

УДК 004.93

doi:10.20998/2413-4295.2017.23.09

## МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛА

М. И. ШАПОВАЛОВА\*, А. А. ВОДКА

Кафедра динамики и прочности машин, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА  
\*email: mishapovalova@gmail.com

**АННОТАЦИЯ** В статье рассмотрены некоторые существующие методы распознавания образов, в том числе и распознавание микроструктуры материала. Отмечены положительные моменты и указаны недостатки предложенных методов. Определены пути решения задачи распознавания сложной зернистой структуры металла. При выявлении качественных и количественных характеристик материала по его изображению, основная задача заключается в определении границы зерна, так как вся интересующая нас информация скрыта не в яркости различных областей, а в их контуре. Для этого необходимо применить к снимку соответствующие фильтры, и при необходимости бороться с зашумленностью фотографии. Современные технологии и развитие искусственного интеллекта, позволяет создавать автоматизированную компьютерную систему принятия решения, работающую с применением математических методов обработки данных. Предпочтение отдается нейросетевым технологиям, созданию нейронной сети прямого распространения, качественно обученную с использованием метода обратного распространения ошибки. В реальных условиях, при плохо формализуемых входных данных, приветствуется использование теории нечетких множеств. Создание алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений — позволяет снизить влияние человеческого фактора в ходе анализа, сокращает время, затраченное на исследование, повышает точность и достоверность процесса контроля, дает возможность связывать свойства материала с его микроструктурой.

**Ключевые слова:** микроструктура; нейронная сеть; нечеткая логика; зернистая структура; компьютерное моделирование.

## METHODS OF RECOGNITION OF THE MICROSTRUCTURE OF MATERIAL

M. SHAPOVALOVA\*, O. VODKA

Dynamics and Strength of Machine Department, National Technical University «KhPI», Kharkov, UKRAINE

**ABSTRACT** The article considers some existing methods of pattern recognition, including recognition of a microstructure of material are considered. The positive moments are marked and shortcomings of the offered methods are specified. Solutions of the task of recognition of complex granular structure of metal are defined. In case of detection of qualitative and quantitative characteristics of material according to its image, the main objective consists in determination of grain boundary as all information interesting us is hidden not in brightness of different areas, and in their circuit. For this purpose it is necessary to use the appropriate filters to a picture, and if necessary to clear noise on a photo. It's more preferable to use Sobel's method for lowering of effect of smoothing due to giving of bigger weight to coefficient. The modern technologies and development of an artificial intelligence, allows creating the automated computer system of decision-making working using mathematical methods of data handling. Preference is given to neural network technologies, creation of a neural network of direct distribution, qualitatively trained neural network using an algorithm for back propagation of the error. High accuracy, speed and resource economy of such systems, makes them more and more in demand for complex analysis of microstructure.. In actual practice, in case of badly formalizable input data, use of the theory of indistinct sets is welcomed. Creation of algorithms of intellectual support of decision-making — allows to reduce influence of a human factor during the analysis, reduces time spent for a research, increases the accuracy and reliability of process of monitoring, gives the chance to connect properties of material to its microstructure.

**Keywords:** microstructure; neural network; fuzzy logic; grain structure; computer simulation.

## Введение

Значительная часть всех элементов периодической системы Менделеева составляют металлы. Они обладают физическими, химическими, механическими и технологическими свойствами. На эти характеристики влияют различные особенности строения (дефекты), которые в зависимости от размеров можно разделить на три основных масштабных уровня: макро- уровень (десятки мкм); мезо- уровень (сотни-тысячи нм); атомный, или микро- уровень (единицы-десятки нм). На макроуровне находятся особенности, различимые не вооруженным глазом (трещины, нарушение сплошности, неоднородности). Выявление таких

участков позволяет определить места для дальнейшего более углубленного анализа. Мезо уровню характерны: *вакансии* — пустующие узлы кристалла (без атома), оказывающие влияние на физические и электрические свойства материала. Краевые и винтовые *дислокации* — нарушение кристаллической решетки твердотельного элемента. Чаще всего они являются местом концентрации примесных атомов, повышают диффузию и участвуют в фазовых превращениях вещества. *Поверхностные* дефекты, проявляющиеся на границах зерен, влияют на механические и физические свойства материалов (предел текучести, вязкости, хрупкое разрушение). К *объемным* дефектам относятся пустоты, микротрещины и

каверны, снижающие физические, прочностные и другие свойства металлов. Изучая материал на микроуровне, интерес представляет *зерно* металла — наименьший объем кристалла, охваченный высокоугловыми границами. Производят подсчет размеров (бала) зёрен, дисперсии (разброса) этих размеров, степени анизотропии зёрен (отклонение от круглой формы), плотности распределения и ориентации зёрен в пространстве.

Управление дефектами, изменение их концентрации и взаимодействия имеет большое практическое значение. Применяется при упрочнении материалов, термической обработки, изменении электропроводности и др.

В сравнении с другими материалами, металлы обладают высокой прочностью в сочетании с хорошей пластичностью; высокий уровень обрабатываемости является причиной использования металла во многих областях техники. При выборе материала для современных устройств необходимо учитывать условия эксплуатации и назначение конечного продукта (какие нагрузки будут действовать, температура, влажность и т.д.). Необходимо обеспечивать требуемые параметры исходя из функционального назначения деталей, вплоть до климатических изменений и места размещения изделий, обеспечивая стабильность свойств материала во времени. Для повышения надежности и качества создаются новые материалы: полимерные, порошковые и композиционные. Применение новых технологий и дальнейшей обработки дает возможность создания функциональных материалов с заданным комплексом эксплуатационных характеристик.

При исследовании материала с более сложной структурой возникает необходимость повышения контроля качества выпускаемого продукта, а в дальнейшем, при необходимости, проведение прочностных или усталостных анализов. Исследования проводятся с помощью металлографического анализа [1-3] шлифов продукции, что позволяет одновременно контролировать целый ряд физико-механических свойств. Однако анализ сложных зернистых структур требует участие квалифицированных экспертов области материаловедения и физики твердого тела. Следовательно, создание автоматизированных интеллектуальных систем принятия решения, работающих с применением математических методов обработки данных, просто необходимо. Это позволит снизить влияние человеческого фактора в ходе анализа, сократить время, затраченное на исследование, повысить точность и достоверность процесса контроля, дает возможность связывать свойства материала с его микроструктурой.

## Цель работы

На данном этапе, основная цель работы заключается в анализе существующих методов изучения микроструктуры различных материалов, поиск перспективных техник исследования, определение достоинств и недостатков предложенных решений.

## Исследование особенностей микроструктуры

Как известно, металлы и их сплавы поликристаллические тела, состоящие из мелких, неправильной формы кристаллов — зерен. Механические свойства вещества зависят от их размеров и присутствующих дефектов кристаллического строения (вакансии, дислокации, микротрещины). Изучение микроструктуры материала с помощью световой микроскопии началось еще в XIX веке [2]. Основной принцип данного исследования заключается в изучении специально подготовленного образца (шлифованного, полированного и при необходимости протравленного), съемка различных его участков при разном увеличении, и сравнение полученных снимков с эталонными фотографиями. На этом этапе, правильная подготовка образца крайне значима, ведь любые недочеты окажут значительную погрешность при дальнейшем исследовании.

На сегодняшний день, благодаря развитию технологий, металлографический анализ и методы неразрушающего контроля используется во многих заводских лабораториях при изучении форм, размеров и дефектов зернистой структуры металла, позволяя прогнозировать дальнейшее поведение продукции в условиях эксплуатации. Установлена зависимость между размером зерна и прочностью металлов и сплавов, чем мельче зерно, тем прочнее материал [1]. Это связано с взаимодействием дислокаций между собой и высокоугловыми границами зерен. Повышение качества, уменьшение затрат на всех этапах производства и использование материала удовлетворяющего заданным требованиям — современный вектор развития промышленности передовых стран.

Существует ряд программных средств направленных на распознавания микроструктур металлов, автоматизирующие металлографический анализ, разработанные такими фирмами как: «SIAMS» [4], «Видео-Тест» [5], «IMAGE-SP» и др.

К примеру, дорогостоящие системы разработанные фирмой «SIAMS» осуществляют количественный анализ стали, чугуна, цветных металлов и их сплавов. Однако отсутствие встроенной функции классификации зернистой структуры обязывает пользователя вводить эти данные самостоятельно.

Остаются не решенными вопросы переобучения системы для диагностики новых марок

металлов, рассмотренные методы осуществляют лишь количественный анализ микроструктуры, не решая задачи комплексной диагностики по всем характеристикам (свойств, структуре, составу сплавов).

Встречаются подходы [6], использующие при анализе заданного шлифа, такие программные пакеты как Photoshop и Corel Draw, ограничивая тем самым применение автоматизированных систем. Разработанные программные решения анализа микроструктуры материала [7], исследуют лишь численные характеристики структуры. Следует отметить работы В. А. Емельянова, С. И. Шарыбина [8-9], применившие искусственный интеллект при определении свойств материала. Дальнейшим улучшением методов классификации микроструктур и создание программных комплексов посвящены работы А. А. Чубова [10], М. В. Филинова [11] и др. Однако существующие подходы требуют наличие квалифицированных материаловедов для конечной оценки свойств материала, поэтому проблема создания алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решения остается актуальной.

Главной задачей, интересующей нас при исследовании микроструктуры материала, является интерпретация, полученных в ходе оптической микроскопии, изображений зернистой структуры на шлифе исследуемого материала. Имеющиеся фотографии часто искажаются разного рода шумами и затемнениями. Следовательно, первым этапом является преобразование изображений к виду, годному для автоматической обработки. В [12] предложен метод приведения фотографии в цветное пространство градаций серого. Для этого применяется выравнивание гистограммы распределения цветов, а в качестве уменьшителя зашумленности предложен подход, основанный на локальном среднем значении. Знание контекстной информации повышает достоверность принятия решений. При изучении структуры материала такой информацией выступает *текстура* — описываемый некоторыми признаками участок изображения с одинаковыми статистическими характеристиками [13].

Текстура присуща всем объектам окружающего мира и является важным элементом зрительного восприятия. Для ее идентификации рекомендуют использовать метод случайных Марковских полей [14]. Основным преимуществом такой модели является гибкость и легкость модификации распознающей системы благодаря независимости друг от друга случайных Марковских полей разметки и текстуры. Метод позволяет классифицировать текстуры разного масштаба расположенные под различными углами.

Следующим шагом является сравнения структур полученного изображения с известными системе структурами. Часто, использование классических методов распознавания образов не достаточно, и для повышения точности результатов

предложено применить гибридный подход [13], при котором дополнительно используется детерминированный метод SAD (сумма абсолютных разностей) сравнения изображений.

### НС в задачах распознавания микроструктуры

Нейросетевой метод определения характеристик материала, исходя из его микроструктуры, подразумевает два основных этапа. Во-первых, определяются входные данные (полученные предварительной обработкой изображений микроструктуры), для нахождения количественных характеристик металла. В статье [16] автором предложено исходное полутоновое изображение подвергать бинаризации и скелетизации с использованием фильтра Превитта, так как необходимая информация скрыта не в яркости отдельных областей, а в их контуре (границах).



Рис. 1 — Результат предварительной обработки изображения микроструктуры металла [16]

Суть фильтрации заключается в применении маски (некой квадратной матрицы) к соответствующим пикселям исходного изображения. Определив градиент и его направление в точке, получаем направление контура, как перпендикулярное градиенту. Одни из самых известных и часто используемых методов выделения контуров изображения являются методы Превитта и Собеля [23].

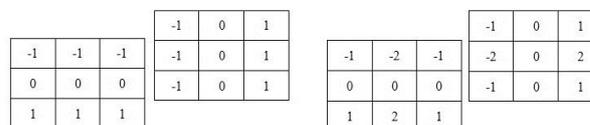


Рис. 2 — а) маска оператора Превитта, б) маска оператора Собеля [23]

Эти приемы оперируют областью изображения 3 на 3, отличаясь лишь весовым коэффициентом для средних элементов маски. Увеличенное значение коэффициентов применяется для снижения эффекта сглаживания за счет придания большего веса средним точкам. На рисунке 2 приведены маски оператора Превитта и Собеля соответственно.

Во-вторых, в скрытом слое нейронной сети происходит сравнение входных данных и обучающего множества (в случае металлографического анализа — определения характеристик металла, согласно действующим ГОСТам).

Решая задачи распознавания, приходится работать в реальных условиях, с плохо формализуемыми объектами (когда нет четко определенного алгоритма работы), а так же усложнить задачу могут их свойства, изменяющиеся в реальном времени. Условия неопределенности или неполной информации эффективно разрешаются теорией нечетких множеств. Опираясь на понятия, характерными для человека (качественными), вместе с тем она дает им количественную оценку присущую вычислительным машинам.

Основатель теории нечетких множеств Лофти Заде, в статье [17] акцентирует внимание на факте появления систем, способных решать задачи распознавания образов, речи, рукописных символов и т.д., с помощью компьютерных систем, что ранее считалось невозможным.

Стоит отметить, что набор входных данных на этапе классификации образов немало важен, ведь избыточные или недостаточные данные оказывают большое влияние на качество распознавания. Игнорируя малозначимую информацию необходимо выделять наиболее значимые характеристики [18] во входных параметрах. Таким образом, математические средства представления исходной нечеткой информации позволяют наиболее адекватно описать неопределенности, присущие окружающему нас миру.

Дальнейшее распознавание подготовленного изображения предлагается проводить с использованием нейронной сети, обладающей свойством обучаемости. Основным критерием качества такого метода является значение ошибки распознавания. Чем он ниже, тем качественней и точнее работает сеть. В [16] приведена нейронная сеть для распознавания металлографических изображений с MLP структурой (многослойный перцептрон), чаще всего применяемая при моделировании сложных функций. Обучение такой сети проводилось с использованием алгоритма обратного распространения ошибки. Полученные результаты дали высокий уровень валидности, точность распознавания изображения составила порядка 97,8%.

### Выводы

В ходе работы был проведен анализ литературы посвященной вопросам материаловедения и изучения микроструктуры различных материалов. Определены перспективные техники исследования металлов по данным металлографического анализа, отмечены достоинства и указаны недостатки существующих решений.

К перспективным методам относятся:

- применение маски фильтра Собеля к исходной фотографии микрошлифа металла, с целью выявления границ зерен и преобразования изображения к виду пригодному для автоматической обработки;

- использование случайных Марковских полей при изучении текстуры материала повышает достоверность принятия решений. Такой метод позволяет классифицировать текстуры разного масштаба расположенные под различными углами;

- проводить распознавание подготовленного изображения нейросетевыми методами, создавая многослойную нейронную сеть, обученную с использованием алгоритма обратного распространения ошибки;

- в случае плохо формализуемых входных данных для нейронной сети рекомендуется использовать теорию нечетких множеств.

Рассмотренные методики играют важную роль в исследовании микроструктуры материала, однако остаются не до конца реализованными алгоритмы переобучения системы для диагностики новых марок металлов; часто для оценки полученных результатов необходимо участие высококвалифицированного материаловеда. Следовательно, создание автоматизированной интеллектуальной системы поддержки принятия решения остается актуальной.

### Список литературы

1. **Bramfitt, B. L.** Metallography's Guide – Practices and Procedures for Iron and Steels. — USA: ASM International, 2002. — 354 p.
2. **Богомолова, Н. А.** Практическая металлография. — М: Высшая школа, 1987. — 240 с.
3. **Шульте, Ю. А.** Комплексный контроль качества конструкционной стали. — Киев: Техника, 1986. — 128 с.
4. URL: <http://www.videotest.ru/en/article/view/48/category/1> 1. – 14.03.2017.
5. URL: <http://www.siams.com/products/siams700>.–14.03.2017
6. **Костылева, Л. В.** Определение объемной доли дендритных ветвей с использованием компьютерных программ / **Л. В. Костылева, Е. А. Санталова, В. А. Ильинский** // *Заводская лаборатория*. — 2003. — Вып. 11. — С. 33-36.
7. **Мартюшев, Н. В.** Программные средства для автоматического металлографического анализа / **Н. В. Мартюшев** // *Современные проблемы науки и образования*. — 2012. — Вып. 5. — С. 1-6.
8. **Шарыбин, С. И.** Автоматизация процесса контроля качества продукции при создании функциональных материалов / **С. И. Шарыбин, В. Ю. Столбов** // *Материалы 11-й Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами»*. — Арзамас: Изд-во НГТУ, 2014. — Т. 3. — С. 886-898.
9. **Шарыбин, С. И.** Об одном подходе к решению задачи анализа и классификации сложных микроструктур на шлифах металлов и сплавов / **С. И. Шарыбин, В. Ю. Столбов** // *Прикладная математика и вопросы управления*. — 2015. — №1. — С. 89 -99.
10. **Чубов, А. А.** Автоматизация металлографического анализа и контроля сплавов с использованием методов

- цифровой обработки оптических изображений микроструктур: Автореф. дис. канд. техн. наук 05.13.06 / **А. А. Чубов**; Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П. А. Соловьева. — 2007. — 16 с.
11. **Филинов, М. В.** Повышение точности количественных оценок поверхностных дефектов и структур металлов по их цифровым изображениям в оптическом неразрушающем контроле: Автореф. дис. доктора техн. наук 05.11.13 / **М. В. Филинов**; «НИИ Интроскопии МНПО «СПЕКТР». — М., 2007. — 58 с.
  12. **Frank, J. S.** Image processing and pattern recognition: fundamentals and techniques / **J. S. Frank** // *Wiley- IEEE Press*, 2010. — 537 p.
  13. **Шарыбин, С. И.** Сравнение методов распознавания образов в задачах поиска характерных зерновых микроструктур на фотографиях шлифов металлов и сплавов / **С. И. Шарыбин, А. В. Ключев, В. Ю. Столбов** // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*, 2012. — № 9. — С. 49-53.
  14. **Пластинин, А. И.** Модель марковского случайного поля в задачах синтеза и анализа текстурных изображений / **А. И. Пластинин** // *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*, 2015. — № 12. — С. 213.
  15. **Прэтт, У.** Цифровая обработка изображений: пер. с англ. / **У. Прэтт** // М: Мир, 1982. — 480 с.
  16. **Емельянов, В. А.** Нейросетевой метод определения количественных характеристик металлов / **В. А. Емельянов** // *Радиоелектронні і комп'ютерні системи*. — 2010. — № 4(45). — С. 169-173.
  17. **Zadeh, L. A.** Foreword - recognition technology and fuzzy logic / **L. A. Zadeh** // *J. IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2001. — Vol. 9, №1. — P. 3-4. — doi: 10.1109/TFUZZ.2001.917109.
  18. **Полторак, В. П.** Система распознавания образов на базе нечетко нейронного классификатора / **В. П. Полторак, Я. Ю. Дорогой** // *Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы*. — 2007. — № 1. — С. 66-74.
  19. **Погребняк, С. В.** Разработка компьютерной системы для обработки результатов эксперимента с помощью искусственной нейронной сети / **С. В. Погребняк, О. О. Водка** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях*. — Харьков: НТУ «ХПИ». — 2016. — № 42 (1214). — С. 145-153. — doi: 10.20998/2413-4295.2016.42.24.
  20. **Lau, K. M.** Comparison of the Hopfield scheme to the hybrid of Lagrange and transformation approaches for solving the travelling salesman problem / **K. M. Lau, S. M. Chan, L. Xu** // *Proceedings of Intelligence in Neural and Biological Systems*. — 1995. — doi: 10.1109/INBS.1995.404259.
  21. URL: <https://habrahabr.ru/post/134998/>. — 30.03.2017.
  22. URL: <https://habrahabr.ru/company/ods/blog/322534/>. — 5.04.2017.
  23. URL: <https://habrahabr.ru/post/114452/>. — 12.05.2017.
  3. **Shulte, Yu. A.** Kompleksnii kontrol kachestva konstrukcionnoi stali. Kiev: Tehnika, 1986, 128 p.
  4. URL: <http://www.videotest.ru/en/article/view/48/category/11>. — 14.03.2017.
  5. URL: <http://www.siams.com/products/siams700>. — 14.03.2017
  6. **Kostileva, L. V., Santalova, E. A., Ilinskii, V. A.** Opredelenie obemnoi doli dendritnih vetvei s ispolzovaniem kompyuternih programm. *Zavodskaya laboratoriya*, 2003, **11**, 33-36.
  7. **Martyushev, N. V.** Programmnie sredstva dlya avtomaticheskogo metallograficheskogo analiza. Sovremennnie problemi nauki i obrazovaniya, 2012, **5**, 1-6.
  8. **Sharibin, S. I., Stolbov, V. Yu.** Avtomatizaciya processa kontrolya kachestva produkcii pri sozdaniі funkcionalnih materialov. *Materiali 11-i Vserossiiskoi shkoli konferencii molodih uchenih «Upravlenie bolshimi sistemami»*. Arzamas, NGTU, 2014, **3**, 886-898.
  9. **Sharibin, S. I., Stolbov, V. Yu.** Ob odnom podhode k resheniyu zadachi analiza i klassifikacii slojnih mikrostruktur na shlifah metallov i splavov. *Prikladnaya matematika i voprosi upravleniya*, 2015, **1**, 89-99.
  10. **Chubov, A. A.** Avtomatizaciya metallograficheskogo analiza i kontrolya splavov s ispolzovaniem metodov cifrovoi obrabotki opticheskikh izobrazhenii mikrostruktur. Avtoref. dis. kand. tehn. nauk 05.13.06. Gosudarstvennaya aviacionnaya tehnologicheskaya akademiya imeni P. A. Soloveva, 2007, 16.
  11. **Filinov, M. V.** Povishenie tochnosti kolichestvennih ocenok poverhnostnih defektov i struktur metallov po ih cifrovim izobrazheniyam v opticheskom nerazrushayuschem kontrole. Avtoref. dis. doktora tehn. nauk 05.11.13. «NII Introskopii MNPO «СПЕКТР». Moscow, 2007, 58.
  12. **Frank, J. S.** Image processing and pattern recognition: fundamentals and techniques. *Wiley- IEEE Press*, 2010, 537 p.
  13. **Sharibin, S. I., Klyuev, A.V., Stolbov, V. Yu.** Sravnenie metodov raspoznavaniya obrazcov v zadachah poiska haraktarnih zernovih micristruktur na photographiyah shlifov metallov i splavov, *Izv. Vishih uchebnihih zavedeniy. Chernaya metallurgiya*, 2012, **9**, 49-53.
  14. **Plastinin, A. I.** Model markovskogo sluchainogo polya v zadachah sinteza i analiza teksturnih izobrazhenii. *Visnik Pridniprovskoi derjavnoi akademii budivnictva ta arhitekturi*, 2015, **12**, 213.
  15. **Prett, U.** Cifrovaya obrabotka izobrazhenii. Moscow: Mir, 1982, 480 p.
  16. **Emelyanov, V. A.** Neyrosetevoy quantitative method for determining the characteristics of metal. *Radio electronic and computer systems*, 2010, **4** (45), 169-173.
  17. **Zadeh, L. A.** Foreword - recognition technology and fuzzy logic. *J. IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2001, **9**(1), 3-4, doi: 10.1109/TFUZZ.2001.917109.
  18. **Poltorak, V. P., Dorogoi, Ya. Yu.** Sistema raspoznavaniya obrazov na baze nechetko neironnogo. *Avtomatika. Avtomatizaciya. Elektrotehnicheskie kompleksi i sistemi*, 2007, **1**, 66-74.
  19. **Pogrebnyak, S., Vodka, O.** Development of computer system for processing experiment results with neural networks. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*. — Kharkiv: NTU "KhPI", 2016, **42** (1214), 145–153, doi:10.20998/2413-4295.2016.42.24.
  20. **Lau, K. M., Chan, S. M., Xu, L.** Comparison of the Hopfield scheme to the hybrid of Lagrange and transformation approaches for solving the travelling salesman problem. *Proceedings of Intelligence in Neural and Biological Systems*, 1995, doi: 10.1109/INBS.1995.404259.

## Bibliography (transliterated)

1. **Bramfitt, B. L.** Metallography's Guide – Practices and Procedures for Iron and Steels. USA: ASM International, 2002, 354 p.
2. **Bogomolova, N. A.** Prakticheskaya metallografiya. Moscow: Visshaya shkola, 1987, 240 p.

21. URL: <https://habrahabr.ru/post/134998/>. – 30.03.2017.  
22. URL: <https://habrahabr.ru/company/ods/blog/322534/>. – 5.04.2017.

23. URL: <https://habrahabr.ru/post/114452/>. – 12.05.2017.

#### Сведения об авторах (About authors)

**Шаповалова Мария Игоревна** – студент кафедры динамики и прочности машин, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; г. Харьков, Украина; e-mail: MiShapovalova@gmail.com.

**Mariya Shapovalova** – student of National Technical University "KhPI", student Dynamics and Strength of Machines Department, Kharkov, Ukraine e-mail: MiShapovalova@gmail.com.

**Водка Алексей Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры динамики и прочности машин, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»; г. Харьков, Украина; e-mail: oleksii.vodka@gmail.com.

**Oleksii Vodka** – Ph. D., National Technical University "KhPI", Docent of Dynamics and Strength of Machines Department, Kharkov, Ukraine; e-mail: oleksii.vodka@gmail.com.

*Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Шаповалова, М. И.** Методы распознавания микроструктуры материала / **М. И. Шаповалова, А. А. Водка** // *Вестник НТУ «ХПИ»*, Серия: *Новые решения в современных технологиях*. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2017. – № 23 (1245). – С. 56-61. – doi:10.20998/2413-4295.2017.23.09.

*Please cite this article as:*

**Shapovalova, M., Vodka, O.** Methods for recognizing the microstructure of a material. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017, **23** (1245), 56–61, doi:10.20998/2413-4295.2017.23.09.

*Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

**Шаповалова, М. І.** Методи розпізнавання микроструктури матеріалу / **М. І. Шаповалова, О. О. Водка** // *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 23 (1245). – С. 56-61. – doi:10.20998/2413-4295.2017.23.09.

**АНОТАЦІЯ** Розглянуто деякі існуючі методи розпізнавання образів, в тому числі і розпізнавання микроструктури матеріалу. Відзначено позитивні моменти і вказані недоліки запропонованих методів. Визначено шляхи вирішення задачі розпізнавання складної зерен структури металу. При виявленні якісних і кількісних характеристик матеріалу по його зображенню, основне завдання полягає у визначенні кордону зерна, так як вся цікавить нас прихована не в яскравості різних областей, а в їх контурі. Для цього необхідно застосувати до знімка відповідні фільтри. Сучасні технології та розвиток штучного інтелекту, дозволяє створювати автоматизовану комп'ютерну систему прийняття рішення, що працює із застосуванням математичних методів обробки даних. Перевага віддається нейромержевим технологіям, створення нейронної мережі прямого поширення, якісно навчену з використанням методу зворотного поширення помилки. У реальних умовах, при погано формалізуються вхідних даних, вітається використання теорії нечітких множин. Створення алгоритмів інтелектуальної підтримки прийняття рішень - дозволяє знизити вплив людського фактора в ході аналізу, скорочує час, витрачений на дослідження, підвищує точність і достовірність процесу контролю, дає можливість пов'язувати властивості матеріалу з його микроструктурою.

**Ключові слова:** микроструктура; нейронна мережа; нечітка логіка; зеренна структура; комп'ютерне моделювання.

*Поступила (received) 31.05.2017*