

УТВЕРЖДЕН
RU.СКСХД.02.05.- 01 ПД 01

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
«BAUM STORAGE AI v2»

Общее описание программы

RU.СКСХД.02.05.- 01 ПД 01

Листов 63

2023

АННОТАЦИЯ

В данном документе описаны основные элементы программного обеспечения BAUM STORAGE AI v2, обеспечивающего прикладное применение искусственного интеллекта, включая обработку больших\сверх больших данных и многофакторную проверку гипотез. BAUM STORAGE AI v2 выполняет решение задач обработки структурированных и неструктурированных массивов данных, а также обучает модели искусственного интеллекта, применяя алгоритмы машинного обучения и нейронные сети для задач создания баз знаний. ПО позволяет выполнять комплексную работу с данными от прегросессинга датасетов до создания готовой модели.

ПО BAUM STORAGE AI v2 обладает:

- высокой эффективностью, в части быстрого развертывания всей инфраструктуры, поддержки в предустановленном функционале оптимального набора библиотек и правил предобработки данных,
- гибким масштабированием в части добавления дисковых полок и контроллеров,
- высокой надежностью, обеспечивая максимальную доступность данных, отсутствие единой точки отказа, применяя контейнеризованную инфраструктуру и широко распространенные стандарты мониторинга и интеграции.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ BAUM STORAGE AI v2	3
1.1. Функционал Системы хранения данных (СХД)	3
1.1.1. Введение	3
1.1.2. Сценарии применения BAUM STORAGE AI v2	5
1.1.3. Основные свойства BAUM STORAGE AI v2	8
1.1.3.1. Надёжность	8
1.1.3.2. Производительность.	12
1.1.3.3. Масштабируемость.	13
1.1.3.4. Эффективность.	15
1.1.3.5. Мультипротокольность (FC, iSCSI, NFS, SMB)	15
1.1.3.6. Основные функции	16
1.1.3.7. Адаптивность.	20
1.1.4. Протоколы и программные средства операционной среды	20
1.1.5. Поддержка и сервис	22
1.1.6. Физические характеристики аппаратного обеспечения на примере моделей UDS, SPACE, БФ.М5.2/20	26
1.2. Функционал Распределенной системы хранения данных (РСХД)	29
1.2.1. Введение	29
1.2.2. Архитектура	30
1.2.2.1. Распределенная отказоустойчивая архитектура	30
1.2.2.2. Внутренняя организация данных	31
1.2.2.3. Технология записи данных	32
1.2.2.4. Технология чтения данных	32
1.2.2.5. Мониторинг и управление	33
1.2.3. Применение РСХД BAUM STORAGE AI v2	33
1.3. Программные реализации блоков хранения, передачи и обработки данных BAUM STORAGE AI v2	35
1.3.1. ПО для решения задач хранения данных (Подсистема хранения данных, ПХД)	35
1.3.1.1. Назначение ПХД	35
1.3.1.2. Применение ПХД	35
1.3.1.3. Взаимодействие со смежными системами/компонентами	35
1.3.1.4. Математическое обеспечение и алгоритмы	36
1.3.2. ПО для решения задач передачи и обработки данных (Подсистема	

обработки данных, ПОД)	37
1.3.2.1. Назначение ПОД	37
1.3.2.2. Применение	37
1.3.2.3. Взаимодействие со смежными системами/ компонентами	38
1.4. Функционал BAUM STORAGE AI v2 для решения задач ИИ и машинного обучения	39
1.4.1. Введение	39
1.4.2. Типы обрабатываемых данных с применением BAUM STORAGE AI v2	41
1.4.3. Основные свойства BAUM STORAGE AI v2	44
1.4.3.1. Ключевые преимущества BAUM STORAGE AI v2	44
1.4.3.2. Преппроцессинг входных данных	45
1.4.3.3. Типовые сценарии	46
1.4.3.4. Визуальный конструктор моделей	54
1.4.3.5. Визуализация результатов работы	54
1.4.3.6. Интеграция с внешними системами	54
1.4.4. Функционал программных модулей	55
1.4.4.1. Подсистема хранения данных	55
1.4.4.2. Подсистема искусственного интеллекта	56
1.4.4.3. Подсистема конструктора искусственного интеллекта	57
1.4.4.4. Подсистема графического интерфейса	57
1.4.4.5. Подсистема визуализации и формирования пользовательских отчетов	58
1.4.4.6. Подсистема логирования и мониторинга	58
1.4.5. Интегрируемый функционал программных модулей	58
1.4.5.1. Модуль построения семантических карт	58
1.4.5.2. Модуль предварительной обработки неструктурированного текста	59
Приложение 1. Функциональная схема BAUM STORAGE AI v2	60
Приложение 2. Функциональная схема BAUM STORAGE AI v2 взаимодействия подсистем (для решения задач ИИ и машинного обучения)	61
Приложение 3. Взаимодействие ПУ со смежными системами	62

1. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ BAUM STORAGE AI v2

1.1. Функционал Системы хранения данных (СХД)

1.1.1. Введение

Стремительный рост данных увеличивается год от года, затрагивая всё новые и новые компании. Проблемы консолидации, управления и резервирования этих данных стоят достаточно остро. Вместе с тем бизнес-подразделения непрерывно выдвигают новые требования к производительности и доступности данных. Решения компании ООО «СХД БАУМ» позволяют справляться с этими непростыми задачами, предоставляя большим компаниям и малым предприятиям возможность легко и гибко управлять инфраструктурой хранения данных.

BAUM STORAGE AI v2 предоставляет сервис управления доступом и откликом, с применением современных флэш-технологий, как на файловом, так и на блочном уровне для самых требовательных приложений таких как:

- *базы данных (PostgreSQL),*
- *виртуальных сред (VMware),*
- *резервное копирования (Acronis).*

При этом данные распределяются по всей системе на виртуальных уровнях, что позволяет получить лучшую гибкость и надежность. За счет функционала динамического управления пространством хранения, возможно увеличивать объемы виртуальных уровней без остановки работы подключенных к ним систем. Процесс технического обслуживания (обновление микрокода) систем хранения данных также не повлечет за собой

простою в работе сервисов компании.

Файловая система BAUM STORAGE AI v2 FileSystem (BFS) поддерживает большие объемы данных, объединяя концепции файловой системы и менеджера логических дисков (томов) и физических носителей, легковесные файловые системы, а также простое управление хранением данных. Основное преимущество BFS — это полный контроль над физическими и логическими носителями. Зная, как именно расположены данные на дисках, система способна обеспечить:

- *высокую скорость доступа к ним,*
- *контроль их целостности,*
- *минимизацию фрагментации данных,*
- *устранение дубликации данных.*

Это позволяет динамически выделять или освобождать дисковое пространство на одном или более носителях для логической файловой системы. Кроме того, используется переменный размер блока, что лучшим образом влияет на:

- *производительность,*
- *параллельность выполнения операций чтения-записи,*
- *64-разрядный механизм использования контрольных сумм,*

- *применение переменного размера блока сводит к минимуму вероятность разрушения данных.*

128-битная файловая система BFS позволяет хранить больше данных, чем все известные 64-битные системы. Вместе с тем, файловая система строится поверх виртуальных пулов хранения данных. Пул построен из виртуальных устройств, каждое из которых является либо физическим устройством, либо группой из двух или более устройств.

1.1.2. Сценарии применения BAUM STORAGE AI v2

<i>Защита данных</i>	<p>Защита данных с помощью решений ООО «СХД БАУМ» гарантирует, что данные, важные для бизнеса, всегда будут доступны. Решения ООО «СХД БАУМ», основанное на технологии создания моментальных копий snapshots, позволяют выполнять полное резервное копирование за считанные минуты, иногда даже секунды. Кроме того, оно максимально экономит дисковое пространство, необходимое для хранения резервных копий. Это позволяет свести к абсолютному минимуму совокупную стоимость владения, обеспечив при этом максимально высокий уровень обслуживания.</p> <p><i>Предназначено для резервного копирования и восстановления, аварийного восстановления</i></p>
<i>Базы данных и бизнес-приложения</i>	<p>Решение ООО «СХД БАУМ» снижают уровень сложности сред с базами данных и сред с важными для бизнеса приложениями. Оно обеспечивает минимально возможную совокупную стоимость владения и сочетания с максимальной производительностью. Технологии, такие как клонирование, ускоряют внедрение проектов, позволяя сэкономить время и средства</p> <p><i>Предназначено для Postgres</i></p>
<i>Электронная почта</i>	<p>Повышение уровня готовности, производительности и экономической эффективности за счет консолидации и эффективного резервного копирования данных для MS Exchange или Lotus Domino</p> <p><i>Предназначено для MS Exchange или Lotus Domino</i></p>
<i>Управление корпоративным контентом</i>	<p>ООО «СХД БАУМ» предлагает простое решение для управления контентом, позволяющее быстрее</p>

находить, предоставлять и использовать данные в пределах компании

Предназначено для MS SharePoint, систем управления документами, систем управления цифровыми ресурсами, систем управления корпоративным контентом, систем управления веб-контентом, систем архивирования

**Специализированные
отраслевые
решения**

Правильно подобранное сочетание продуктов, сервисов и партнеров обеспечивает неоценимую поддержку в упрощении управления данными и совершенствовании бизнес-процессов.

Предназначено для сектора энергетики, правительственных учреждений, здравоохранения, естественных наук, инженерных разработок и производства, телекоммуникаций и поставщиков услуг.

**Управление
жизненным
циклом данных**

Управление жизненным циклом данных – это стратегия управления информацией с момента ее создания и вплоть до ее умножения. Эта стратегия позволяет оптимизировать бизнес-процессы и извлечь максимум пользы при минимальных затратах.

Предназначено для архивирования данных приложений, баз данных, электронной почты и файловых систем.

**Разработка
продуктов**

Решения ООО «СХД БАУМ» обладают высокой готовностью и поддержкой нескольких протоколов помогают компаниям сократить время вывода продуктов на рынок, одновременно снижая затраты.

Предназначено для Postgres

**Пригодное для
аудиторских
проверок**

Снижение рисков для бизнеса и оптимизация доступа к информации благодаря полному соответствию требованиям к различным аспектам бизнеса и различным типам данных

архивирование данных *Предназначено для MS SharePoint, Exchange, Lotus, систем управления корпоративным контентом, систем архивирования*

Виртуализация серверов и десктопов *Гибкая унифицированная архитектура и одновременное использование магнитных и твердотельных накопителей позволяют обеспечить высокую производительность для виртуальных сред.
Предназначено для Astra Linux, Citrix, VMware, OpenStack, RedHat.*

Консолидация систем хранения *Консолидация файловых серверов UNIX и Windows в едином решении BAUM STORAGE AI v2 для СХД упрощает управление данными, повышает готовность и снижает затраты.
Файловые службы, домашние каталоги, графическое представление документов, управление цифровыми ресурсами, управление документами, WEB-содержимое.*

1.1.3. Основные свойства BAUM STORAGE AI v2

1.1.3.1. Надёжность

Надёжное хранение данных и метаданных

Системы хранения данных обеспечивают сохранность как самих данных, так и метаданных. Дисковые пулы являются хранилищами объектов – файлов, томов, директорий, атрибутов, метаданных. При этом система резервирует порядка 3,2% полезного пространства пула под блоки метаданных.

Файловая система BAUM STORAGE AI v2 имеет структуру В-дерева каждый объект которого, содержит указатели на блоки данных/метаданных. Вместе с тем эти указатели обращаются в определенные области блоков массива данных. Каждый блок имеет контрольную сумму, которая сохраняется отдельно от блока, что уменьшает вероятность одновременного повреждения как контрольной суммы, так и самих данных. Кроме того, контрольные суммы образуют дерево вплоть до специальных меток на дисках.

Выделение блоков на дисках пула производится по специальному алгоритму, который стремится выделять блоки так, чтобы:

- *блоки размещались ближе к началу диска;*
- *блоки размещались ближе к блокам такого же размера;*
- *если массив достиг предельного уровня фрагментации, то выполняется поиск набора мелких блоков;*
- *реплики блоков метаданных располагаются на дисках как можно дальше друг от друга.*

При записи, система собирает запросы на запись (транзакции) в группы (транзакционные группы). У каждой группы есть некий 64-битный идентификатор, постоянно увеличивающийся. В один момент времени существует 4 группы - «набираемая», «набранная», «сбрасываемая» и «сброшенная», которые обслуживаются тремя потоками на каждый массив. Решение о сбросе данных на диски принимается эвристическим алгоритмом, который анализирует:

- *размер группы;*
- *время, затраченное на сброс предыдущей группы;*
- *максимальный интервал между сбросами.*

Таким образом, система может контролировать размер входного потока запросов на запись от клиента, и выходного потока на физические диски, избегая переполнения буферов и кэшей. Тем самым можно потерять все контроллеры, но ваши данные сохранятся.

Моментальные копии BAUM STORAGE AI v2 Snapshot для высокоэффективного резервного копирования

Создание мгновенных снимков данных, не вызывает падения производительности. Количество этих снимков ограничено свободным пространством пула. Моментальные снимки представляют собой «виртуальные» копии тома, которые доступны исключительно для чтения.

Данные в моментальных копиях хранятся в том же пространстве, что и рабочие данные тома. В результате эти моментальные копии занимают очень мало дискового пространства. Поскольку они доступны только для чтения, их нельзя удалить случайно, и они не могут быть подвержены атакам вирусов. Если возникнет повреждение файловой системы (например, клиентом или сервером, получившим доступ ко всем данным), то возможно

быстро восстановить данные из моментальной копии, сделанной в соответствующий момент времени.

Таким образом, время восстановления может быть сокращено с нескольких часов до нескольких секунд. Данный функционал может быть использован для быстрого восстановления базы данных. Доступность базы данных может быть восстановлена всего за несколько минут с учетом времени, необходимого для включения служб базы данных и приведения ее в состояние рабочей готовности. В результате повышается доступность, производительность и надежность Ваших систем.



Надежная и эффективная запись данных

При записи используется модель объектных транзакций на основе механизма копирования. Все указатели на блоки внутри файловой системы содержат 256-битную контрольную сумму в целевом блоке, которая проверяется после прочтения блока. В качестве контрольной суммы может использоваться либо сумма Флетчера, либо криптографическая хеш-функция SHA-256. Для данных могут быть выбраны и другие контрольные суммы. Блоки данных, содержащие активные (используемые в этот момент)

данные, никогда не перезаписываются вместе. Напротив, выделяется новый блок и изменённые данные записываются в него, а затем метаданные блоков, которые на него ссылаются. Таким образом происходит перераспределение и запись данных.

Для уменьшения ресурсных затрат, в этом процессе группируется несколько обновлений в группу транзакции, а также, если требуется, ведётся журнал использования при синхронной записи. Этот журнал ведётся в течении нескольких последних десятков версий данных пула (несколько последних минут, часов или дней, в зависимости от интенсивности изменения данных). Журнал предназначен для восстановления данных в случае, если ошибка в системе привела пул в нерабочее неизлечимое состояние. Благодаря копированию при записи все эти версии данных в журнале самодостаточны, но разделяют между собой общие данные. Модель копия-по-записи обладает ещё одним мощным преимуществом: когда записываются новые данные — вместо освобождения блоков, содержащих старые данные — система сохраняет их, создавая снимки файловой системы. Снимки создаются очень быстро

(за исключением редких случаев долгой блокировки пула трудоёмкой операцией с файловой системой), так как все данные в составе снимка уже сохранены; они также эффективно размещены в пространстве, поскольку любые неизменённые данные разделяются (являются общими) между файловой системой и её снимком. Также могут быть созданы перезаписываемые снимки («клоны»), в результате чего будут созданы две или более независимые файловые системы или тома, которые разделяют комплекс блоков для уменьшения общего занимаемого места и уменьшения времени создания клона. Как только вносятся изменения в какой-либо клон файловой системы, для него создаются блоки новых данных, а во всех остальных клонах остаются прежние данные. При создании клон привязывается к снимку, на основе которого он создан. Этот снимок не может быть уничтожен, пока на него ссылается хотя бы 2 клона (включая изначальное хранилище). Для удаления этой ссылки хранилище (файловую систему или том) требуется пересоздать, но это легко делается с помощью пересылки, причём можно избежать занятия лишнего места в пуле, если на время пересылки включить дубликацию и пересылать

хранилище в пределах одного пула. Снимки позволяют получать доступ к данным, которые были в хранилище в момент создания снимка, как к такому же хранилищу только для чтения независимо от оригинального хранилища, его клонов и других снимков. Также они позволяют быстро и точно восстанавливать данные хранилища до состояния снимка. Снимки и клоны могут создаваться рекурсивно для дерева файловых систем. Это позволяет избежать необходимости многократного повторения команд и самостоятельного управления транзакциями, так как рекурсивное создание снимков атомарно. На основе снимков реализуется инкрементное резервное копирование хранилищ. С помощью пересылки снимков можно воссоздать в любом пуле ту же последовательность снимков. После создания новых снимков оригинала инкрементная пересылка снимков воссоздаёт в копии или клоне те же обновлённые данные, если нет конфликта обновления. С помощью снимков также можно узнать какие файлы были изменены, созданы, удалены и переименованы между снимками. Динамическое разделение всех устройств на максимальной пропускной способности означает, что более широкие каналы автоматически расширяются для

включения использования всех дисков в пуле, это уравнивает нагрузку на запись.

1.1.3.2. Производительность.

BAUM.CACHE ускоритель

За последние годы скорость обработки данных серверами повысилась более чем в десять раз по сравнению со скоростью ввода/вывода и возможностями магнитных накопителей.

Одним из возможных решений являются модули кэширования 2-го уровня: они обрабатывают данные значительно быстрее, чем жесткие диски, и обходятся дешевле модулей DRAM. Однако системе хранения все равно приходится решать, как переслать нужные данные в нужное место хранения в нужное время, чтобы достичь оптимальной производительности серверов.

Технология акселерации уровней хранения данных BAUM.CACHE ACCELERATOR, основывается на интенсивности записи и считывания серверами блоков данных на жесткие диски. Ключевой особенностью в этом процессе является разбивка данных на блоки гранулярностью в 4 КБ. Это значительно ускоряет операции кэширования по сравнению с системами хранения других производителей, которые

перемещают между различными уровнями хранения блоки данных размером в целые гигабайты с задержкой до нескольких суток.

Если подобные перемещения какой-либо порции данных будут совершаться достаточно часто, в кэше флэш-устройства создается «горячая копия» этих данных. В результате эта копия может быть изменена даже самим сервером и будет записана обратно на жесткий диск, только если «остынет», т.е. перестанет использоваться так часто.

BAUM.CACHE ACCELERATOR повышает производительность при интенсивном выполнении случайных операций на одном контроллере. Использование для кэширования операций записи модулей энергонезависимой памяти NVDIMM в несколько раз увеличивает скорость операций ввода/вывода по сравнению с использованием флэш-накопителей. Технология интеллектуального кэширования операций чтения в сочетании с использованием модулей памяти NVDIMM для кэширования операция записи сокращает время

отклика СХД и значительно повышает пропускную способность подсистемы ввода/вывода, причем без использования дополнительных дисков.

Кэш на чтение в системах хранения данных может быть увеличен с помощью SSD накопителей до 60ТБ на систему. Результаты эталонного тестирования BAUM STORAGE AI v2 показывают, что система, например, UDS2000 с использованием технологии BAUM.CACHE ACCELERATOR и дисками NL-SAS по пропускной способности ввода-вывода эквивалентна такой же системе с вдвое большим количеством дисков SAS, но без использования этой технологии. Благодаря этому достигается снижение затрат на приобретение, уменьшение занимаемого места в стойке и сокращение расходов на электроэнергию.

1.1.3.3. Масштабируемость.

Оптимизация построения RAID групп

Инженеры компании ООО «СХД БАУМ» оптимизировали RAID алгоритм, который позволяет системе выдерживать выход из строя любых 2-х дисков в RAID 6

Быстрые пулы

Быстрые пулы используют принципиально другой способ распределения блоков данных на дисках, поднимая механизм обеспечения избыточности данных с уровня физических дисков на уровень логических блоков. Все доступное дисковое пространство быстрого пула разбивается на равные блоки, после чего они используются для организации одного или более избыточных виртуальных массивов уровней RAID 1, 10, 5, 6, которые предоставляются клиентам в виде виртуальных дисков. Блоки данных и метаданных созданного виртуального массива распределяются по всем дискам пула для минимизации потерь, при выходе дисков из строя. В быстрых пулах используется упрощенные алгоритмы записи, благодаря чему удалось добиться существенного прироста производительности.

группе одновременно, и при этом обеспечивать оптимальные характеристики доступа. Например, в реализации RAID10, для отказоустойчивости, информация может храниться на N устройствах, то k+1 копии этой информации требуют (k+1) N

устройств и допускают потерю любых k из этих $(k+1)N$ устройств. Такой способ хранения информации для больших N и достаточно больших k становится крайне неэкономным.

Для тех заказчиков, которые не готовы платить за RAID10, был реализован RAID-V3, который имеет более высокую степень надежности. RAID-V3 может выдерживать потерю трех дисков, однако производительность данного типа RAID несколько ниже при интенсивной записи, чем RAID6.

Для отказоустойчивости в RAIDV3 используют различные варианты на основе математических конструкций, известных как «коды, исправляющие ошибки», которые более экономно решают задачу сохранения информации. Идея заключается в том, чтобы использовать свойства многочленов, а именно то, что многочлен степени $N-1$ имеет N коэффициентов и однозначно определяется своими значениями в N точках. Тогда, если считать исходную информацию (N устройств) коэффициентами многочлена степени $N-1$, то эту информацию можно дополнить значениями этого многочлена в k

различных точках и тогда при потере любых k устройств из общего числа $N+k$ у нас всегда будет оставаться достаточно информации для восстановления всего потерянного.

Выбор между RAID6 и V3 остается за заказчиком.

Поддержка до 8 контроллеров (4-х модулей управления)

Кластерный режим работы BAUM STORAGE AI v2 поддерживает масштабирование до 8 контроллеров в кластере для файловых и блочных протоколов. Для кластеризации контроллеров устанавливается двух-портовый Ethernet адаптер со скоростью портов 10Gbit/s и подключается в отказоустойчивом режиме (Pair-wise Full-mesh) к коммутаторам ЦОД.

Управление кластером подразумевает управление контроллерными парами (от одной до пара четырех пар). При этом контроллеры кластера будут иметь доступ к данным размещенных на сторонних дисковых полках. Кластер может выдерживать потерю до 4-х контроллеров без потери доступа к данным, но не потерю контроллерной пары.

1.1.3.4. Эффективность.

Построение надежной ИТ-инфраструктуры предприятия уже много лет невозможно без использования системы хранения данных. Многие компании, решая такие сложные задачи, как резервное копирование, построение виртуальных и облачных инфраструктур, создание кластеров баз данных, хранения больших данных и другие, сталкивались с проблемами эффективного использования системы хранения данных.

BAUM STORAGE AI v2 в части функционала СХД обладает следующими возможностями:

- *мультипротокольность*
- *мгновенные снимки*
- *клоны*
- *ассинхронная/синхронная репликация*
- *виртуализация сторонних СХД*
- *одновременный доступ по файловому протоколу (CIFS)*

Функционал всегда может быть расширен по мере необходимости, а обновления и модернизация не приводят к остановке системы.

1.1.3.5. Мультипротокольность (FC, SMB)

Унифицированная архитектура хранения BAUM STORAGE AI v2 предназначена для комплексного управления большими объемами данных. Она не только включает в себя поддержку широкого набора протоколов в ЦОД, но и предоставляет разнообразные функции хранения данных в рамках одного устройства (сохранение, защита, архивирование и аварийное восстановление данных). На текущий момент BAUM STORAGE AI v2 поддерживает следующие протоколы:

- *Fibre Channel*

- *iSER*
- *SMB (CIFS)*

BAUM STORAGE AI v2 даже позволяет расширять пространство хранения, не прерывая обычные операции. Заказчики получают один стандартный пул хранения данных, который можно использовать через сеть с широким спектром приложений. При этом его администрирование выполняется с помощью базового пакета управляющего BAUM STORAGE AI v2. Вы получаете целый ряд преимуществ: снижение загруженности ИТ-администраторов, повышение эффективности использования ресурсов, долгосрочная защита

инвестиций и повышает надежность инфраструктуры хранения.

Возможность прямого подключения к СХД

BAUM STORAGE AI v2 поддерживает прямое подключение как Fibre Channel, так и Ethernet. В случае использования SAS функционал СХД будет недоступен, а группа дисков, к которым осуществлено подключение будет изолирована от СХД.

Одновременный доступ к ресурсу по SMB

BAUM STORAGE AI v2 предоставляет возможности

1.1.3.6. Основные функции

Дедупликация

Возможности BAUM STORAGE AI v2 в части дедупликации данных:

- дедуплицированные блоки остаются дедуплицированными даже после выключения дедупликации. Чтобы они стали недедуплицированными, необходимо их все перезаписать после выключения дедупликации. Обратное утверждение тоже верно - если блок был

предоставления одновременного доступа к файловым ресурсам как Windows, так и UNIX систем по протоколу CIFS.

Дисковый пул

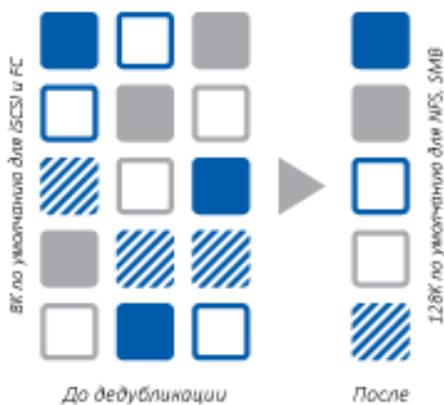
BAUM STORAGE AI v2 позволяет объединить имеющиеся ресурсы хранения данных одного типа в один большой «дисковый пул», из которого затем выделяются тома разного размера — в зависимости от конкретных потребностей в объемах. Впоследствии такой том может быть в любой момент увеличен в размере, уменьшен или удален. В результате удваивается эффективность использования ресурсов и повышается производительность.

«обычным», после включения дедупликации, он так и останется обычным, если не будет перезаписан. Таким образом, дедупликация идёт в realtime («на лету») относительно данных, которые пишутся в данный момент.

- самое важное в дедупликации - таблица дедупликации. Это хеш таблица, которая содержит уникальные (по хешу) пары (хеш блока, адрес блока в виртуальном RAID-устройстве). Она хранится в метаданных каждого пула

вместе с таблицей статистики дедупликации.

- таблица дедупликации должна храниться в RAM в процессе работы системы для достижения максимальной эффективности. Соответственно, для этого необходимо много оперативной памяти на контроллере.
- таблица дедупликации хранится также и на диске. При необходимости, она может подгружаться с диска в RAM.
- как было отмечено выше, таблица дедупликации может потреблять огромное кол-во RAM. Поэтому для некоторых случаев стоит увеличить кэш на чтение первого уровня.
- таблица дедупликации растёт линейно в зависимости от кол-ва уникальных блоков в пуле.
- поиск значения в таблице дедупликации по умолчанию идёт только по значению SHA256-хеша.



Компрессия

Возможности BAUM STORAGE AI v2 в части компрессии:

- компрессия может быть включена/выключена в любой момент. Сжатые блоки остаются сжатыми после выключения компрессии в случае, если они не переписывались. Если выключить компрессию и перезаписать блок, то он будет записан несжатым. Обратное утверждение тоже верно: обычный блок после перезаписи станет сжатым, если включить компрессию.
- компрессия работает ортогонально дедупликации. Например, при сравнении хэшей блоков, сравниваются хэши от несжатых блоков. Компрессия обрабатывает только в момент сброса блока данных/метаданных на диск.
- компрессия не используется в кэше на чтение первого уровня. Т.е. в RAM хранятся либо несжатые блоки, либо ссылки на сжатые блоки на диске виртуального RAID-устройства.
- компрессия работает до сброса данных в виртуальное RAID-устройство (на диски виртуального RAID-массива пишутся уже сжатые данные).
- компрессия работает для любых блоков - и для блоков

данных, и для блоков метаданных.

- компрессия работает для любых видов ресурсов - файловых, блочных, снапшотов и клонов.
- можно задать алгоритм компрессии через свойства ресурса. По умолчанию используется самый эффективный в части экономии ресурсов CPU алгоритм lz4. При необходимости, можно установить gzip с заданным уровнем от одного до девяти

Данные на диске до сжатия, в 4KB-блоках



Группы сжатия размером 32KB



1 2 3



Клонирование виртуальных дисков

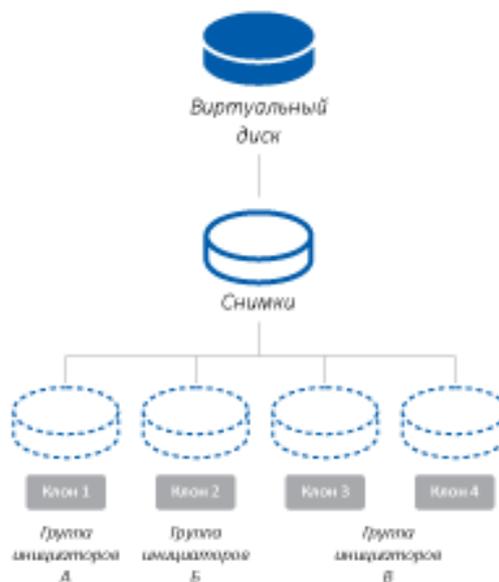
Vaum позволяет мгновенно клонировать файловые системы и тома, не требуя дополнительного пространства для их хранения. Каждый клон является виртуальной копией, которую можно использовать для таких целей, как тестирование, разработка или для поиска и устранения неполадок. Например, в виртуализированных средах технология быстрого клонирования может применяться для настройки тысяч виртуализированных рабочих мест

практически мгновенно и с минимальными усилиями.

Возможности VAUM STORAGE AI v2 в части использования клонов:

- клоны создаются из мгновенных снимков. Клон может использоваться также, как и ресурс, с которого был снят родительский мгновенный снимок клона - раздавать заданным образом (файловый или блочный доступ).
- клоны и мгновенные снимки образуют дерево, либо, в вырожденном виде, связанный список.
- клон блокирует удаление своего родительского мгновенного снимка.

VAUM



- клон можно отвязать от родителя. Это наиболее эффективный вариант, если необходимо заменить оригинальный ресурс его клоном. Такую операцию можно использовать наравне с rollback. Только в данном случае нет необходимости удалять мгновенные снимки и клоны, которые были сделаны после заданного.
- клоны занимают место на ресурсе, на котором они созданы. По умолчанию, они создаются на пуле, соответственно, используют его пространство.

Репликация

Механизм синхронизации содержимого нескольких копий объекта (например, содержимого базы данных). Репликация — это процесс, под которым понимается копирование данных из одного источника на другой (или на множество других) и наоборот. При этом изменения, сделанные в одной копии объекта, могут быть распространены в другие копии.

В BAUM STORAGE AI v2 реализован функционал асинхронной репликации данных, который работает в сети Ethernet вплоть до 40G Ethernet. Репликация работает на базе мгновенных снимков, т.е. по сети

передаются только измененные данные. Задачи репликации возможно настраивать в зависимости от потребностей бизнеса и приложений (см. приложение 1).



Виртуализация

При использовании таких решений и технологий BAUM STORAGE AI v2, как моментальные копии Snapshot, гибкое выделение ресурсов, дедупликация и компрессия, возможно достичь 50%-ной экономии дискового пространства. В обычных СХД

физическое пространство хранения данных выделяется напрямую приложениям или группам пользователей.

Такой подход имеет два четко выраженных недостатка. Когда том СХД используется лишь частично, другие приложения или

пользователи не могут обратиться к незанятой памяти.

Кроме того, когда том заполнен целиком, возникает необходимость приобретения, установки и выделения нового физического пространства для хранения данных. Это влечет за собой необоснованные расходы и требует большой траты времени и средств. Инструменты виртуализации в BAUM STORAGE AI v2 объединяют все доступное физическое пространство хранения данных в один пул, предоставляющий администраторам возможность

быстрого и гибкого выделения виртуальных томов. Этот процесс не только упрощает администрирование, но и позволяет оптимально использовать имеющиеся ресурсы хранения данных, что, в свою очередь, способствует снижению эксплуатационных расходов и экономии электроэнергии.

Упаковка и распаковка

Сервисная функция позволяет упаковывать и распаковывать данные для обмена между программными модулями системы.

1.1.3.7. Адаптивность.

Внешнее API используется для управления СХД с помощью скриптов или внешних приложений, а также используется графическим интерфейсом системы и интеграционными приложениями.

1.1.4. Протоколы и программные средства операционной среды

Благодаря разнообразным программным комплектам, подключаемым модулям, накопителям и пакетам BAUM STORAGE AI v2 поддерживает широкий спектр протоколов и дополнительных функций.

Программное обеспечение

Базовое комплексное программное обеспечение

Программное обеспечение для управления:

- *BAUM GUI & CLI;*
- *Тонкое выделение ресурсов*
- *упреждающее обслуживание: настройка удаленной поддержки, онлайн-чат, подача сервисной заявки и т. п.)*

- *файловый и блочный доступ*

Унифицированные протоколы:

- *файл*
- *блок*
- *виртуальные тома*

Локальная защита:

- *локальные копии на определенный момент времени (снимки и «тонкие» клоны)*
- *Common Event Enabler; AntiVirus Agent, Event Publishing Agent*

Удаленная защита:

- *встроенная асинхронная репликация блоков и файлов*
- *встроенная синхронная репликация блоков и файлов*

Оптимизация производительности:

- *кэш-память FAST*
- *FAST VP*

***Интерфейсные
протоколы***

CIFS (SMB 1), SMB 2, SMB 3.0, SMB 3.02 SMB 3.1.1; FTP и SFTP; Fibre Channel,

***Дополнительное
ПО***

- *VMAPP*
- *Сокращение объема данных: Сжатие и дедупликация (для пулов класса All-Flash)*

Примечание. Для получения более подробной информации о лицензировании программного обеспечения свяжитесь с менеджером по работе с заказчиками

1.1.5. Поддержка и сервис

Услуги ООО «СХД БАУМ» по поддержке, инсталляции оборудования и внедрению ПО предоставляются во всех городах Российской Федерации как компанией ООО «СХД БАУМ», так и ее авторизованными сервисными партнерами.

Различают три вида сервисной поддержки: Гарантия на аппаратное обеспечение, гарантийная поддержка программного обеспечения, сервисные услуги.

Сервисная поддержка может быть оказана как в рамках предлагаемых при покупке оборудования пакетов поддержки, так и при дальнейшей эксплуатации на договорной основе в формате контракта на осуществление поддержки.

Осуществление поддержки происходит по номеру заказа, сервисного контракта или серийного номера продукта. Срок предлагаемых пакетов гарантийной поддержки может равняться 1, 3, 5 лет и может быть расширен или продлен при активной сервисной поддержке.

Стандартные пакеты поддержки трех уровней: стандартная, расширенная, критическая. К каждому уровню есть возможность добавить опцию невозврата неисправных носителей информации.

	Стандартная	Расширенная	Критическая
Режим работы	9 часов ежедневно (с 9 утра до 18 часов) кроме выходных и праздников	24x7 включая выходные и праздники	24x7 включая выходные и праздники
Время реакции (ответа) на заведенную в систему заявку	Не позднее следующего рабочего дня	В течение 4 часов того же дня	В течение 2 часов того же дня
Восстановление работы аппаратного обеспечения	Не более 5 рабочих дней с момента классификации как аппаратного сбоя	Не позднее следующего рабочего дня с момента классификации как аппаратного сбоя	Не позднее 6 часов с момента классификации как аппаратного сбоя

Выделенный сервисный менеджер	Нет	Да	Да
-------------------------------	-----	----	----

Критическая поддержка с 6-ти часовым временем восстановления оборудования и расширенная поддержка действует в следующих городах: Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Нижний Новгород, Воронеж, Новосибирск, Ростов-на-Дону, Самара, Хабаровск, Казань, Владивосток, Красноярск, Краснодар, Пермь, Иркутск, Саратов, Набережные Челны, Челябинск, Тюмень, Уфа, Ярославль, Калуга, Сочи, Симферополь.

Для остальных городов данные сервисные пакеты обеспечивают время ремонта, не превышающее пять рабочих дней.

Обслуживание оборудования ООО «СХД БАУМ» производится на месте эксплуатации на всей территории Российской Федерации.

16.1. Порядок осуществления услуг

1. При возникновении неисправности с оборудованием, необходимости в получении консультации или программного обеспечения для оборудования, необходимо оформить вопрос-заявку в Службу Технической Поддержки. В соответствии со шкалой приоритетов в Приложении, все вопросы-заявки принимаются через e-mail компании ООО «СХД БАУМ» по адресу mail@sk-shd.ru. В случаях, если проблема имеет

2. При обращении (по телефону, через e-mail) для оформления вопроса-заявки конечный пользователь должен предоставить следующую информацию:

- 2.1. Наименование компании
- 2.2. Свои контактные данные
- 2.3. Номер Сертификата на обслуживание
- 2.4. Наименование и серийный номер оборудования
- 2.5. Тематика обращения
- 2.6. Приоритет
- 2.7. Подробное описание, включая:
- 2.8. Симптомы проблемы
- 2.9. Частота возникновения
- 2.10. Системные сообщения об ошибках
- 2.11. Предпринятые меры по устранению проблемы

После оформления заявки инженер Службы Поддержки проводит заочную оценку состояния оборудования, осуществляет техническую консультацию или выдает предварительное заключение о дальнейших действиях в соответствии со шкалой приоритетов.

Описание уровней

Уровень Layer 1

Включает основные административные задачи, базовое конфигурирование и общие вопросы:

- *Определение проблемы именно с оборудованием ООО «СХД БАУМ» в мульти-вендорной среде;*
- *Сбор диагностической информации;*
- *Определение приоритета для возникшей проблемы;*
- *Выявление возможных аппаратных неисправностей;*
- *Консультирование по общим вопросам*

Уровень Layer 2

Включает все задачи и навыки первого уровня, а также дополнительные задачи по выявлению и устранению проблем в сложных конфигурациях:

- *Расширенный анализ конфигурации, включая:*

- *Дампы логов;*
- *Использование удаленного доступа;*
- *Анализ информации из сервисного процессора;*
- *и другое.*

- *Расширенный поиск неисправностей с учетом дизайна сети, работающих сетевых сервисов и функций;*
- *Выявление с помощью дампов типа сетевого трафика, вызывающего проблемы;*
- *Определение аппаратных неисправностей, которые могут потребовать замену оборудования;*
- *Использование тестового стенда с целью воспроизвести проблему в лаборатории.*

Уровень Layer 3

- *Проблемы, которые никогда не диагностировались ранее;*
- *Вопросы совместимости с устройствами и протоколами;*
- *Срочное исправление ошибок ПО;*
- *Запросы на новые функции и улучшения;*
- *Эскалация проблемы команде разработчиков;*
- *Нетипичные проблемы с лицензированием;*

Выполнение заявок уровня Layer 1 и Layer 2 могут быть назначены авторизованным сервисным партнерам ООО «СХД БАУМ».

Служба технической поддержки фиксирует все обращения пользователей и присваивает им уникальный номер. Взаимодействие между конечным пользователем и Службой технической поддержки происходит в рамках присвоенного номера обращения. Каждому обращению присваивается приоритет и назначается время реакции Службы технической поддержки в соответствии с нижеследующей шкалой приоритетов:

1-й уровень

Время реакции: 1 час
Программные или аппаратные проблемы с Оборудованием препятствуют работе критически важных сервисов. Оборудование не включается или неспособно передавать данные.

2-й уровень

Время реакции: 2 часа
Программные или аппаратные проблемы с Оборудованием препятствуют работе важных сетевых приложений.

3-й уровень

Время реакции: 4 часа
Программные или аппаратные

проблемы с Оборудованием вызывают ухудшение работы сетевых приложений.

4-й уровень

Время реакции: 24 часа
Вопросы по конфигурации, устранению не критичных проблем или запросы на получение новой версии ПО.

Фактическое время реакции зависит от времени оказания услуги, указанного в контракте.

16.2. Сервисные услуги

Компания ООО «СХД БАУМ» осуществляет сервисные услуги по монтажу и пуско-наладке продуктов, если партнер ООО «СХД БАУМ» или Заказчик не имеет в своем штате сертифицированных сервисных инженеров.

Список доступных услуг:

- *монтаж модулей управления*
- *монтаж модулей хранения*
- *настройка программного обеспечения массива*
- *подключение дискового массива в SAN*
- *миграция данных с/на СХД других производителей*

ВВОДА-ВЫВОДА SAS на массив							
Базовое количество во внутренних шин SAS 12 Гбит/с на массив	2	2	2	2	2	2	2
Максимальное общее количество (внешних) портов на массив (всех типов)	8	16	16	40	16	16	20
Максимальное количество инициаторов на массив	1024	4096	4096	4096	4096	4096	4096
Макс. количество портов Fibre Channel в массиве	8	16	16	40	16	16	20
Встроенные порты 10GbaseT в массиве	0	0	0	0	0	0	0
Максимальное общее количество портов 1 GbaseT/iS CSI на массив	10	18	18	44	18	18	22
Макс. общее количество	8	16	16	40	16	16	20

во портов 10 гигабит Ethernet/i SCSI на массив							
Макс. неформат ированна я емкость* **, ПТ	5	10	10	30	0,74	1,47	30
Макс. количест во хостов SAN	1024	4096	4096	4096	4096	4096	4096
Макс. количест во пулов	-	-	-	-	-	-	-
Макс. количест во томов на массив	1024	4096	4096	4096	4096	4096	4096
Поддержка а ОС	Windows ® 2000, Windows Server® 2003, Windows Server 2008, Windows Server 2012, Windows Server 2016, Linux®, Oracle® Solaris, AIX, HP- UX, Mac® OS, VMware ®, ESX®, Citrix®						

* Два модуля ввода-вывода на один процессор СХД с зеркалированием.

** Доступна пропускная способность 16 Гбит/с в одномодовом и многомодовом вариантах.

*** Максимальная неформатированная емкость будет различной в зависимости от размеров дисков, доступных на момент покупки.

1.2. Функционал Распределенной системы хранения данных (РСХД)

1.2.1. Введение

BAUM STORAGE AI v2 предназначено для организации доступа к ресурсам хранения по блочным, объектным и файловым протоколам хранения и предназначено для управления СХД, которые относятся к классу горизонтально-масштабируемых систем хранения (scale-out), характеризующихся наличием большого числа серверов, объединенных в кластер, который должен состоять из узлов двух типов:

Узлы модулей управления, включающие в себя процессоры, кэш-память, в том числе и энергонезависимую, Ethernet-порты средств подключения. Модуль управления предоставляет клиентам доступ к хранимой в системе информации по протоколу доступа: S3. Модули управления образуют отказоустойчивый кластер, резервируя друг друга попарно, в зависимости от настроек и конфигурации системы.

Узлы модулей хранения, включающие в себя набор дисков и управляющий ими процессор. Модули хранения РСХД образуют рой, асинхронно и параллельно взаимодействующий с контроллерами. Модуль управления подготавливает данные для записи, а модули хранения в свою очередь параллельно записывают эти данные для записи на свои дисковые накопители. При чтении данных нагрузка распределяется между всеми дисками всех модулей хранения. За счет массового параллелизма обеспечивается высокая пропускная способность системы.

Соединение всех узлов выполнено при помощи высокоскоростной коммуникационной сети Ethernet.

Помимо этого, модули управления соединены попарно прямым сетевым соединением-интерконнектом для синхронизации кэш памяти. Добавление модулей управления к кластеру выполняется только парами, модули хранения можно добавлять по одному.

Информационный поток данных между СХД и клиентами равномерно распределяется между модулями управления кластера, в которых обработка потока данных модулей хранения, которые осуществляют дальнейший информационный обмен с устройствами хранения данных.

Внутри кластера, входной поток данных распределяется по конечным устройствам хранения данных с обеспечением равномерной нагрузки на все доступные модули хранения и диски в кластере.

Взаимодействие компонентов кластера спроектировано для обеспечения максимальной производительности процессов и требуемой надежности хранения.

1.2.2. Архитектура

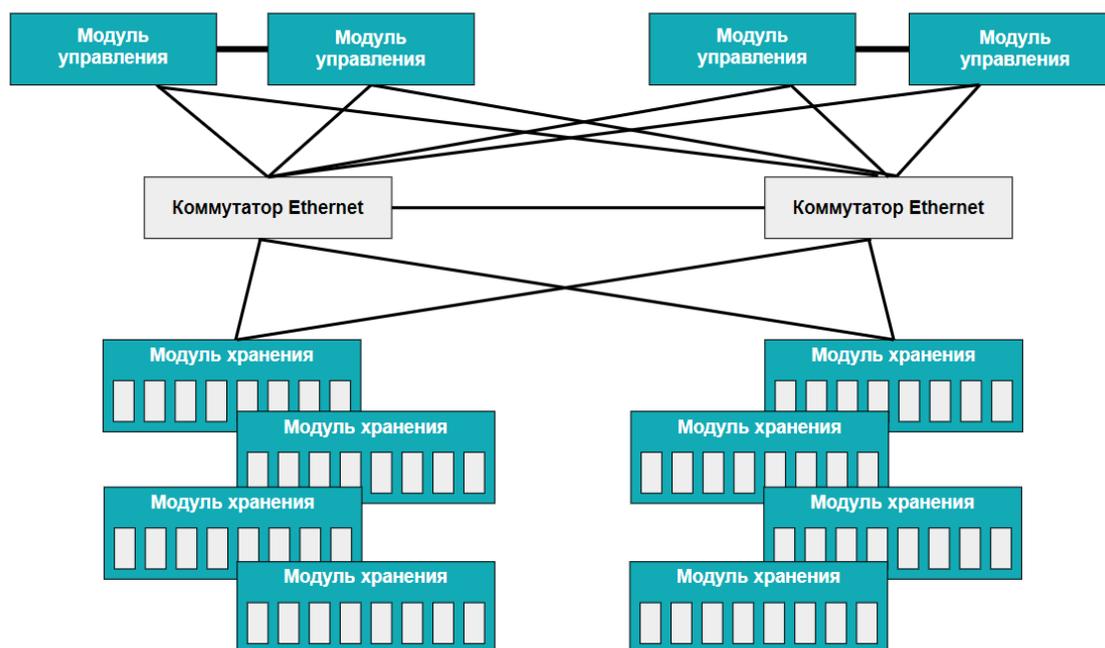
Система состоит из следующих основных блоков:

- Модуль управления
- Модуль хранения

1.2.2.1. Распределенная отказоустойчивая архитектура

Модули управления используются попарно, образуя отказоустойчивый кластер. Их задача подготавливать данные для записи и организовывать чтение. Все поступающие от клиентов данные, записываются в кэш памяти пары модулей управления и клиенты немедленно получают ответ об успешной записи.

Кластер модулей управления состоит из модулей, соединенных попарно с помощью высокоскоростного интерконнекта, пары модулей объединяются в кластер внутренней сетью. Настройка всего кластера осуществляется с помощью web интерфейса. Соответственно выход из строя любого из модулей управления в любой паре модулей управления не приведет к остановке сервиса.



Каждый модуль хранения имеет прямой доступ к каждому модулю хранения системы, а также может обмениваться управляющими командами с любым модулем управления (full mesh).

В зависимости от настроек системы на модули хранения могут записываться две или больше копий одного блока, так чтобы выход из строя одного или нескольких модулей хранения не приводил к потере данных.

1.2.2.2. Внутренняя организация данных

Данные внутри системы организованы в виде привязки объектов (файл, LUN) к совокупности составляющих их блоков данных, при этом используется косвенная адресация блоков данных. Физический блок на диске не связан напрямую с блоком какого-либо объекта, вместо этого используется промежуточная структура метаданных на модулях хранения, содержащая информацию о связях. Система оперирует фиксированными блоками данных размеров 4кБ.

Система никогда не перезаписывает данные блока физически, вместо этого новые данные записываются на свободное место и в структуре метаданных ссылка на блок объекта перемещается на вновь записанный блок. Физические блоки, на которые отсутствуют ссылки собираются специальным процессом и возвращаются в пул свободных блоков системы. Благодаря такой организации данных несколько объектов могут ссылаться на один и тот же блок данных, как и несколько блоков данных принадлежать разным версиям одного и того же блока объекта. Также обеспечивается высокая скорость записи данных, т.к. запись на диски всегда последовательна.

Таким образом обеспечивается работа технологий мгновенных снимков, клонов и дедупликации данных для LUN и файлов. Дедупликация данных осуществляется после из записи на модули хранения в рамках всех дисков каждого модуля хранения, процесс дедупликации оперирует блоками размером 4кБ. Кроме того, распределенная структура метаданных верхнего уровня поддерживается на модулях управления, там хранится информация о настройках системы, именах и настройках объектов.

1.2.2.3. Технология записи данных

Данные поступают на модуль управления по протоколу S3, далее данные записываются одновременно в локальный энергонезависимый кэш записи модуля управления и в аналогичный кэш парного модуля управления, после этого клиенту возвращается положительный результат завершения операции записи.

После накопления некоторого достаточного объема данных или по прошествии определенного времени (эти параметры зависят от конфигурации оборудования) они подготавливаются для передачи на модули хранения. По запросу модуля управления модули хранения забирают подготовленные данные и сохраняют на своих дисках. При передаче данных с модуля управления на модули хранения процесс осуществляется параллельно, данные передаются большими блоками и записываются на все диски параллельно, что обеспечивает максимальную пропускную способность системы и равномерную загрузку дисков.

В зависимости от настроек системы на модули хранения могут записывать две или больше копий одного блока, так чтобы выход из строя одного или нескольких модулей хранения не приводил к потере данных.

1.2.2.4. Технология чтения данных

Запросы на чтение данных поступают на модуль управления по протоколу S3. Сначала проверяется наличие запрошенных данных в кэше записи, затем в кэше чтения. Если данные не были обнаружены, то определяется местоположение данных на модулях хранения и параллельно рассылаются запросы на чтение данных, считанные данные также поступают на модуль управления параллельно. После передачи клиенту считанные данные записываются в кэш чтения, таким образом в кэше автоматически сохраняются наиболее востребованные данные.

1.2.2.5. Мониторинг и управление

Управление системой осуществляется через веб интерфейс, который позволяет из единого окна управлять всеми настройками модулей управления и модулей хранения. Подсистема мониторинга отображает состояние системы и всех входящих в нее компонентов. Кроме того,

поддерживается REST API, что позволяет использовать средства автоматизации для управления и настройки системы.

1.2.3. Применение РСХД BAUM STORAGE AI v2

*Универсальное
ПО для
поддержки
облачных сред*

Распределенная архитектура позволяет BAUM STORAGE AI v2 масштабироваться в соответствии с требованиями облачной инфраструктуры и при этом обеспечивать необходимое быстродействие. Мгновенные снимки помогут защитить данные от повреждения и обеспечить практически мгновенное восстановление. Поддержка протокола S3 удобна для web приложений, а REST API поможет развертывать новые ресурсы в автоматическом режиме.

*Универсальное
ПО для
поддержки
бизнес-
инфраструктуры*

Решения ООО «СХД БАУМ» снижают уровень сложности сред с базами данных и сред с важными для бизнеса приложениями. Они обеспечивают отличную совокупную стоимость владения и сочетания с максимальной производительностью. Технологии, такие как мгновенные снимки и клонирование, ускоряют внедрение проектов, позволяя сэкономить время и деньги.

*Хранилище
резервных копий*

Огромные возможности по масштабируемости, высокая пропускная способность, поддержка протокола S3 и возможность использовать дешевые диски типа NL-SAS, позволяют строить хранилища резервных копий уровня больших корпораций и облачных провайдеров.

***Хранилище
неструктурирова
нных данных***

ООО «СХД БАУМ» предлагает простое решение для управления контентом, позволяющее быстрее находить, предоставлять и использовать данные с помощью систем управления документами, систем управления цифровыми ресурсами, систем управления корпоративным контентом, систем управления вэб-контентом, систем архивирования документов и др.

***Специализирован
ные отраслевые
решения***

Правильно подобранное сочетание продуктов, сервисов и партнеров обеспечивает поддержку в упрощении управления данными и совершенствовании бизнес-процессов. Богатые возможности конфигурирования позволяют встраивать BAUM STORAGE AI v2 в специализированные аппаратно-программные комплексы для сектора энергетики, правительственных учреждений, здравоохранения, естественных наук, инженерных разработок и производства, телекоммуникаций и поставщиков услуг.

1.3. Программные реализации блоков хранения, передачи и обработки данных BAUM STORAGE AI v2

1.3.1. ПО для решения задач хранения данных (Подсистема хранения данных, ПХД)

1.3.1.1. Назначение ПХД

ПХД обеспечивает выполнение следующих функций:

- чтение блоков данных с устройства хранения;
- запись блоков данных на устройство хранения.

1.3.1.2. Применение ПХД

ПХД может быть применен в блоке управления запросами, а также блоках записи и чтения модуля хранения

1.3.1.3. Взаимодействие со смежными системами/компонентами

ПХД состоит из нескольких модулей хранения блоков данных. В процессе своей работы ПХД поддерживает связь с одним или несколькими серверами управления (количество серверов управления определяется конфигурацией конкретной системы). Для каждого сервера управления используется отдельный канал связи. По этим каналам ПХД получает запросы на чтение/запись блоков данных. После обработки запроса ПХД отправляет ответ серверу управления (в случае запроса на чтение запрошенные данные содержатся в ответе). Обработка запросов от разных серверов управления осуществляется параллельно.

ПХД принимает на вход:

- блок данных в случае операции записи;
- идентификатор блока данных в случае операции чтения.

ПХД получает на выход:

- блок данных в случае операции чтения;
- результат операции (статус) в случае операции записи.

1.3.1.4. Математическое обеспечение и алгоритмы

Каждый сервер хранения данных содержит несколько устройств хранения, далее УХ, и распределяет данные между ними согласно запросам. Для идентификации УХ на сервере хранения данных используется контрольная сумма пути к файлу устройства (CRC32). При установлении соединения с сервером управления сервер хранения данных пересылает список идентификаторов своих УХ. В дальнейшем, при запросах на запись для каждого блока данных контроллер указывает идентификатор целевого УХ. Модуль хранения данных записывает данные на целевое УХ и сохраняет информацию об этом в карте распределения данных, далее КРД, по устройствам хранения. КРД хранится отдельно от данных.

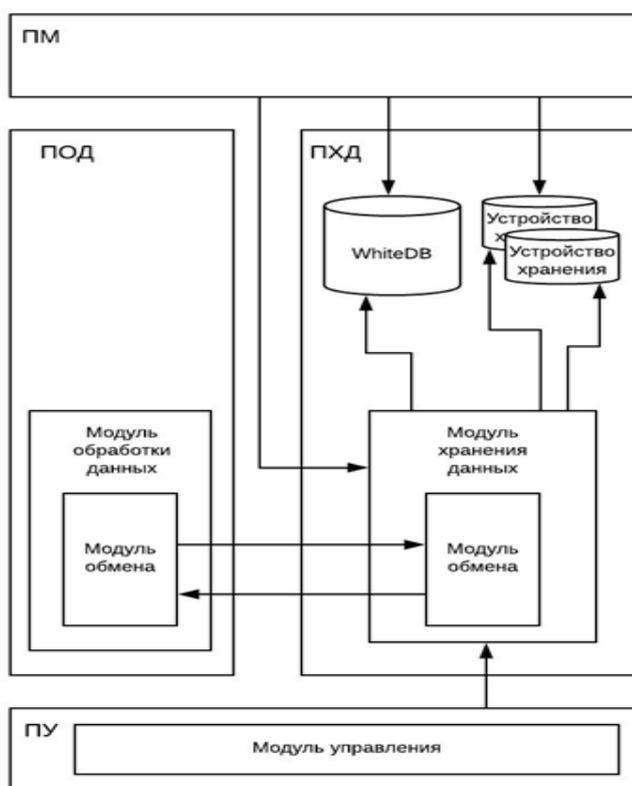


Рисунок 1 - Взаимодействие ПХД со смежными компонентами

1.3.2. ПО для решения задач передачи и обработки данных

(Подсистема обработки данных, ПОД)

1.3.2.1. Назначение ПОД

ПОД обеспечивает выполнение следующих функций:

- поддержка карты кластера
- обогащение данных избыточностью
- восстановление данные
- распределение данных в соответствии с картой кластера (карта кластера представляет собой дерево, листья которого являются устройствами хранения)

1.3.2.2. Применение

ПОД может быть применен в блоке обмена информацией с контроллером управления данными модуля хранения.

1.3.2.3. Взаимодействие со смежными системами/ компонентами

В процессе своей работы ПОД принимает на входпользовательские данные (файлы), либо идентификатор данных и блоки данных от ПХД. В процессе своей работы ПОД предоставляет на выходе пользовательские данные и блоки данных для ПХД. Взаимодействие ПОД с ПХД осуществляется с помощью компоненты обмена данными TLVServer - TLVClient, основанной на использовании TLV-пакетов. На данный момент применяется поверх протоколов TCP/IP (удаленная коммуникация) и Abstract UNIX Sockets (локальная коммуникация).

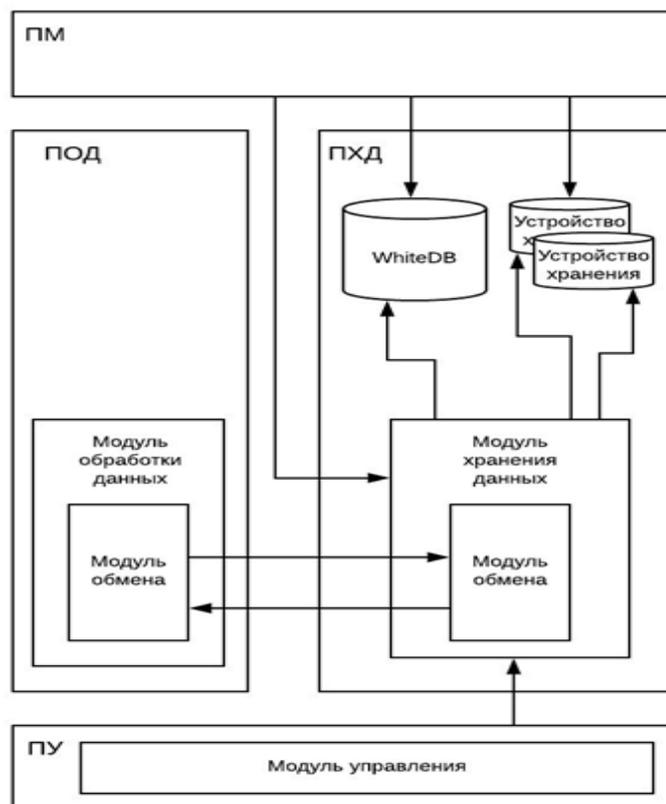


Рисунок 2 - Взаимодействие ПОД со смежными компонентами

1.4. Функционал BAUM STORAGE AI v2 для решения задач ИИ и машинного обучения

1.4.1. Введение

Все больше заказчиков из различных сфер задумываются о применении методов искусственного интеллекта (ИИ) для своих задач. Естественно, что любой заказчик перед лицом такой инновации хочет максимально подстраховаться и по возможности снизить капитальные инвестиции, «запуститься» как можно быстрее и ожидает адекватного жизненного цикла решения как минимум в течение 3-5 лет.

Компания ООО «СХД БАУМ» проанализировала пожелания своих заказчиков и предлагает оптимальное решение, в основу которого были заложены следующие парадигмы:

1. для любой технологии ИИ требуются не просто «большие», а уже «сверхбольшие» наборы данных, их необходимо хранить в течение многих лет (как де-факто для накопления статистики, так и де-юре для выполнения различных законодательных актов);
2. требуется гибкий баланс между масштабированием объема хранимых данных (до 100 и 1000 раз за 2-3-5 лет), возможностью быстро (порой в реальном времени) проводить на этих массивах данных процедуры нормализации и пр. этапы пред- и пост-обработки, необходимостью обеспечивать загрузку ядра данных и моделей в систему ИИ в «реальном времени»;
3. все это должно одинаково оптимально поддерживать как структурированные данные (включая объектное хранение), так и неструктурированные (выборки из соцсетей и т.п. источников);
4. обязательна поддержка различных высокопроизводительных специализированных процессорных платформ (поскольку заранее не всегда можно предсказать все задачи заказчика на несколько лет вперед и, тем более, прогресс аппаратных решений);
5. «эластичность» производительности по отношению к разным задачам – возможность при необходимости отдавать нужную мощность на процедуры хранения/дедупликации/предобработки/загрузки данных либо непосредственно на сами задачи ИИ – обладать разумным резервом мощности, но без неиспользуемых излишков;

6. не просто «фреймворк» для работы, но наполненный заранее разработанными (а в ряде случаев уже настроенными и предобученными) моделями обработки данных и собственно программных модулей ИИ (машинного обучения и нейронных сетей);
7. не только ПО для хранения данных и обучения нейросетей, но и инструменты (веб-сервисы) для очистки, разметки и прочей подготовки обучающих данных (датасетов) для использования при обучении нейронных сетей и других алгоритмов машинного обучения;
8. обеспечение услуг по разработке и сопровождению «под ключ», начиная от сайзинга аппаратной платформы до выбора алгоритмов, консультаций по формированию датасетов и обучению алгоритмов, сбору и разметке датасетов;
9. открытость решения, в котором заказчик волен как воспользоваться услугами внешних консультантов, так и получить исчерпывающую документацию и все делать самостоятельно;
10. понятная заказчику (возможность выбрать только нужные аппаратные блоки и программные модули) и конкурентоспособная ценовая политика, не в ущерб надежности и производительности.

1.4.2. Типы обрабатываемых данных с применением

BAUM STORAGE AI v2

Анализ изображения/видео

Классификация изображений Поиск лиц царской семьи на дореволюционных фото.
Распознавание и классификация лиц на дореволюционных фото. Точность классификатора 85-90%.

Диагностика заболеваний в медицине Распознавание злокачественных родинок.
Создание нейронной сети для автоматической диагностики родинок на злокачественность. Пациент имеет возможность отправить фото своей родинки и получить оценку онлайн, далее оформить запись на прием. Точность модели нейронной сети до 93,21%.

Промышленность Распознавание дефектов на металлических изделиях.
Раннее распознавание микродефектов на металлических поверхностях, с помощью нейронных сетей. Точность классификатора больше 90%.

Снижение количества ошибок на производстве Фиксирование отломанных зубьев на производственной линии.
Анализ входящего видеопотока через API. При фиксировании дефекта изделия отправка уведомления инженеру.

Анализ текста

Классификация текстов по автору Определение автора по тексту, с помощью рекуррентных сетей и одномерной свертки. Высокая точность распознавания текста.

Кластеризация текстов Определение аномалий в тексте. Выявление и распознавание кластеров в текстах.

Классификация текстов Извлечение текстового слоя из текстовых данных.

Анализ числовых данных/временных рядов

Предиктивная аналитика показателей систем СХД

Предиктивно – статистический анализ временных рядов. Раннее предсказание показателей нагрузки на центральный процессор, чтения дисков/ задержки записи.

Считывание фактических показателей оборудования и комплексный мониторинг состояния системы в реальном времени.

Интеллектуальная система принятия решений на основе глубокой аналитики и машинного обучения.

AI мониторинг и предиктивная аналитика для ТЭЦ

Решаемые задачи – Уменьшение времени планового простоя, предиктивное предупреждение выхода из строя агрегатов, проведение только фактически необходимого технического обслуживания, оптимизация работы системы.

Ожидаемый срок окупаемости от 3 до 7 лет в зависимости от типа системы и специфики деятельности.

Оптимизация ресурсов на складе

По историческим данным определить ожидаемое движение по складу (приход товара и отгрузка). Спрогнозировать возможную пиковую нагрузку в течение месяца.

AI анализ сердечно-сосудистых заболеваний

Сбор данных по анализам с учетом дополнительных демографических признаков (пол, возраст).

Постановка диагноза в момент лабораторных испытаний (задача бинарной классификации).

Отслеживание показателей анализов во времени и формирование рекомендаций пациенту.

Предсказание лесных пожаров

Предсказание вероятности возникновения лесных пожаров, их координаты и площадь, используя исторические погодные данные, а также косвенные признаки (наличие инфраструктурных объектов, близость к транспортным сетям, социально демографические характеристики ближайших населенных пунктов).

Анализ графов

Определение оптимального маршрута между заданными вершинами

По загруженным данным определить кратчайший маршрут между вершинами графа (точками на карте города)

Анализ табличных данных

Работа с пропущенными значениями или пропусками в табличных данных

возможность работы с пропущенными значениями или пропусками в табличных данных в формате CSV, используя метод частичного заполнения и удаления пропусков в виде удаления строк.

1.4.3. Основные свойства BAUM STORAGE AI v2

1.4.3.1. Ключевые преимущества BAUM STORAGE AI v2

Эффективность

– Быстрое развертывание всей инфраструктуры- за один день от распаковки до загрузки пользовательских данных и начала обучения моделей.

– Поддержка оптимального набора библиотек и правил предобработки данных “из коробки” и различных модулей аппаратного ускорения гарантируют быстрое решение всех типовых задач.

– Возможность использовать экспертов ООО «СХД БАУМ» как для решения задачи в целом, так и для обучения персонала заказчика позволяет одновременно достичь как быстрого эффекта в конкретных задачах, так и нужного уровня готовности сотрудников заказчика к самостоятельной работе.

– Поддержка большого набора наиболее оптимальных библиотек и всех доступных специализированных процессоров позволяет достичь максимальной скорости как обучения моделей, так и их работы над текущими данными, либо выбрать баланс между скоростью

работы/энергопотреблением/стоимостью системы.

– Заказчик на этапе сайзинга прозрачно видит состав системы – нет неявных избыточных компонентов, вся функциональность включена в цену – нет скрытых дополнительных модулей или активаторов пакетов функций. Максимальное использование СПО минимизирует лицензионные отчисления третьим сторонам, заказчик может дозаказывать емкость СХД и/или специализированные процессоры AI по мере необходимости, достигая этим баланс между производительностью системы/стоимостью/энергопотреблением, выбрать оптимальный вариант поддержки и сопровождения.

Масштабирование

– От терабайт до петабайт – подсистема СХД масштабируется вертикально добавлением дисковых полок, поддерживая рост объема данных на два порядка и более и скорость обработки путем добавления контроллеров (от 2 до 8).

– Гибкое использование твердотельных и вращающихся

дисков дает оптимальный баланс между емкостью и скоростью.

– В сервер AI можно добавлять дополнительные спецпроцессоры по мере необходимости.

– Использование уникальной контейнерной DevOps-ориентированной инфраструктуры позволяет одновременно работать с сотнями разных моделей и разных версий одинаковых моделей, выбирая оптимальные комбинации библиотек и/или вариаций предподготовки данных.

– При необходимости можно добавить дополнительные сервера AI.

– При появлении более быстродействующих компонентов СХД и сервера AI поддерживается их установка/замена устаревших компонентов при гарантии полной сохранности всех данных, моделей и т.п.

Надежность

– Подсистема СХД корпоративного уровня обеспечивает максимальную

доступность данных и отсутствие единой точки отказа.

– Поддержка всего программно-технического комплекса – как аппаратной, так и программной составляющей со стороны ООО «СХД БАУМ», обеспечение совместимости новых компонентов с изначально заказанными, обеспечение жизненного цикла моделей равного или более длительного, чем таковой для аппаратного обеспечения (с помощью DevOps-ориентированной контейнеризованной инфраструктуры).

– Поддержка широко распространенных стандартов мониторинга, интеграции в инфраструктуру безопасности заказчика между СХД и источниками данных и сервером AI.

– При необходимости персонал заказчика может быть обучен всем процедурам, позволяющим самостоятельно реагировать на нештатные ситуации

1.4.3.2. Препроцессинг входных данных

Скрипты препроцессинга, написанные на языке Python v3, обеспечивают обработку и первичный анализ входных данных, структурируют данные и подготавливают их для загрузки в модуль машинного обучения.

Параметры скриптов препроцессинга данных настраиваются из интерфейса пользователя.

Модуль библиотек и скриптов для обработки и препроцессинга

данных выполняет следующие основные функции:

- анализ структуры, распределения и полноты данных;
- предварительная обработка, нормализация и стандартизация входных данных
- преобразование, параметризация и подготовка данных для передачи в модели машинного обучения.

Модуль содержит методы, которые обеспечивают обработку и анализ входных данных в соответствии с их типом:

тексты (препроцессинг, очистка, лемматизация, кодирование, представление многомерными векторами);

табличные данные (заполнение пропущенных значений и пропусков в табличных данных в формате CSV, используя метод

частичного заполнения и удаления пропусков в виде удаления строк);

временные ряды (тесты на нормальность и стационарность ряда, декомпозиция ряда, приведение ряда к стационарному);

числовые и категориальные данные (заполнение пропущенных данных, проверка на нормальность, нормализация и стандартизация, выявление аномалий, проверка на сбалансированность и ребалансировка, выделение наиболее важных признаков, кодирование, генерация новых признаков);

графические данные (приведение к единой цветовой палитре, обрезка, дополнение данных и генерация новых образов, бинарная сегментация).

1.4.3.3. Типовые сценарии

Классификация изображений

Все сущности окружающего мира поделены на заранее известные классы. BAUM STORAGE AI v2 распознает загружаемые изображения и определяет их принадлежность к тому или иному классу сущностей.

Кластеризация научных текстов

База данных для отслеживания цитируемости статей,

опубликованных в научных изданиях. База данных индексирует научные журналы, материалы конференций и серийные книжные издания, а также «профессиональные» журналы по техническим, медицинским и гуманитарным наукам.

Задача кластеризации относится к классу задач «без учителя» – Научный текст с заранее неизвестным содержимым

самостоятельно разбирается на некоторое количество групп (кластеров), связанных между собой наборов ключевых слов.

Научный текст для анализа, разбитый на строки в исходном файле, автоматически разбивается на кластеры по принципу: Строки, в которых встречаются похожие по смыслу слова, объединяются в один кластер. В отчете перечисляются наборы таких ключевых слов, с указанием количество строк, в которых они встречаются.

Обучение нейронной сети для классификации текстов

В данном алгоритме создается модель нейронной сети, умеющая распознавать авторов произведений. Для этого используется набор обучающих файлов, в которых нейронная сеть видит правильные ответы и на основании этих ответов происходит ее обучение.

Количество прохождения алгоритма обучения нейронной сети равняется нескольким эпохам, по мере прохождения эпох доля верных ответов на проверочной модели возрастает.

Предобученная модель нейронной сети сохраняется и может использоваться повторно для распознавания авторов произведений, на которых было пройдено обучение.

Распознавание автора текста по предобученной модели

В качестве входной информации для алгоритма используется файл в текстовом формате, содержащий произведение автора, для распознавания которого была обучена нейронная сеть.

Результатом работы алгоритма является отображение автора анализируемого текста, с указанием точности результата в процентах.

Кластеризация патентов и выявление трендов по патентам

В данном алгоритме выполняется анализ входящей базы с патентами с последующим выявлением и группированием патентов в кластеры по определенным признакам, которые заранее не predeterminedены и выбираются Программой автоматически.

Формируются кластеры с информацией о патентах, объединенные набором ключевых слов. Для каждого кластера указывается количество входящих в него патентов. Информация о патентах визуализируется – Кластеры переносятся на двумерную плоскость по рассчитанным уникальным координатам каждого слова во входящей базе с патентами. Используется цветовая индикация для кластеров в соответствии с рассчитанной плотностью входящих в него слов.

По полученным кластерам выделяются тренды – тенденции изменения патентов (например, частоты цитируемости патентов в научных изданиях) по времени.

Таким образом выполняется кластеризация патентной информации, ее количественный анализ, анализ цитирования, обработка естественного языка, визуализация данных. Результаты кластеризации патентов могут быть использованы для определения стран, в которых ведутся научные исследования, для выявления технологической направленности научных исследований и т.д.

Прогнозирование временного ряда

Временной ряд – это собранный в разные моменты времени статистический материал о значении каких-либо параметров (в простейшем случае одного) исследуемого процесса.

В данном алгоритме Программа прогнозирует изменение параметров временного ряда на основании ранее полученных статистических данных. Предсказанные данные за прошедший период отображаются одновременно с реальными данными для визуализации точности прогнозирования.

Прогнозирование свойств композитных материалов

Программой выполняется прогноз свойств композита – целевого материала, изготовленного из известных исходных компонентов, имеющих различные физические и/или химические свойства.

Отображается информация об исходных свойствах компонентов композита и о рассчитанных прочностных характеристиках композита.

Обучение модели прогнозирования временного ряда котла

В данном алгоритме создается модель прогнозирования значений *целевых* показателей водогрейных и паровых котлов по времени.

Предварительно подготавливается файл, содержащий статистические данные, характеризующие работу котла, зафиксированные в равных промежутках времени (с шагом ресемплирования). Эти данные разделяются на две части: обучающую и тестовую выборки. На обучающей выборке выполняется обучение будущей модели прогнозирования временного ряда. На тестовой выборке проверяется точность работы полученной модели – сравниваются фактические и прогнозные значения выбранных *целевых* показателей.

Прогнозирование временного ряда котла в онлайн-режиме

В данном алгоритме анализируется непрерывный поток входных данных, получаемый в режиме реального времени с котла. Для тех же целевых показателей, которые были выбраны при обучении модели прогнозирования, назначаются верхний и нижний пределы допустимых значений. В алгоритме используется ранее обученная модель, способная обрабатывать поступающие данные, предсказывая результат. При фактическом и/или прогнозируемом выходе значений показателей за границы допустимых интервалов, пользователю отправляется сообщение в телеграм-канал. При этом прогнозируемые значения рассчитываются на шаг вперед, с прибавлением шага ресемплирования, позволяя пользователю своевременно среагировать и предпринять необходимые действия.

Обучение модели прогнозирования лесного пожара

В данном алгоритме создается модель, умеющая прогнозировать вероятность возникновения лесного пожара на определенной территории. На вход алгоритма подается статистический материал с показателями погодных условий

исследуемой территории, собранный за определенный промежуток времени. Также как и для модели котла, эти данные разделяются на обучающую и тестовую выборки. На обучающей выборке с помощью *алгоритма бинарной классификации* анализируется взаимосвязь между всеми показателями погодных условий и значением целевого признака (1 – факт пожара / 0 – его отсутствие). На тестовой выборке выполняется проверка обученной модели: рассчитываются значения целевого признака, затем ответы модели машинного обучения сравниваются и валидируются с фактическими событиями.

Прогнозирование возникновения лесного пожара в онлайн-режиме

В данном алгоритме анализируется непрерывный входной поток данных, содержащий значения погодных показателей на местности. Эти данные, за исключением целевого признака, проходят предварительную обработку, приводятся к виду, пригодному для анализа. Для целевого признака устанавливается граничное значение (от 0 до 1), выход за пределы которого будет означать наступление интересующего события.

Онлайн-данные анализируются с использованием обученной

модели прогнозирования лесного пожара. При фактическом и/или прогнозируемом выходе целевого признака за граничное значение пользователю отправляется сообщение на телеграм-канал.

Обучение модели поиска аномалий с помощью алгоритма кластеризации

Алгоритм кластеризации **DBScan** группирует объекты по кластерам, используя параметры: минимальное количество ближайших соседей, расстояние до ближайших соседей и метрика расстояния. Наблюдения/объекты из входной выборки данных, которые не попадают ни в одну группу кластеров, считаются аномалиями или шумами.

При обучении модели используется оптимизация гиперпараметров с помощью метода **GridSearchCV** библиотеки **Sklearn**. Метрика для оптимизации – **Silhouette**, которая учитывает расстояния от объекта до остальных объектов внутри его кластера и до объектов в других кластерах, и принимает значения от -1 до 1. Максимальное значение метрики характеризует лучшую модель с лучшими гиперпараметрами.

В результате работы алгоритма: 1. Создается модель машинного обучения, с лучшими гиперпараметрами, и максимальной метрикой.

2. Отображается список кластеров, с указанием количества объектов в каждом кластере, а также количество объектов, не попавших ни в один из кластеров.

3. Каждому кластеру присваивается отдельная метка (с нумерацией от 0), а аномалиям – метка со значением -1.

4. Аномалиям присваивается флаг со значением 1. Эта информация понадобится в алгоритме бинарной классификации, где понадобится бинарный признак (0 или 1), обозначающий принадлежность наблюдения к кластеру.

5. Трехмерный график с объектами, подкрашенными в соответствии с меткой кластера.

Обучение модели поиска аномалий с помощью бинарной классификации

Алгоритм бинарной классификации **XGBClassifier** создает модель машинного обучения, умеющую распознавать аномалии во входящем трафике данных.

Входными данными для алгоритма является датасет с флагом аномалии (поле **outlier_flag**), полученный в результате работы алгоритма кластеризации (после «обучения без учителя»).

Выполняются операции:

1. В качестве целевого признака выбирается поле **outlier_flag**.

2. Категориальные признаки кодируются методом **ONE** (также как в алгоритме кластеризации), далее над всеми признаками (кроме целевого) проводится стандартизация.

3. Исходный датасет делится на обучающую (80%) и тестовую (20%) выборки. Так как классификация относится к задачам «обучения с учителем», то на 80% датасета модель обучается соотносить наблюдение к аномалиям, а на оставшихся 20% – ответы обученной модели валидируются.

4. Обучение модели выполняется с использованием гиперпараметров:
- *n_estimators* – количество деревьев решений в ансамбле. Подбирается достаточное количество деревьев/базовых моделей, чтобы повысилось качество на обучающей выборке, а качество на тестовой не выходило на асимптоту;
- *max_depth* – максимальная количество деревьев. Для задачи с предположительно большим количеством шумов используется небольшое количество деревьев.
По итогам валидации рассчитывается значение метрики **F1**, характеризующей количество правильных ответов модели. Идеально, когда значение метрики **F1** приближается к 1 (что означает 100% правильность ответов модели).

Для каждого наблюдения предсказывается бинарное значение целевого признака: определяется относится наблюдение к аномалиям или нет. А результат работы обученной модели на тестовой выборке данных отображается в *матрице ошибок*, наглядно отображающей количество правильных ответов модели и количество ошибок (в разрезе прогнозируемых и фактических значений целевого признака).

Поиск корреляции между признаками в датасете

В анализируемом датасете выполняется поиск признаков, имеющих сильную корреляцию. Для этого рассчитывается *коэффициент корреляции* между признаками, принимающий значения от -1 до 1: Значение коэффициента ближе к 1 означает сильную прямую связь, коэффициент ближе к -1 – обратную связь, коэффициент ближе к 0 – отсутствие связи. Задается топ-K значений – количество максимальных значений корреляции, которые попадут в *тепловую диаграмму*. Алгоритм сначала строит матрицу корреляций по всем признакам, представляющей собой квадратную таблицу, столбцы и строки которой – анализируемые

признаки. На пересечении строк и столбцов выводится рассчитанный коэффициент корреляции. На главной диагонали находятся коэффициенты корреляции, равные 1. В этой таблице определяются топ-К максимальных значения корреляции, по которым отбираются признаки для тепловой диаграммы.

Строится тепловая диаграмма, столбцы и строки которой – признаки в датасете, которые имеют сильную положительную или отрицательную корреляцию. Пользователь анализирует какие коэффициенты корреляции значимы, и принимает решение, какие признаки из датасета можно исключить, чтобы улучшить качество анализа данных. Коррелируемые признаки могут быть идентичны (если коэффициент корреляции ближе к 1) и исключение одного признака никак не повлияет на анализ. Некоторые признаки лучше исключить, чтобы улучшить качество анализа.

Поиск аномалий с помощью метода косинусного сходства

В данном алгоритме по заданному набору признаков выполняется поиск похожих наблюдений в общем объеме данных.

Задается *входной вектор*, в котором последовательно перечисляются значения

признаков для анализа. Метод рассчитывает *косинусные расстояния* между вектором и выбранными столбцами в наблюдениях. Косинусное расстояние принимает значения от 0 до 2, где значение 0 означает полное совпадение между наблюдением и заданным вектором.

Формируется таблица с наблюдениями, в которой строки располагаются по мере возрастания рассчитанного косинусного расстояния. Первые топ-к строк в таблице выделяются жирным шрифтом, и имеют наибольшую схожесть с вектором, который предположительно характеризует аномалию.

Обучение модели искусственного интеллекта классификации изображений (нейронная сеть)

Модель ИИ обучается категоризировать изображения на классы. При этом реализована как бинарная классификация, так и многоклассовая.

В данном сценарии пользователь загружает в Систему изображения, которые относятся к тому или иному классу. Эти изображения делятся на обучающую и валидационную выборки, которые в свою очередь делятся на папки – в каждую папку складываются изображения одного класса.

Изображения подаются на вход обучаемой нейронной сети, которая состоит из нескольких слоев: сверточный слой, слой подвыборки и полносвязный слой. Попадая, в первый слой изображение преобразуется. Во всех слоях до полносвязного выполняется предобработка изображения, и выделение различных признаков, которые затем подаются на вход классификатору

Строится *функция потерь*, которая рассчитывает ошибку между реальными и полученными ответами нейронной сети. С помощью *алгоритма градиентного спуска* находится минимальное значение функции потерь, в которой максимизируется вероятность принадлежности к истинному классу для каждого объекта из тренировочной выборки. Точка минимума определяет оптимальные веса нейронной сети, которые соответствуют наилучшей модели.

На валидационной выборке проверяется, насколько хорошо обучилась модель.

Используется для классификации новых изображений, загруженных пользователем с локального компьютера.

Обучение модели кластеризации с применением фреймворка Apache Spark

В рамках решения задач, требующих обработки «больших данных» (файлы и базы данных, содержащих миллионы и более строк), на платформе реализована возможность применения фреймворка Apache Spark, позволяющего оптимизировать и ускорить вычисления и построить модель кластеризации с применением DBSCAN. В результате работы алгоритма:

1. Создается модель машинного обучения, с лучшими гиперпараметрами, и максимальной метрикой.
2. Отображается список кластеров, с указанием количества объектов в каждом кластере, а также количество объектов, не попавших ни в один из кластеров.
3. Каждому кластеру присваивается отдельная метка (с нумерацией от 0), а аномалиям – метка со значением -1.
4. Аномалиям присваивается флаг со значением 1. Эта информация понадобится в алгоритме бинарной классификации, где понадобится бинарный признак (0 или 1), обозначающий принадлежность наблюдения к кластеру.
5. Трехмерный график с объектами, подкрашенными в соответствии с меткой кластера.

Определение кратчайшего расстояния между двумя точками на карте города

В данном сценарии модель ИИ анализирует графические данные карты города, загруженные в формате графа для определения кратчайшего и самого оптимального расстояния между вершинами данного графа.

Встроенный функции позволяют определить:

1. Общее количество вершин и ребер графа.
2. Рассчитать ближайшие от исходной точки графа вершины.
3. Вычислить кратчайшие пути в графе, задав точки отправления и прибытия и количество маршрутов.

В результате работы платформа создает визуализацию в виде карты, на которой отмечен оптимальный маршрут между заданными точками.

1.4.3.4. Визуальный конструктор моделей

Основой системы является универсальный конструктор AI с использованием блок-схем в нотации BPMN 2.0. Конструктор позволяет создавать, обучать модели искусственного интеллекта без необходимости прямого кодирования по принципу drag n drop. Предусмотрена возможность настройки элементов блок-схемы с указанием их параметров.

1.4.3.5. Визуализация результатов работы

Программа позволяет получить графические результаты выполнения алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения, с помощью платформы пользовательских визуализаций Power BI с открытым кодом. Визуализация может осуществляться при помощи графиков, таблиц и диаграмм. Например, это может быть: линейный график временного ряда, график автокорреляции и частичной автокорреляции, декомпозиция временного ряда, свечной график; тепловая, круговая или пузырьковая диаграммы; матрица ошибок и проч. Создавать такие визуализации можно как на рабочих областях, где непосредственно ведется работа с блок-схемами, или в качестве отдельных сущностей на дашбордах.

1.4.3.6. Интеграция с внешними системами

В составе BAUM STORAGE AI v2 реализованы соответствующие адаптеры для обмена данными со смежными системами на базе технологий: DCOM, REST или SOAP. BAUM STORAGE AI v2 имеет возможность загружать данные из смежных систем как в режиме реального времени, так и предоставленные в виде файлов/ баз данных.

1.4.3.7. Конвейер приложений

В платформе реализован конвейер, благодаря которому обученная модель может быть сразу упакована в приложение, без необходимости писать отдельный код. Такое приложение можно скачать и развернуть за пределами программы, интегрировать с внешними системами, настроить получение входных данных и выполнить прогнозы.

1.4.4. Функционал программных модулей

Функциональная схема взаимодействия подсистем и программных модулей приведена в приложении 2 и 3.

1.4.4.1. Подсистема хранения данных

Включает в себя основные базы данных, которые необходимы для работы с данными, в процессе машинного обучения и анализа. Составные части модуля упакованы в изолированные docker-контейнеры и объединены в единый Pod, управляемый посредством Kubernetes.

Модуль хранит «сырые данные», полученные из различных источников, которые прошли проверку качества данных:

- *структурированные и параметризованные данные (временные ряды, числовые данные);*
- *неструктурированные данные (изображения, тексты, таблицы, аудио, видео);*
- *пользовательские блок-схемы, отчеты, модели.*

В модуле предусмотрены следующие возможности:

- *масштабирование;*
- *автоматическое добавление данных в соответствующие базы данных, в соответствии с их типом.*

В качестве баз данных на платформе используются MongoDB и PostgreSQL.

1.4.4.2. Подсистема искусственного интеллекта

Включает в себя модули, обеспечивающие работу искусственного интеллекта:

Модуль анализа данных

Модуль строится на базе существующего программного обеспечения с открытым исходным кодом (с использованием библиотек: Scikit-learn, Pandas, NumPy, SciPy), а также разработанных для Платформы библиотек,

необходимых для выполнения прикладных задач, обработки данных разных типов, структур и размеров.

Модуль библиотек и алгоритмов машинного обучения

Модуль библиотек и алгоритмов машинного обучения строится на базе программного обеспечения с открытым исходным кодом, с использованием библиотек машинного обучения: Scikit-learn, Keras, Spark ML. Предусмотрена возможность обновления библиотек.

Модуль позволяет использовать основные алгоритмы машинного обучения и их ансамбли.

Модуль выполняет следующие функции:

- *решение регрессионных задач;*
- *построение трендовых моделей;*
- *решение задач классификации (бинарной и множественной).*

Модуль библиотек нейронных сетей и глубокого обучения

Модуль библиотек нейронных сетей и глубокого обучения строится на базе программного обеспечения с открытым исходным кодом, с использованием библиотек: TensorFlow, PyTorch, Keras, SparkDL.

В модуле предусмотрено построение основных архитектур нейронных сетей со слоями: Dense, Conv2D, LSTM.

Предусмотрено построение автокодировщиков, которые применяют для предварительного обучения глубокой сети без учителя. Слои обучаются друг за другом, начиная с первых.

Предусмотрено построение многомерного векторного пространства и создание векторно-семантических моделей Word2vec.

Модуль библиотек нейронных сетей и глубокого обучения выполняет следующие функции:

- *решение задач классификации (бинарная и множественная);*
- *возможность настройки гиперпараметров прямо из режима конструктора (активационные функции, функции потерь, оптимайзеры);*
- *визуализация архитектуры нейронной сети.*

1.4.4.3. Подсистема конструктора искусственного интеллекта

Модуль drag n drop конструктор искусственного интеллекта и машинного обучения строится на базе Программного обеспечения, написанного под проект на языке программирования JavaScript.

Модуль drag n drop конструктор выполняет следующие функции:

- *визуальное моделирование – создание блок-схем машинного обучения и нейронных сетей без прямого кодирования;*
- *тонкая настройка параметров элементов блок-схемы;*
- *ввод гиперпараметров алгоритмов;*
- *сохранение шаблонов блок-схем для последующего использования и доработки.*

1.4.4.4. Подсистема графического интерфейса

Модуль GUI строится на базе написанного под проект Программного обеспечения.

Модуль GUI предназначен для взаимодействия пользователя с Платформой. Обеспечивает интуитивно-понятный процесс создания и обучения моделей искусственного интеллекта, их сохранения, создания отчетов.

Модуль GUI выполняет следующие функции:

- *обращение к соответствующим модулям Платформы в режиме пользовательского интерфейса;*
- *использование функционала модулей в режиме пользовательского интерфейса;*
- *гибкая настройка рабочих форм (дашбордов, отчетов, графиков);*
- *переход от режима без кодирования к стандартному режиму с программным кодом.*

1.4.4.5. Подсистема визуализации и формирования пользовательских отчетов

Модуль визуализации и формирования пользовательских отчетов строится на базе программного обеспечения с открытым исходным кодом, с использованием библиотек: Matplotlib, Seaborn, Plotly.

Модуль выполняет следующие функции:

- *отображение ключевых показателей обученных моделей;*

– *формирование отчетов о результатах обучения модели (график обучения, метрики ошибок и качества).*

1.4.4.6. Подсистема логирования и мониторинга

Содержит модуль логирования и модуль мониторинга аппаратной части, которые позволяют осуществлять запись и отслеживание действий пользователей, а также самой системы.

1.4.5. Интегрируемый функционал программных модулей

1.4.5.1. Модуль построения семантических карт

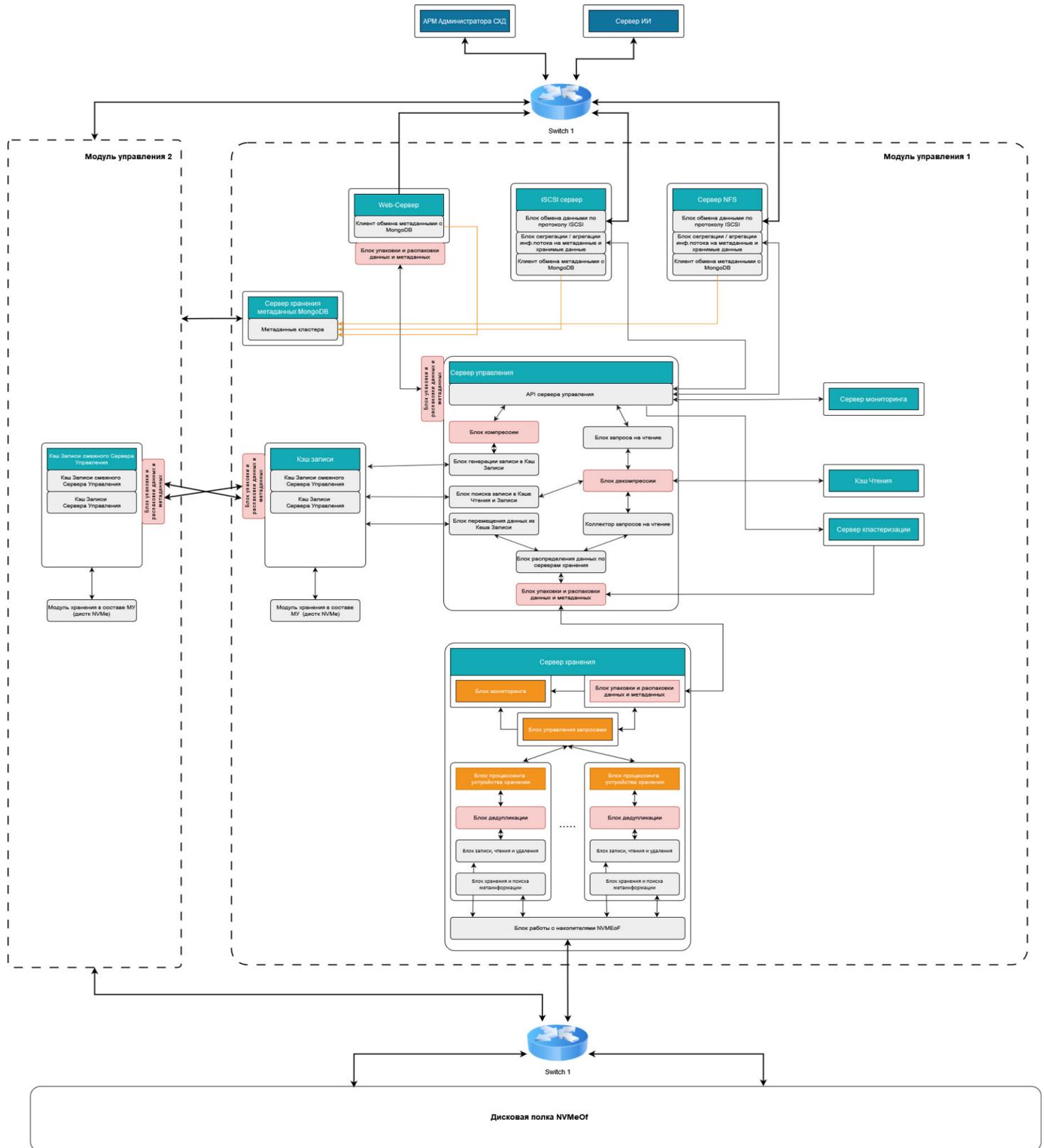
Модуль построения семантических карт (МПСК) на базе алгоритмов искусственного интеллекта осуществляет определение триплет связи, такой как «объект-действие-объект». Это позволяет строить карты семантической близости для определения схожих по смыслу слов и определений. Используя словарь «Мешок слов» (с англ. «bag of words») в МПСК создается некое многомерное пространство, в котором слова синонимы находятся рядом. Система позволяет определять контекст, и понимать как простые словосочетания «Я – инженер», так и более трудные. Это и есть триплет связи. В дальнейшем предполагается использование данной программы в специализированных чат-ботах для решения прикладных задач обработки текстовых массивов.

1.4.5.2. Модуль предварительной обработки неструктурированного текста

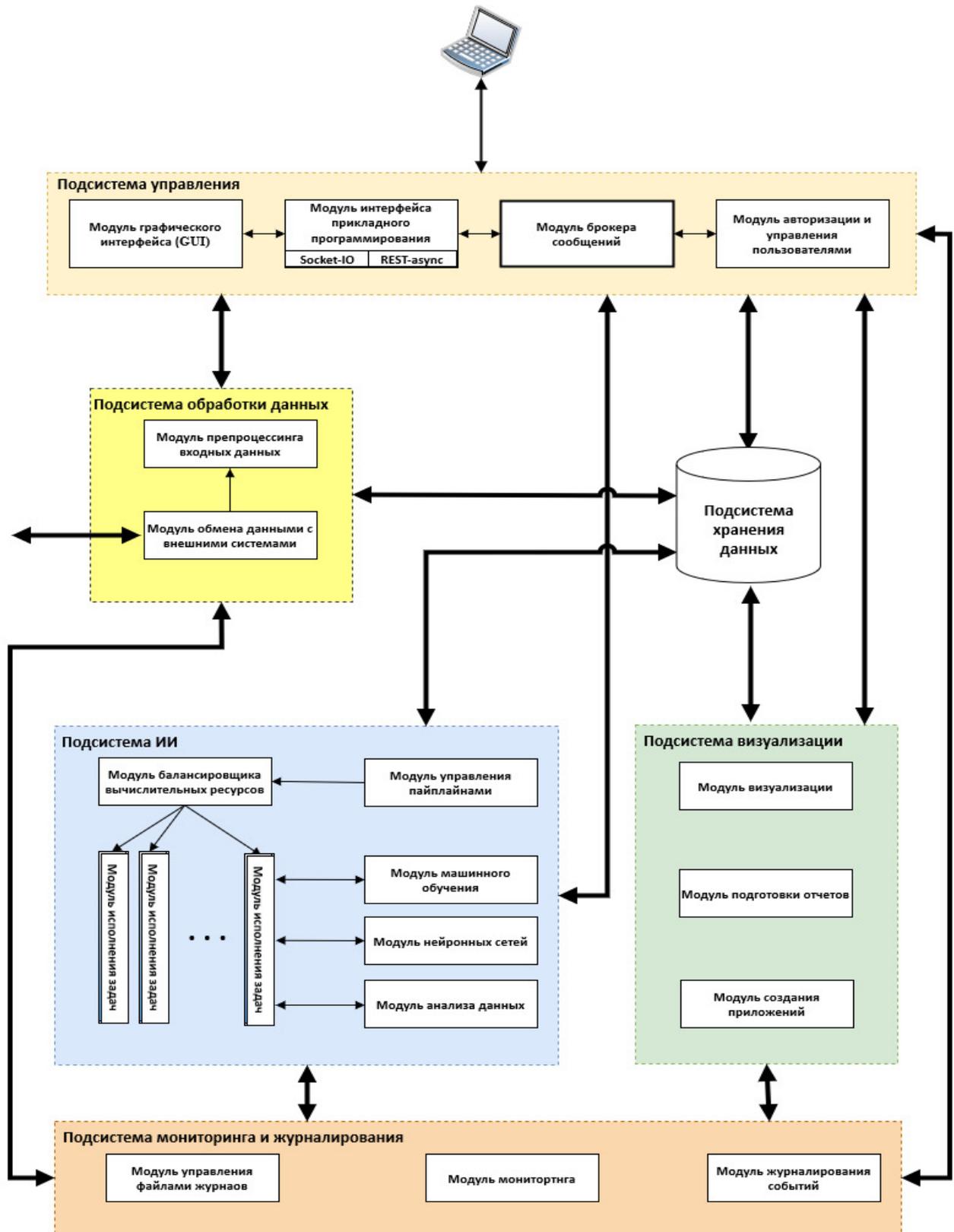
Модуль предварительной обработки неструктурированного текста (МПОНТ) применяет технологии искусственного интеллекта для очистки анализируемого текста от неинформативных признаков («шумных», избыточных, слабо информативных признаков), которые снижают точность анализа. К шуму в тексте относятся следующие признаки: знаки препинания, предлоги, специальные символы. Это позволяет оставить в тексте только нужные признаки, имеющие наиболее тесные взаимосвязи с целевой переменной. На вход МПОНТ поступают неструктурированные данные. Неструктурированные данные, в частности неструктурированный текст, характеризуется рядом признаков, затрудняющих его обработку и анализ программными средствами. При этом текст может иметь некоторую структуру, изначально затрудняющую обработку. Для работы с такими текстами в МПОНТ используются алгоритмы машинного обучения, которые реализованы в данном модуле. Процесс обработки текста в

МНОНТ выглядит так. Текст приводится к нижнему регистру шрифта, и «упрощается» с помощью лемматизации и токенизации. Где лемматизация – это приведение слов в тексте к именительному падежу единственному числу. А токенизация – это процесс разбиения фрагмента текста на более мелкие единицы, называемые токенами. Запуск токенизации позволит создать словарь «Bag of Words» (мешок слов) – упрощенное представление текста, которое используется в обработке естественного языка и информационном поиске. Часто такой словарь применяется в методах классификации документов. В дальнейшем предполагается использование данной программы для обработки, классификации и анализа текстов и документов, сокращая трудозатраты персонала.

Приложение 1. Функциональная схема BAUM STORAGE AI v2



Приложение 2. Функциональная схема BAUM STORAGE AI v2 взаимодействия подсистем (для решения задач ИИ и машинного обучения)



Приложение 3. Взаимодействие ПУ со смежными системами

