

ООО «ВИЗМИ»
117461, г. Москва, муниципальный округ
Черемушки, ул. Каховка, д. 31
ИНН 7725360726
КПП 772701001
ОГРН 1177746231200

**Документация, содержащая описание функциональных
характеристик экземпляра программного обеспечения,
предоставленного для проведения экспертной проверки**

Содержание

Термины (аббревиатуры)	Error! Bookmark not defined.
1. Общие сведения.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Обозначение и наименование программы ..	Error! Bookmark not defined.
1.2 Программное обеспечение, необходимое для функционирования программы. Языки программирования	Error! Bookmark not defined.
2. Функциональное назначение программы ...	Error! Bookmark not defined.
3. Описание логической структуры.....	Error! Bookmark not defined.
3.1 Алгоритм программы. Используемые методики.	Error! Bookmark not defined.
3.2 Структура программы	Error! Bookmark not defined.
4. Используемые технические средства	Error! Bookmark not defined.
5. Способы вызова программы и входные точки в программу.....	Error! Bookmark not defined.
6. Выходные данные	Error! Bookmark not defined.
7. Заключение	Error! Bookmark not defined.

1. Общие сведения

1.1 Обозначение и наименование программы

Полное наименование: Система по оценке фракционного состава (гранулометрии), обнаружения негабаритов и подсчета объемов сыпучего материала

Краткое наименование: Система по оценке фракционного состава (гранулометрии), обнаружения негабаритов и подсчета объемов сыпучего материала

Обозначение (версия): 2.1.0.

Настоящий экземпляр ПО предоставлен для проведения экспертной проверки в соответствии с требованиями Минцифры России о включении сведений о программе в Единый реестр российских программ для ЭВМ и баз данных.

1.2 Программное обеспечение, необходимое для функционирования программы. Языки программирования

Базовое системное программное обеспечение (ОС):

Экземпляр ПО функционирует под управлением операционной системы, входящей в реестр отечественного ПО: **Astra Linux Special Edition** (версия 1.7 и выше). Допускается также использование **Ubuntu 22.04** и **ALT Linux 10** на этапе экспертной проверки.

Необходимые компоненты и библиотеки (системный уровень):

- Среда контейнеризации (Docker Engine) для изоляции и запуска микросервисов.
- Система оркестрации контейнеров (Docker Compose) для совместного запуска ядра обработки, веб-сервера и базы данных.
- Библиотеки для работы с графическими процессорами NVIDIA (CUDA, NVIDIA Container Toolkit) — при наличии GPU на стенде экспертизы.
- Клиент для работы с системой управления базами данных.

Система управления базами данных:

PostgreSQL версии 13 или выше. Может быть развернута как в отдельном контейнере, так и на выделенном сервере.

Веб-браузер для доступа к АРМ оператора:

Любой современный браузер, поддерживающий HTML5, WebGL и воспроизведение видеопотоков (например, Яндекс Браузер, Chromium, Firefox).

Языки программирования, использованные при разработке:

- **Python 3.10** – основной язык для реализации нейросетевых моделей сегментации и классификации, обработки видеопотока, а также для создания REST API.
- **JavaScript (ES6+) и HTML5/CSS3** – для разработки веб-интерфейса оператора (фронтенд).

- **SQL** – для формирования запросов к базе данных (PostgreSQL).

Используемые библиотеки и фреймворки (ключевые):

- PyTorch / TorchVision – для построения и инференса нейронных сетей.
- OpenCV – для предобработки изображений (фильтрация, коррекция геометрических искажений).
- FastAPI – для создания REST API и веб-сокетов для передачи видеопотока.
- React – для построения пользовательского интерфейса.
- SQLAlchemy – ORM для взаимодействия с PostgreSQL.

Сторонние компоненты (свободно распространяемые):

Все используемые библиотеки являются открытыми (Open Source) или имеют лицензии, не запрещающие коммерческое использование. Проприетарные компоненты отсутствуют.

2. Функциональное назначение программы

Экземпляр программного обеспечения «Visme» предназначен для использования в промышленной среде (горно-обогатительные и металлургические комбинаты) и выполняет следующие основные функции.

2.1. Основное назначение

Автоматическое обнаружение, сегментация и классификация по размерным категориям элементов сыпучих пород (агломерат, руда, щебень) на конвейерной ленте, в желобе или при перевалке в открытый полувагон.

Система работает в **режиме реального времени** и формирует аналитические заключения для оператора технологического процесса.

2.2. Целевые задачи

1. **Измерение фракционного состава** в диапазоне от 5 мм до 1 м (диапазон зависит от разрешения камеры и удалённости точки съёмки). Классы крупности настраиваются оператором.
2. **Обнаружение негабаритной фракции** (например, кусков размером более заданного порога) и выдача предупреждения.
3. **Контроль результатов управленческих воздействий** – система позволяет отслеживать изменение гранулометрии после перенастройки дробилок, грохотов или изменения скорости конвейера.
4. **Интеграция с АСУ ТП** – передача текущих данных о фракционном составе в вышестоящую систему управления для автоматической оптимизации процесса.

2.3. Основные функциональные характеристики (перечень)

№	Функция	Описание
1	Захват видеопотока	Получение видеок кадров с промышленных камер (GigE Vision, RTSP, USB3 Vision) с частотой до 30 кадров в секунду.

№	Функция	Описание
2	Калибровка изображения	Перевод пиксельных размеров в физические миллиметры с помощью эталонного объекта.
3	Предобработка кадра	Фильтрация шумов, коррекция яркости/контраста, устранение геометрических искажений объектива.
4	Нейросетевая сегментация	Выделение контуров каждой отдельной гранулы (куска) на изображении с точностью до 95% при штатном освещении.
5	Классификация по размеру	Отнесение каждого сегментированного объекта к одному из заданных фракционных классов (например, 5–10 мм, 10–25 мм, 25–50 мм и т.д.).
6	Статистический анализ	Расчёт процентного распределения фракций в потоке за заданный интервал времени (последние 5 минут, смена, сутки).
7	Визуализация (АРМ оператора)	Отображение видеопотока с цветовой маской сегментации, гистограммы распределения и текущих показателей (доля мелочи, доля негабарита).
8	Архивация результатов	Сохранение всех измерений в базе данных с привязкой ко времени, дате, идентификатору камеры и участку конвейера.
9	Формирование отчётов	Экспорт аналитических данных в форматах PDF, CSV, JSON. Отчёты могут быть подписаны электронной подписью предприятия.

№	Функция	Описание
10	Интеграция по OPC UA	Передача текущего гранулометрического состава в АСУ ТП для автоматической подстройки технологических параметров.
11	Сигнализация	Визуальное и звуковое оповещение оператора при превышении пороговых значений (например, доля негабарита >5%).

2.4. Целевые показатели эффективности (достигаемые при использовании)

Снижение содержания некондиционной мелочи (фракции менее 5 мм) не менее чем на 6 %.

Сокращение расхода кокса (для агломерационных процессов) до 4 %.

Повышение среднесуточной выплавки чугуна до 13 % за счёт стабилизации гранулометрии.

3. Описание логической структуры

3.1 Алгоритм программы. Используемые методики

Обобщённый алгоритм работы экземпляра ПО:

Получение видеокadra

Программа непрерывно считывает видеопоток с одной или нескольких камер.

Кадр помещается в кольцевой буфер для последующей обработки.

Предобработка кадра

Применяется медианный фильтр для подавления шумов.

Выполняется нормализация яркости (CLANE) для устранения влияния неравномерного освещения.

При необходимости применяется коррекция дисторсии объектива на основе ранее полученных калибровочных коэффициентов.

Калибровка (при старте или смене условий)

На изображении выделяется эталонный объект известного размера.

Вычисляется матрица преобразования «пиксель → миллиметр».

Коэффициенты сохраняются в базе данных для данной камеры.

Нейросетевая сегментация

Предобработанный кадр подаётся на вход свёрточной нейронной сети архитектуры U-Net (или DeepLabV3+), обученной на размеченных изображениях сыпучих материалов. Сеть для каждого пикселя определяет, принадлежит ли он грануле, границе между гранулами или фону. Результат – бинарная маска гранул и изображение с выделенными контурами.

Постобработка маски

Удаление слишком маленьких объектов (шумовых включений размером менее 2 мм).

Слияние близко расположенных объектов, разделённых тонкими перемычками.

Вычисление для каждого контура: площади в пикселях, эквивалентного диаметра (диаметр круга той же площади), длины и ширины.

Классификация по размерным категориям

Для каждого объекта его эквивалентный диаметр пересчитывается в миллиметры с использованием калибровочной матрицы. Затем объект относится к одному из классов фракции согласно таблице, загруженной из базы данных (настраивается оператором). По умолчанию классы: 5–10, 10–25, 25–50, 50–100, 100–300, 300–1000 мм, а также класс «мелочь» (<5 мм) и «негабарит» (>1000 мм или заданный порог).

Накопление статистики

Для каждого временного окна (например, 1 минута) подсчитывается количество объектов в каждом классе и их суммарная площадь (или объём, если доступна информация о толщине слоя). Вычисляются проценты по классам.

Формирование выходных данных

Обновление веб-интерфейса: видеопоток с наложенной цветной маской (разные цвета для разных фракций), гистограмма распределения, цифровые индикаторы.

Запись в базу данных: метка времени, идентификатор камеры, распределение по классам.

При включённой интеграции – отправка данных в АСУ ТП через OPC UA или REST API.

При превышении порога – формирование аварийного сообщения (запись в журнал, визуальная и звуковая сигнализация на АРМ).

Используемые методики:

Методика гранулометрического анализа по изображениям – основана на стандарте ГОСТ 2093-82 (для топлив) и отраслевых методиках для руд, адаптированных под машинное зрение.

Глубокое обучение (свёрточные нейронные сети) – сегментация и классификация объектов на изображениях с низким контрастом и частичным перекрытием.

Калибровка по эталонному объекту – позволяет отказаться от точного знания расстояния до объекта и фокусного расстояния объектива, достаточно наличия эталона известного размера в поле зрения.

3.2 Структура программы

Экземпляр ПО имеет микросервисную архитектуру, состоящую из четырёх основных компонентов (каждый работает в отдельном контейнере).

Модуль	Назначение	Взаимодействие
Модуль захвата видео (Ingress)	Подключается к промышленным камерам по протоколам GigE Vision, RTSP, USB3. Преобразует видеопоток в единый формат (RGB, 1920×1080). Управляет буферизацией кадров.	Передаёт кадры в модуль предобработки.
Модуль предобработки	Осуществляет фильтрацию, нормализацию освещения, коррекцию дисторсии.	Передаёт очищенный кадр в нейросетевой анализатор.
Нейросетевой анализатор	Загружает предобученную модель (веса сети). Выполняет сегментацию и классификацию объектов на кадре. Работает на GPU (или CPU при отсутствии GPU).	Возвращает размеченную маску и список объектов с их размерами.
Сервер приложений (Backend)	Связывает все компоненты: принимает запросы от веб-клиента, управляет потоками обработки, ведёт статистику, вызывает модули интеграции.	Взаимодействует со всеми модулями.
Модуль статистики и архивации	Агрегирует данные по временным интервалам, сохраняет результаты в базу данных, формирует отчёты.	Общается с PostgreSQL.

Модуль	Назначение	Взаимодействие
Веб-интерфейс (Frontend)	Предоставляет оператору графический интерфейс: видеопоток, маски, гистограммы, панель управления, кнопки экспорта.	Общается с сервером приложений через REST API и WebSocket.
Модуль интеграции с АСУ ТП	Реализует OPC UA-сервер (или клиент) для передачи текущего распределения фракций.	Отправляет данные во внешние системы.
База данных (PostgreSQL)	Хранит историю измерений, настройки камер, калибровочные коэффициенты, пользовательские параметры.	Принимает запросы от сервера приложений.

Логические связи между компонентами:

- Все модули, кроме веб-интерфейса, работают на одном физическом сервере (или в кластере контейнеров).
- Обмен между модулями осуществляется через внутреннюю сеть Docker (bridge) с использованием протоколов HTTP (REST) и очередей сообщений (RabbitMQ в режиме упрощённой конфигурации).
- Веб-интерфейс доступен оператору через TCP-порт 8080 по протоколу HTTP/HTTPS.

4. Используемые технические средства

Для функционирования экземпляра ПО, предоставленного на экспертную проверку, используются следующие технические средства (стенд экспертизы).

Основной сервер (вычислительное ядро):

- Процессор: x86-64, 8 ядер, тактовая частота не менее 3,0 ГГц.
- Оперативная память: 32 ГБ (рекомендовано 64 ГБ для высоконагруженных сценариев).
- Дисковая подсистема: NVMe SSD объёмом не менее 1 ТБ (для быстрой записи результатов и кэширования видеопотоков).
- Графический процессор (GPU): NVIDIA с поддержкой CUDA 11+ и объёмом видеопамяти не менее 8 ГБ (например, RTX 4080, A4000, L4). При отсутствии GPU система переключается в режим CPU-обработки с потерей производительности.

Камеры (периферия, может быть эмулирована на этапе экспертизы):

- Промышленные камеры стандарта GigE Vision, разрешением от 2 Мп (1920×1080), частота 30 кадров/с.
- Или IP-камеры с поддержкой протокола RTSP.

Освещение (для реального промышленного применения, на экспертизе может не использоваться):

- Светодиодные прожекторы постоянного тока с равномерной засветкой контролируемой зоны (отсутствие теней и бликов).

АРМ оператора (клиентское место):

- Процессор: 4 ядра, 2,0 ГГц.
- Оперативная память: 8 ГБ.
- Диск: 300 МБ свободного места (только для кэша браузера).
- Операционная система: любая, поддерживающая современный веб-браузер (Windows 10/11, Astra Linux, Ubuntu, macOS).
- Сеть: канал не менее 8 Мбит/с для просмотра видеопотока.

Сетевое оборудование: Ethernet-коммутатор 1 Гбит/с.

5. Способы вызова программы и входные точки в программу

Способы вызова (запуска) программы на сервере:

Экземпляр ПО запускается как набор сервисов (контейнеров) под управлением системы оркестрации. Администратор выполняет следующие действия (описательно, без кода):

- Переходит в каталог с конфигурационными файлами.
- Запускает все компоненты одной командой (`docker-compose up`).
- Проверяет статус работы каждого сервиса.
- При необходимости останавливает или перезапускает отдельные сервисы.

Входные точки в программу (для внешнего доступа):

1. Веб-интерфейс оператора (основная точка входа для человека)

- Протокол: HTTP/HTTPS
- Порт: 8080 (настраивается)
- Адрес: `http://<IP-адрес сервера>:8080`
- Доступ требует аутентификации (логин/пароль). Для экспертной проверки предоставляется тестовая учётная запись с правами администратора.

2. REST API (для интеграции с внешними системами)

- Базовый путь: `/api/v1/`
- Примеры эндпоинтов:
 - `GET /api/v1/current_fraction` – получить текущее распределение фракций.
 - `GET /api/v1/history?from=...&to=...` – получить историю.
 - `POST /api/v1/calibration` – загрузить калибровочные коэффициенты.
- Аутентификация по API-ключу.

3. OPC UA-сервер (для промышленных систем)

- Endpoint: `opc.tcp://<IP-адрес сервера>:4840`

- Пространство имён: Visme/FractionComposition. Доступ без аутентификации (для локальной сети) или с сертификатами.

Порядок вызова программы для экспертной проверки:

- Эксперт открывает веб-браузер на клиентском компьютере, подключённом к той же сети, что и сервер Visme.
- В адресной строке вводит IP-адрес сервера и порт 8080.
- Система отображает страницу входа. Эксперт вводит предоставленные учётные данные.
- После успешной аутентификации открывается главный экран АРМ оператора. Все функции доступны через графический интерфейс.

6. Выходные данные

Экземпляр ПО генерирует следующие виды выходных данных:

6.1. Данные, отображаемые на экране оператора (в реальном времени)

Тип данных	Формат представления
Видеопоток с камеры	Изображение в формате RGB (растр) с наложенной цветной маской сегментации. Разные цвета соответствуют разным фракциям.
Гистограмма распределения	Столбчатая диаграмма (доля каждой фракции в процентах от общего количества или объёма).
Цифровые индикаторы	Текущая доля мелочи (<5 мм), доля негабарита (> заданного порога), общее количество гранул в кадре.
Журнал событий	Список предупреждений и аварий (например, «Превышение негабарита на конвейере №3»).

Поле	Тип	Описание
timestamp	DATETIME	Дата и время измерения
camera_id	INTEGER	Идентификатор камеры
fraction_class	VARCHAR	Наименование класса (например, «10-25 мм»)

Поле	Тип	Описание
count	INTEGER	Количество гранул в данном классе за интервал
volume_percent	FLOAT	Процент от общего объёма (или массы)
is_alarm	BOOLEAN	Флаг превышения порога

Данные хранятся с разрешением 1 минута (по умолчанию) и могут быть агрегированы за час, смену, сутки.

6.3. Экспортируемые отчёты (по запросу оператора)

- **PDF-отчёт:** Документ с титульным листом предприятия, графиками распределения фракций, таблицами, подписью ответственного лица (электронная подпись). Формат соответствует ГОСТ 2.105-95.
- **CSV-файл:** Табличные данные (временные ряды) для дальнейшего анализа в Excel или научных пакетах.
- **JSON-файл:** Структурированный массив с метаданными и результатами измерений – для интеграции с корпоративными MES/ERP системами.

6.4. Данные, передаваемые в АСУ ТП (по OPC UA)

- **Узлы OPC UA:**
 - NS=Visme;S=CurrentFraction.Fine – доля мелочи (float, %).
 - NS=Visme;S=CurrentFraction.Oversize – доля негабарита (float, %).
 - NS=Visme;S=FractionDistribution.[0..n] – массив долей по классам.
- **Частота обновления:** не реже 1 раза в секунду.

6.5. Журналы работы программы (для администратора)

- **Системные логи** (уровни: INFO, WARNING, ERROR) – текстовые файлы, хранящиеся на сервере в течение 30 дней.
- **Журнал доступа** (кто и когда заходил в систему, какие операции выполнял).

Пример фрагмента выходных данных (описательно):

«За интервал с 14:00:00 по 14:01:00 камера №1 зафиксировала 1250 гранул. Распределение по фракциям: <5 мм – 8,2%, 5-10 мм – 34,5%, 10-25 мм – 42,1%, 25-50 мм – 12,3%, 50-100 мм – 2,6%, >100 мм – 0,3%. Превышение негабаритной фракции не зафиксировано.»

7. Заключение

Представленный экземпляр программного обеспечения «Visme» (версия 2.1.0) обладает полным набором функциональных характеристик, заявленных разработчиком.

Ключевые выводы:

1. Программа реализует автоматическое обнаружение, сегментацию и классификацию сыпучих пород в реальном времени с использованием нейросетевых методов.
2. Алгоритм и структура программы соответствуют требованиям промышленной эксплуатации в горно-металлургической отрасли.
3. Техническая архитектура (микросервисная, с поддержкой GPU) обеспечивает обработку видеопотока с задержкой не более 500 мс.
4. Выходные данные системы (гистограммы, отчёты, интеграция через OPC UA) позволяют оператору и АСУ ТП эффективно управлять технологическим процессом, снижая долю некондиционной мелочи и негабарита.
5. Разработанное ПО является полностью отечественным (языки Python, JavaScript, СУБД PostgreSQL, ОС Astra Linux), что подтверждает его соответствие требованиям реестра Минцифры России.

Документ составлен на основании анализа предоставленного экземпляра ПО и предназначен для проведения экспертной проверки.

Разработчик: ООО «Висми»