

# ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

## OVERVIEW OF SOFTWARE FOR CONDUCTING METALLOGRAPHIC ANALYSIS

**M. Gafarov  
K. Pavlova  
E. Gafarova**

*Summary.* The article presents an overview of specialized software products for metallographic analysis. We consider conditional-free programs. The review is carried out by the criteria of functionality, the quality of the accompanying technical documentation and the ergonomics of the interface. The aim of the theoretical study is to optimize and reduce research resources in the search for the necessary software for analyzing metallographic sections by providing structured software evaluation information on the most significant criteria. Based on the analysis of information sources, the ranking according to the above criteria is shown using the method of expert assessments. The method was applied with the introduction of confidence coefficients based on objectified experts' indicators, such as reputation, work record, education profile, etc. The ranking results are presented in the form of a set of weight coefficients diagrams, on the basis of which the most optimal program was determined, taking into account the indicated criteria.

*Keywords:* software, metallographic analysis, functional, quality of technical documentation, ergonomics, expert evaluation method.

**Гафаров Максим Фаизович**

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

**Павлова Ксения Петровна**

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

**Гафарова Елена Аркадьевна**

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет»  
gafarovaeva@cspu.ru

*Аннотация.* В статье представлен обзор специализированных программных продуктов для проведения металлогрифического анализа. Рассмотрены условно-бесплатные программы. Обзор выполнен по критериям функциональных возможностей, качества сопроводительной технической документации и эргономичности интерфейса. Целью теоретического исследования является оптимизация и снижение исследовательских ресурсов при поиске необходимого программного обеспечения для анализа металлогрифических шлифов путем предоставления структурированной информации оценки программного обеспечения по наиболее значимым критериям. На основе анализа информационных источников показано ранжирование по вышеназванным критериям с использованием метода экспертных оценок. Метод был применен с введением коэффициентов доверия, основанных на объективизированных показателях экспертов, таких как репутация, стаж работы, профильность образования и др. Результаты ранжирования представлены в виде свода диаграмм весовых коэффициентов, на основе которого определена наиболее оптимальная программа с учетом обозначенных критериев.

*Ключевые слова:* программное обеспечение, металлогрифический анализ, функционал, качество технической документации, эргономичность, метод экспертных оценок.

## Введение

**М**еталлогрифический анализ является значимой частью в производственном процессе [1; 11; 6], так как позволяет судить о качестве готового металлического продукта, прогнозировать и моделировать методы улучшения металлических сплавов и изделий [2; 12; 9; 10; 13]. В современной металлогрифической практике, качество и точность анализа определяется технической оснащенностью и программным обеспечением [16; 14].

## Постановка задачи

Современный металлогрифический анализ состоит из 4-х этапов [5]:

1. Пробоотбор
2. Пробоподготовка
3. Собственно металлогрифический анализ
4. Статистическая обработка результатов анализа.

Данная работа касается этапов 3 и 4 металлогрифического исследования и направлена на обзор современных программ металлогрифического анализа с целью предоставления структурированной информации по значимым критериям для выбора той или иной программы. Как показано в работах [16; 14; 17] техническая оснащенность и программное обеспечение являются важнейшими факторами проведения точного металлогрифического анализа. Несмотря на то, что разработано большое количество специализированных программ для металлогрифиче-

ских исследований, многие из них являются платными, бесплатные же версии, не всегда позволяют провести точный анализ, сравнимый с платными платформами, такими как Thixomet, Siams, VideoTest [18; 19; 7]. Это связано с примитивностью алгоритмов, заложенных в некоторые бесплатные версии, несоответствие методов обработки изображений ГОСТ [20], и кроме того, любое современное программное обеспечение требует наличия осведомленности о принципах работы программы для рационального применения, поэтому необходимо наличие технической документации о программном продукте и примеры его использования в металлографическом анализе.

Задачей данной работы является составление обзора бесплатных программных инструментов для проведения металлографического анализа, а именно обработки и анализа изображений металлических шлифов и ранжирование данных программных продуктов по выбранным критериям с применением статистических методов. Целью данной работы является оптимизация исследовательских ресурсов при поиске необходимого программного обеспечения для анализа металлографических шлифов. Введенное ограничение о рассмотрении только бесплатного программного обеспечения также способствует, на наш взгляд, экономии исследовательских ресурсов.

## Решение

В результате изучения информационных источников, нами были выявлены следующие программы, применимые для металлографического анализа изображений металлических шлифов: JMicroVision; imageJ; Endrov; OpenCV; VXL; OsiriX; Phatom [17; 18; 19]. В первой части решения проведен детальный обзор этих программных средств с описанием их функционала и технической документации. Во второй — ранжирование этих программ с использованием метода экспертных оценок [8]. Данный метод является универсальным, его применимость к различным задачам была показана в работах [15; 4, с. 117; 3, с. 829].

## 1. Обзор программного обеспечения

### Программное обеспечение JMicroVision

Функционал:

- ◆ Загрузка изображений в TIFF, BMP, FlashPiX, GIF, JPEG, PNG, и PNM формате
- ◆ Количественный анализ компонентов изображения: выделенных объектов или фона
- ◆ Морфологический анализ объектов (размер, форма, ориентация, текстура и т.п.)
- ◆ Классификация выделенных объектов
- ◆ Визуальная обработка изображений (бинарные и морфологические операции, фильтрация, сегментация и т.п.)

- ◆ Коррекция и очистка изображений (геометрическая корректировка с помощью контрольных точек)
- ◆ Численный подсчет выделенных точек на изображении.
- ◆ Инструменты для сбора данных в одном или двух измерениях
- ◆ Создание аннотаций для изображений и карточек описаний
- ◆ Построение измерительных профилей, фиксирующих изменения гранулометрических параметров и графической плотности выделенных объектов или фона.
- ◆ Сохранение всех измерений, исходных данных, калибровок и настроек в одном файле проекта

### Качество технической документации

Справочное руководство содержит исчерпывающий материал по возможностям программы, с указанием как использовать определенные функции программы.

### Программное обеспечение imageJ

Функционал:

- ◆ Кроссплатформенное программное обеспечение с открытым исходным кодом
- ◆ Высокая скорость обработки изображений различных форматов, таких как GIF, JPEG, BMP, PNG, PGM, FITS и ASCII.
- ◆ Возможность конвертации изображения из одного формата в другой
- ◆ Коррекция изображений их фильтрация
- ◆ Возможность поточной обработки изображений, автоматизация обработки стека изображений
- ◆ Количественный подсчет структурных объектов
- ◆ Инструменты для измерения объектов на изображении
- ◆ Измерение гранулометрических параметров, графической плотности объектов на изображении
- ◆ Возможность трехмерной визуализации
- ◆ Возможность подключения модулей

### Качество технической документации

Справочное руководство написано на английском языке, с подробными примерами использования возможностей программы.

### Программное обеспечение Endrov

Функционал:

- ◆ Кроссплатформенное программное обеспечение с открытым исходным кодом
- ◆ Поточная обработка изображений

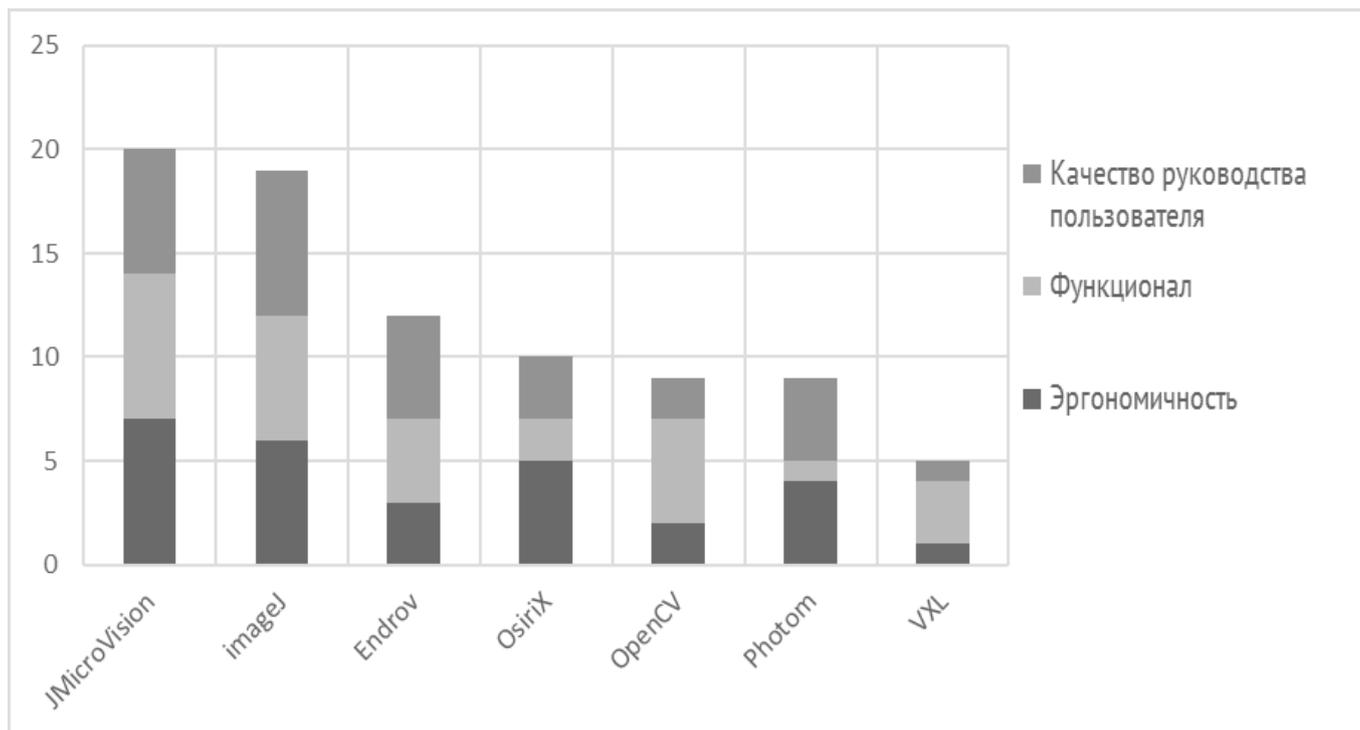


Рис. 1. Ранжирование программ

- ◆ Возможность управления сетью микроскопов, для поточной обработки изображений
- ◆ Определение морфологии объектов
- ◆ Большое количество подключаемых плагинов
- ◆ Преимущественное хранение изображений в OME-TIFF форматах, возможен импорт изображений из других форматов
- ◆ Фильтрация изображений
- ◆ Количественный анализ компонентов изображения: выделенных объектов или фона

#### *Качество технической документации*

Справочное руководство написано на английском языке, имеется большая библиотека плагинов с подробным описанием работы программы.

#### **Программное обеспечение OpenCV**

##### Функционал:

- ◆ Кроссплатформенное программное обеспечение с открытым исходным кодом
- ◆ Огромное количество подключаемых плагинов для работы с анализом изображения
- ◆ Морфологический анализ
- ◆ Фильтрация изображений
- ◆ Количественный подсчет структурных объектов
- ◆ Возможность поточной обработки изображений, автоматизация обработки стека изображений

- ◆ Количественный анализ компонентов изображения: выделенных объектов или фона

#### *Качество технической документации*

Справочное руководство написано на английском языке, имеется большая библиотека плагинов и инструкций по установке данного программного обеспечения.

#### **Программное обеспечение VXL**

##### Функционал:

- ◆ Программное обеспечение с открытым исходным кодом
- ◆ Большая библиотека для анализа изображений и математических вычислений
- ◆ Морфологический анализ
- ◆ Улучшение изображений
- ◆ Возможность классификации структурных объектов на шлифе
- ◆ Измерение гранулометрического состава шлифов
- ◆ Поточная обработка изображений
- ◆ Возможность автоматизации в обработке изображений

#### *Качество технической документации*

Справочное руководство написано на английском языке, документация приводится к каждому плагину

по отдельности, что создает проблемы в поиске информации.

### Программное обеспечение OsiriX

Функционал:

- ◆ Программное обеспечение с открытым исходным кодом
- ◆ Коррекция изображений
- ◆ Поточная обработка изображений
- ◆ Возможность автоматизации в обработке изображений
- ◆ Поддержка форматов TIFF, JPEG, PDF, AVI, MPEG, QuickTime
- ◆ Эффективная система визуализации изображений

#### Качество технической документации

Справочное руководство написано на английском языке, документация встроена в программу, что облегчает процесс поиска информации.

### Программное обеспечение Photom

Функционал:

- ◆ Коррекция изображений
- ◆ Конвертация форматов изображений
- ◆ Поддержка форматов JPEG, TIFF, GIF, PNG, DIGITAL
- ◆ Численный подсчет выделенных точек на изображении.
- ◆ Инструменты для сбора данных в одном или двух измерениях
- ◆ Количественный анализ структурных объектов
- ◆ Визуальная обработка изображений

#### Качество технической документации

Справочное руководство подробно описывает процесс использования программы.

## 2. Ранжирование программного обеспечения по критериям

Для проведения ранжирования были выбраны ключевые признаки, определяющие качество программного обеспечения для анализа металлографических шлифов. Мы считаем, что функционал, качество руководства

пользователя и эргономичность являются основными критериями, позволяющие выбирать ту или иную программу для решения задач металлографического анализа в конкретных условиях для оптимизации исследовательских ресурсов.

Для определения весовых коэффициентов ранжирования был выбран метод экспертных оценок [7].

Основой для определения весовых коэффициентов являются экспертные оценки пользователей — специалистов по проведению металлографического анализа. Также нами были введены коэффициенты доверия, основанные на объективизированных показателях экспертов, таких как репутация, стаж работы по специальности, профильность образования, пользовательский уровень, массив обрабатываемых данных металлографических шлифов. После определения весовых коэффициентов, по каждому критерию были определены программы, имеющие наибольший и наименьший весовые коэффициенты. Соответственно были выставлены оценки каждой программе по каждому критерию от 1 до 7. Оценку "7" имеют программы с наивысшим весовым коэффициентом по данному критерию, оценку "1" с низшим. Затем оценки суммировались, программа, набравшая максимальную сумму баллов, является оптимальной для металлографического анализа, по мнению авторов.

Результаты ранжирования приведены на рисунке 1.

Согласно результатам ранжирования лучшей программой для металлографического анализа, по предложенным в данной статье критериям, является программа "JMicroVision".

## Выводы

Результатом данной работы является обзор и анализ бесплатных программных продуктов для металлографического анализа по критериям: функциональные возможности, качество сопроводительной технической документации и эргономичность интерфейса. Для достижения поставленной цели был дан краткий обзор программ с описанием по названным характеристикам, выделены основные критерии для ранжирования программ, проведено ранжирование на основе метода экспертных оценок и выявлена наиболее оптимальная для проведения металлографического анализа специализированная программа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абляз Т.Р., Оглезнева С. А., Оглезнев Н. Д., Гришарин А. О. Металлографический анализ морфологии продуктов эрозии [Электронный ресурс] // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. 2016. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metallograficheskiy-analiz-morfologii-produktov-erozii> (дата обращения: 09.09.2018).

2. Васильев И. И., Абдуллин И. Ш. Структура и механические свойства поверхности легированных инструментальных сталей стационарного ножа от стригальной машины модифицированных ВЧИ-плазмой [Электронный ресурс] // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/struktura-i-mehanicheckie-svoystva-poverhnosti-legirovannyh-instrumentalnih-staley-statsionarnogo-nozha-ot-strigalnoy-mashiny> (дата обращения: 09.09.2018).
3. Винник Д.А., Павлова К. П., Гафаров М. Ф., Машковцева Л. С., Чернуха А. С., Живулин В. Е., Живулин Д. Е., Галимов Д. М., Подгорнов Ф. В., Жеребцов Д. А. Оптимизация режима твердофазного синтеза гексаферрита бария ВАФЕ12019. [Текст] // Наука ЮУрГУ Материалы 67-й научной конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации; Южно-Уральский государственный университет. 2015.
4. Гафарова Е. А. Задачный подход в решении проблемы формирования творческих умений старшекласников при изучении компьютерных информационных технологий. // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. 2006. Т. 5. № 23.
5. Глухова К.Л., Долгодворов А.В. Исследование микроструктуры композиционного конструкционного материала на этапе получения углепластика [Электронный ресурс] // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2014. № 2 (37). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-mikrostruktury-kompozitsionnogo-konstruksionnogo-materiala-na-etape-polucheniya-ugleplastika> (дата обращения: 09.09.2018).
6. Дегтярева А. Д. Методика поверхностного изучения цветного металла. [Электронный ресурс] // ВИАЭ. 2006. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-poverhnostnogo-izucheniya-tsvetnogo-metalla> (дата обращения: 09.09.2018).
7. Жизняков А. Л., Садыков С. С., Фомин А. А. Классификация изображений микроструктур металлов на основе многомасштабных моделей [Электронный ресурс] // Ника. 2009. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-izobrazheniy-mikrostruktur-metallon-na-osnove-mnogomashtabnyh-modeley> (дата обращения: 09.09.2018).
8. Зотова Е.В., Пошовкина М. И. Метод экспертных оценок при процедуре оптимизации результатов эксперимента [Электронный ресурс] // Universum: технические науки. 2017. № 3 (36). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-ekspertnyh-otsenok-pri-protzedure-optimizatsii-rezultatov-eksperimenta> (дата обращения: 09.09.2018).
9. Калининченко М. Л., Калининченко В. А., Григорьев С. В., Кардаполова М. А. Металлографический анализ стали типа Х12МФ после закалки лазерным излучением [Электронный ресурс] // Литьё и металлургия. 2014. № 1 (74). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metallograficheskiy-analiz-stali-tipa-h12mf-posle-zakalki-lazernym-izlucheniem> (дата обращения: 09.09.2018).
10. Карева Н.Т., Пелленен А. П., Хабибуллин А. А., Галимов Д. М. Исследование влияния отжига на строение и свойства биметаллических лент латуни алюминий латуни [Электронный ресурс] // Вестник ЮУрГУ. Серия: Металлургия. 2014. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-otzhiga-na-stroenie-i-svoystva-bimetallicheskih-lent-latun-alyuminiy-latun> (дата обращения: 09.09.2018).
11. Лончих П.А., Борюшкина С. А., Чарный С. М. Вибродиагностика и металлографический анализ как элемент обеспечения качества. [Электронный ресурс] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2007. № 16. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vibrodiagnostika-i-metallograficheskiy-analiz-kak-element-obespecheniya-kachestva> (дата обращения: 09.09.2018).
12. Митяев А. А., Волчок И. П., Фролов Р. А., Лоза К. Н., Гнатенко О. В., Лукинов В. В. Комплексное модифицирование вторичных силуминов. [Электронный ресурс] // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2014. № 6 (54). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnoe-modifitsirovanie-vtorichnyh-siluminov> (дата обращения: 09.09.2018).
13. Мурзин С. П. Оптимизация поля температур при лазерной обработке материалов с применением фокусаторов излучения [Электронный ресурс] // КО. 2002. № 22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-polya-temperatur-pri-lazernoj-obrabotke-materialov-s-primeneniem-fokusatorov-izlucheniya> (дата обращения: 09.09.2018).
14. Оковитый В. А., Пантелеенко Ф. И., Девойно О. Г., Пантелеенко А. Ф., Оковитый В. В. Исследование процессов обработки импульсами лазерного излучения плазменных покрытий из материалов на основе многофункциональной оксидной керамики [Электронный ресурс] // Наука и техника. 2014. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-protssessov-obrabotki-impulsami-lazernogo-izlucheniya-plazmennyyh-pokrytiy-iz-materialov-na-osnove-mnogofunktsionalnoy> (дата обращения: 09.09.2018).
15. Примакин А.И., Большакова Л. В. Метод экспертных оценок в решении задач обеспечения экономической безопасности хозяйствующего субъекта [Электронный ресурс] // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2012. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-ekspertnyh-otsenok-v-reshenii-zadach-obespecheniya-ekonomicheskoy-bezopasnosti-hozyaystvuyuschego-subekta> (дата обращения: 09.09.2018).
16. Прокофьева Е.В., Весёлин В. В., Прокофьева О. Ю. Модернизация металлографического метода исследования объектов судебной экспертизы в свете нанотехнологий [Электронный ресурс] // Вестник ВИ МВД России. 2014. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-metallograficheskogo-metoda-issledovaniya-obektov-sudebnoy-ekspertizy-v-svete-nanotekhnologiy> (дата обращения: 09.09.2018).
17. [Электронный ресурс]: <https://thixomet.ru>
18. [Электронный ресурс]: <http://elink-group.ru/store/10058667/10065383/?yclid=5272763530661601428>
19. [Электронный ресурс]: [http://storage.library.opu.ua/online/periodic/ee\\_88/125-131.pdf](http://storage.library.opu.ua/online/periodic/ee_88/125-131.pdf)
20. [Электронный ресурс]: <http://books.ifmo.ru/file/pdf/817.pdf>