве ГВП, что позволило повысить достоверность классификации образов РЗ в условиях помех [4]. Для реализации процедуры выделения дефектов фотошаблона разработана методика бинаризации, основанная на автоматизации выбора порога в пространстве ГВП [5].

На рис. 1 представлена структура разработанной СИИ.

Реализация процедуры локализации РЗ позволяет получить координаты их местоположения на изображении фотошаблона. При этом сокращается объем обрабатываемой информации, поступающей на вход следующей процедуры — идентификации. Сформированный в результате идентификации набор признаков используется для формирования обучающей выборки. Далее происходит обучение системы на основе нейросетевого подхода, в результате чего строится разделяющая поверхность. После этого переходят к этапу классификации РЗ, на котором получают информацию о принадлежности РЗ к определенному классу. Результатом распознавания является классификационное решение. Далее выполняется позиционирование изображений диагностируемого фотошаблона относительно эталона, поступающего из специальной базы. После этого выполняется их бинаризация. В результате работы системы выделяются дефекты, т. е. определяется их местоположение на изображении ФШ.

Для реализации процедуры, выполняемой блоком локализации РЗ, использовался метод локализации малоразмерных объектов на изображении [2]. Созданная на его базе методика локализации РЗ на изображении ФШ позволила за счет применения ГВП получить их контур в условиях помех. Процедура, выполняемая блоком формирования образов РЗ, реализована на основе методики идентификации [2].

С целью уменьшения уровня шумов в системе предусмотрена предварительная обработка подаваемого на ее вход изображения фотошаблона. Обработка производится с помощью медианного фильтра для устранения аддитивной помехи и с помощью гомоморфной фильтрации для устранения мультипликативной помехи.

Разработанная система искусственного интеллекта кроме автоматического режима может также работать и в ручном, позволяющем наблюдать за всеми этапами обработки изображения и за получением результата.

На рис. 2 приведен результат проведения диагностики одного из фотошаблонов.

Следует отметить, что в СИИ реализована функция экспертизы, с помощью которой получаем информацию о количестве, радиусе и площади выделенных дефектов.

Тестирование разработанной системы показало, что по сравнению с существующими комплексами она позволяет до 1,2 раза повысить достоверность результатов диагностики при отношении сигнал/шум 10–20 (по мощности).

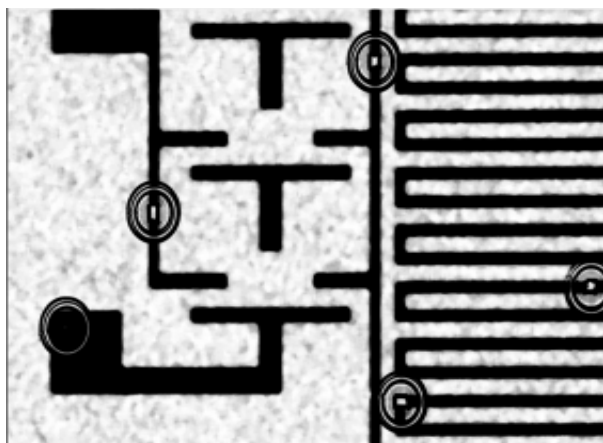


Рис. 2. Фрагмент изображения фотошаблона с выделенными дефектами

При величине этого отношения 7–10 достоверность результата составляет 0,95, в то время как существующие комплексы в условиях такой зашумленности вообще не работоспособны. Это означает, что разработанная система искусственного интеллекта имеет высокий уровень помехоустойчивости, поэтому ее включение в состав программно-аппаратного комплекса для технической диагностики фотошаблонов позволит уменьшить требования к его аппаратному исполнению, т. е. снизить стоимость комплекса, а в результате — сделать рентабельным мелкосерийное производство изделий.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Грачев А. А., Мельник А. А., Панов Л. И. Поверхностный монтаж при конструировании и производстве электронной аппаратуры. — Одесса: ЦНТЭПИ ОНЮА, 2003. [Grachev A. A., Mel'nik A. A., Panov L. I. Poverkhnostnyi montazh pri konstruirovanii i proizvodstve elektronnoi apparatury. Odessa: TsNTEPI ONYuA, 2003.]

2.. Крылов В. Н., Щербакова Г. Ю., Козина Ю. Ю. Позиционирование изображений фотошаблонов в системах автоматизированного оптического контроля // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2007. — № 3. — С. 61–64. [Krylov V. N., Shcherbakova G. Yu., Kozina Yu. Yu. Pozitsionirovanie izobrazhenii fotoshablonov v sistemakh avtomatizirovannogo opticheskogo kontrolya // Tekhnologiya i konstruirovanie v elektronnoi apparature. 2007. N 3. P. 61–64.]

3. Щербакова Г. Ю., Крылов В. Н., Козина Ю. Ю. Идентификация изображений реперных знаков в системах АОК ИЭТ // Тр. Междунар. науч.-практич. конф. «СИЭТ-2006». — Украина, г. Одесса, 2006. — С. 67. [Shcherbakova G. Yu., Krylov V. N., Kozina Yu. Yu. Identifikatsiya

izobrazhenii repornykh znakov v sistemakh AOK IET // Tr. Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. «SIET-2006». Ukraine, Odessa, 2006. P. 67.]

4. Крылов В. Н., Щербакова Г. Ю., Козина Ю. Ю., Волошин В. В. Помехоустойчивая классификация реперных знаков в пространстве гиперболического вейвлет-преобразования // Системні технології. — 2007. — № 6. — С. 125–130. [Krylov V. N., Shcherbakova G. Yu., Kozina Yu. Yu., Voloshin V. V. // Sistemni tekhnologiyi. 2007. N 6. P. 125]

5. Крылов В. Н., Щербакова Г. Ю., Антошук С. Г., Козина Ю. Ю. Помехоустойчивая бинаризация изображений фотошаблонов в пространстве гиперболического вейвлет-преобразования // Труды Одес. политехн. ун-та. — 2007. — Вып. 2. — С. 119–122. [Krylov V. N., Shcherbakova G. Yu., Antoshchuk S. G., Kozina Yu. Yu. // Trudy Odes. politekhn. un-ta. 2007. Iss. 2. P. 119]

Дата поступления рукописи
в редакцию 17.10 2011 г.

Kozina Yu. Yu., Kozin A. A. **Artificial intelligence system for technical diagnostics of photomasks**

Keywords: photomask, artificial intelligence system, technical diagnostics, fiducial marks.

The developed artificial intelligence system has a high level of noise immunity, so its inclusion in the hardware and software for technical diagnostics of photomasks will reduce the hardware requirements for its execution, and thereby reduce the cost of the complex. As a result it will allow to make a small-scale production profitable.

Ukraine, Odessa National Polytechnic University

Козина Ю. Ю., Козин А. О. **Система штучного інтелекту для технічної діагностики фотошаблонів**

Ключові слова: фотошаблон, система штучного інтелекту, технічна діагностика, реперні знаки.

Розроблена система штучного інтелекту має високий рівень завадостійкості, тому її включення до складу програмно-апаратного комплексу для технічної діагностики фотошаблонів дозволить зменшити вимоги до його апаратного виконання, тобто знизити вартість комплексу, а в результаті — зробити рентабельним дрібносерійне виробництво виробів.

Україна, Одеський національний політехнічний університет