

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Андрей Драгомирович Хлутков  
Должность: директор  
Дата подписания: 16.06.2026 20:35:40  
Уникальный программный ключ:  
880f7c07c583b07b775f6604a630281b13ca9fd2

Приложение 4  
к образовательной программе

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.07 Моделирование бизнес-процессов. Process mining  
(индекс, наименование дисциплины, в соответствии с учебным планом)

38.04.05 Бизнес-информатика  
(код,наименование направления подготовки)

«Бизнес-аналитика»  
(наименование образовательной программы)

очная форма обучения  
(форма обучения)

Год набора – 2026

Санкт-Петербург,2026

**Автор(ы)-составитель(и) РПД:**

Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры бизнес-информатики  
Гейда Александр Сергеевич

**Заведующий кафедрой бизнес-информатики**

Доктор военных наук, профессор Наумов Владимир Николаевич

Рабочая программа дисциплины Б1.В.07 «Моделирование бизнес-процессов.  
Process mining» одобрена на заседании кафедры бизнес-информатики СЗИУ  
РАНХиГС.

Протокол № 6 от «26» марта 2026 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание и структура дисциплины
4. Типы оценочных материалов, показатели и критерии их оценивания
5. Формы аттестации, типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся, критерии и шкалы оценивания по контрольным точкам
6. Формы промежуточной аттестации, критерии и шкала оценивания, типовые оценочные материалы по дисциплине
7. Методические материалы по освоению дисциплины
8. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
9. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

# 1.Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Дисциплина Б1.В.03 «Цифровая трансформация бизнеса. Инфономика» обеспечивает формирование у обучающихся следующих универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций\*:

ОТФ/ТФ и реквизиты ПС (при наличии)**	Код компетенции **	Наименование Компетенции **	Код индикатора достижения компетенций **	Наименование индикатора достижения компетенций **	Образовательный результат **
<p>ПС: 08.037 «Бизнес-аналитик»  ОТФ: Е «Управление бизнес-анализом»  ТФ: Е/01.7 «Обоснование подходов, используемых в бизнес-анализе»</p>	<p>ПКс -2</p>	<p>Способен обосновывать подходы, используемые в бизнес-анализе, руководить и управлять бизнес-анализом с использованием информационно-коммуникационных технологий.</p>	<p>ПКс-2.1</p>	<p>Использует современные методы, информационные технологии, программный инструментарий в объеме, необходимом для решения задач бизнес-аналитики, использует англоязычную документацию и справочные системы</p>	<p>ПКс-2.1. 3-1. Знает методы, техники и процессы интеллектуального анализа бизнес-процессов (process mining), включая алгоритмы обнаружения процессов (Alpha Miner, Heuristic Miner, Inductive Miner), проверки конформности и улучшения процессов ПКс-2.1. 3-1. Знает методы, техники и процессы интеллектуального анализа бизнес-процессов (process mining), включая алгоритмы обнаружения процессов (Alpha Miner, Heuristic Miner, Inductive Miner), проверки конформности и улучшения процессов</p> <p>ПКс-2.1. 3-2. Знает языки и инструменты визуального моделирования бизнес-процессов (BPMN, EPC, сети Петри, процессные модели) для представления результатов process mining</p> <p>ПКс-2.1. 3-3. Знает современные информационные технологии и программный инструментарий анализа бизнес-процессов (ProM, PM4Py, Celonis), включая принципы работы с событийными журналами и логами информационных систем</p> <p>ПКс-2.1. У-1. Умеет применять IT-инструменты (приложения и платформы) для обеспечения работ по анализу бизнес-процессов методами process mining, включая загрузку, преобработку и</p>

					<p>анализ событийных данных</p> <p>ПКс-2.1. У-2. Умеет оформлять результаты бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами: визуализировать процессные модели, формировать отчёты о проверке конформности и рекомендациях по оптимизации</p> <p>ПКс-2.1. У-3. Умеет использовать англоязычную документацию и справочные системы при работе с программным инструментарием process mining</p> <p>ПКс-2.1. В-1. Владеет современными методами и программным инструментарием решения задач бизнес-аналитики на основе интеллектуального анализа бизнес-процессов</p>
<p>ПС: 06.015 «Специалист по информационным системам» ОТФ: Д «Управление работами по сопровождению и проектами создания (модификации) ИС, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы» ТФ: Д/01.7 «Организационное и технологическое обеспечение определения первоначальных требований заказчика к ИС и возможности их реализации в ИС»</p>			ПКс-2.2	<p>Решает задачи бизнес-аналитики с использованием современных инструментов ИТ-менеджмента</p>	<p>ПКс-2.2. 3-1. Знает методики описания и моделирования бизнес-процессов, средства моделирования бизнес-процессов и инструменты интеллектуального анализа процессов</p> <p>ПКс-2.2. 3-2. Знает основы реинжиниринга бизнес-процессов организации и подходы к оптимизации процессов на основе данных событийных логов</p> <p>ПКс-2.2. 3-3. Знает современные подходы и стандарты автоматизации организации, программные средства и платформы инфраструктуры информационных технологий для анализа и управления бизнес-процессами</p> <p>ПКс-2.2. У-1. Умеет планировать работы по анализу бизнес-процессов с применением методов process mining в рамках проектов создания (модификации) и сопровождения ИС</p> <p>ПКс-2.2. У-2. Умеет решать задачи бизнес-аналитики с использованием современных инструментов ИТ-менеджмента: выявлять узкие места и отклонения в бизнес-процессах на основе событийных данных, формировать рекомендации по их устранению</p>

					ПКс-2.2. В-1. Владеет навыками решения задач бизнес-аналитики с использованием современных инструментов ИТ-менеджмента для моделирования, анализа и оптимизации бизнес-процессов
--	--	--	--	--	--

\* Дисциплина может формировать компетенцию полностью или частично.

\*\* Должно соответствовать Приложению 1 к образовательной программе

## 2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы

### 2. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы на 144 академ. часов/ 108 астрон. час.

Дисциплина реализуется частично с применением дистанционных образовательных технологий (далее – ДОТ).

Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий: 39 ак. час на контактную работу с преподавателем, из них 8 ак. час на лекции и 20 ак. час на практические занятия, 2 ак. часа на консультацию, 87 ак. час на самостоятельную работу обучающихся.

### Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина изучается в 1-м семестре 2-го курса. Дисциплина Б1.В.07 «Моделирование бизнес-процессов. Process mining» относится к части дисциплин, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана по направлению «Бизнес-информатика» 38.04.05. Преподавание дисциплины опирается на дисциплины программы бакалавриата «Эконометрика», «Методы бизнес-аналитики», «Управленческий анализ», «Оценка и управление инвестиционным проектом».

В свою очередь она создаёт необходимые предпосылки для освоения программ таких дисциплин, как

Б1.В.04 «Управление портфелем продуктов и ИТ-услуг», Б1.В.ДВ.03.02 «Информационная инфраструктура предприятия»,

Б1.В.07 «Управление ИТ-инфраструктурой предприятий / Enterprise IT infrastructure management».

Дисциплина закладывает теоретический и методологический фундамент для овладения умениям и навыками в ходе Б2.О.01(У) «Проектно-аналитическая практика» и Б2.О.02 (Н) «Научно-исследовательская работа».

Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины, используются студентами при выполнении выпускных квалификационных работ.

Формой промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом является экзамен.

### 3. Содержание и структура дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

*Очная форма обучения*

№ п/п	Наименование тем и (или) разделов	ВСЕ–ГО	Объем дисциплины, ак.час										Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	
			Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий							Самостоятельная работа				
			Период теоретического обучения				Период промежуточной аттестации (сессия)							
			Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа		ИК	КСР	КЭ	Кат тэк	К о н т р о л ь	СРкр		СРэк
Л	ВЛ	ЛР	ПЗ											
Тема 1	Общая характеристика моделирования деятельности с использованием больших данных (Big Data). Process Mining. Process Science.	15	2		3								10	Т
Тема 2	Описание событий, состояний, процессов в современных	21	2		3								16	Т

	информационных системах. Моделирование процессов предприятий.													
Тема 3	Альфа-алгоритм. Перспективные алгоритмы распознавания и построения процессов. Распознавание событий, состояний, действий. Построение моделей бизнес-процессов по большим данным.	14	1			3							10	Т
Тема 4	Использование построенных бизнес-процессов. Уточнение моделей. Системы процессной аналитики	21	1			4							16	Т
Тема 5	Имитационное моделирование построенных бизнес-процессов. Системы имитационного моделирования.	19	1			3							15	Т
Тема 6	Оптимизация бизнес-процессов средствами Process Science. Новые направления и	25	1			4							20	Т

	перспективы использования Process Science/Process Mining													
Промежуточная аттестация		29					2							Экзамен
<b>Итого</b>		<b>144/108</b>	<b>8/6</b>			<b>20/15</b>	<b>2</b>						<b>87/65,25</b>	

*Используемые сокращения:*

Л – лекции - занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации обучающимся педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях,).

ВЛ – видео лекции.

ЛР – лабораторные работы.

ПЗ – практические занятия (за исключением лабораторных работ).

ИК – индивидуальные консультации.

КСР – контроль самостоятельной работы

КЭ – консультации перед экзаменом

Каттэк – контактная работа на аттестацию в период экзаменационных сессий

Контроль - контактная работа на аттестацию в период экзаменационных сессий для заочной формы обучения

СРкр – самостоятельная работа на подготовку курсовой работы/ курсового проекта.

СРэк – самостоятельная работа на подготовку к экзамену.

СР – самостоятельная работа в семестре на подготовку к учебным занятиям.

Т – тестирование.

ПКЗ – практические контрольные задания.

ПИЗ – профессионально-исследовательские задания.

В процессе обучения применяются следующие интерактивные формы: лекция-диалог, работа в малых группах, спарринг-партнерство.

Темы 1-6 могут быть освоены с применением ЭО и ДОТ с контролем в системе электронного обучения Академии.

## 3.2. Содержание и структура дисциплины

**Тема 1. Общая характеристика моделирования деятельности с использованием больших данных (Big Data). Process Mining. Process Science. ПКс-2.1. 3-1, 3-2, 3-3.**

Использование больших данных (Big Data) на предприятиях и организациях. Процессный подход. Понятие о майнинге процессов. Process Mining и Process Science.

Знакомство с информационными системами Process Mining, Process Science.

Источники данных. Event Logs. Примеры чтения данных CSV средствами Python и R.

**Тема 2. Описание событий, состояний, процессов в современных информационных системах. Моделирование процессов предприятий. ПКс-2.1. У-1, У-2, У-3.**

Понятия о состоянии, событии, переходе, действии. Представление данных о процессах в различных информационных системах.

Форматы представления данных о процессах. XES, CSV.

Чтение файлов с данными о процессах в Python и R. Сортировка данных о процессах. Чтение данных, как словаря.

Практикум и самостоятельная работа с контролем чтения и представления данных из Event Logs в Python и R.

**Тема 3. Альфа-алгоритм. Перспективные алгоритмы распознавания и построения процессов. Распознавание событий, состояний, действий. Построение моделей бизнес-процессов по большим данным. ПКс-2.1. В-1.**

Альфа – алгоритм распознавания процессов. Ошибки алгоритма. Расчет качества представления.

Эвристический майнинг процессов.

Генетический майнинг.

Майнинг по регионам.

Индуктивный майнинг.

Представление полученных моделей в GraphViz. PyGraphViz.

Практикум и самостоятельная работа с контролем представления процессов из Event Logs в Python PyGraphViz.

**Тема 4. Использование построенных бизнес-процессов. Уточнение моделей. Системы процессной аналитики. ПКс-2.2. 3-1., 3-2, 3-3**

Информационные системы майнинга процессов.

DISCO. PROM. Rapid Miner. KNIME. R miner. PM4Py.

Отечественные разработки.

Примеры использования процессного майнинга.

Использование меток времени, счетчиков событий в Python и R.

Практикум и самостоятельная работа с контролем порождения, уточнения, экспорта и импорта моделей процессов из Event Logs в DISCO, PROM, Rapid Miner, PM4Py.

**Тема 5. Имитационное моделирование построенных бизнес-процессов. Системы имитационного моделирования ПКс-2.2. У-1, У-2, У-3.**

Использование полученных в результате Process Mining моделей бизнес-процессов для анализа и оптимизации бизнес-процессов.

Времена событий и вероятности событий, их расчет. Форматы представления.

Расчет затрат ресурсов. Профили ресурсов, их расчет.

Системы класса Process Science.

Средства имитации бизнес-процессов в R и Python.

Пример использования Process Mining в здравоохранении.

Практикум и самостоятельная работа с моделированием обслуживания пациентов в PM4Py и последующим имитационным моделированием обслуживания.

**Тема 6. Оптимизация бизнес-процессов средствами Process Science. Новые направления и перспективы использования Process Science/Process Mining ПКс-2.2. В-1.**

Поиск узких мест (bottlenecks) в бизнес-процессах. Производительность бизнес-процесса, эффективность бизнес-процесса. Их расчет средствами приложений.

Выявление отклонений в бизнес-процессах средствами Process Science. Согласованность бизнес-процессов.

Поиск быстрых/коротких путей выполнения бизнес-процессов. Прогнозирование проблем выполнения бизнес-процессов средствами Process Science.

Перспективные направления Process Science.

Оптимизация бизнес-процессов. Искусственный интеллект и машинное обучение в Process Science.

Перспективные программные приложения Process Science в РФ. ABBYY timeline. UIPath.

Практикум и самостоятельная работа с анализом отклонений, поиском узких мест и прогнозированием проблем выполнения бизнес-процессов средствами DISCO, PROM, Rapid Miner, PM4Py.

#### **4. Типы оценочных материалов, показатели и критерии оценивания**

4.1. Оценочные материалы по дисциплине Б1.В.07 «Моделирование бизнес-процессов. Process mining» входят в состав оценочных материалов по образовательной программе. Совокупность оценочных материалов по всем дисциплинам образовательной программы составляет фонд оценочных средств (далее – ФОС). ФОС используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с целью оценивания достижения обучающимися планируемых результатов обучения.

4.2. ФОС разработан как комплекс проверочных заданий различного типа и уровня сложности, включает критерии и шкалы оценивания, а также «ключи» правильных ответов. ФОС формируется как отдельный документ и хранится в электронном виде, доступ к ФОС предоставлен ограниченному

кругу лиц.

4.3. Для самостоятельной работы обучающихся при подготовке к текущему контролю успеваемости и промежуточной аттестации в рабочих программах дисциплин размещены типовые проверочные задания, которые можно условно разделить на задания закрытого, комбинированного и открытого типов.

Задания закрытого типа — это тестовые задания, в которых каждый вопрос сопровождается готовыми вариантами ответов, из которых необходимо выбрать один или несколько правильных.

Задания комбинированного типа – это тестовые задания, в которых каждый вопрос сопровождается готовыми вариантами ответов, из которых необходимо выбрать один или несколько правильных и обосновать свой выбор.

Задания открытого типа — это задания, в которых на каждый вопрос должен быть предложен развернутый обоснованный ответ.

В зависимости от типа задания рекомендованы определенная последовательность выполнения и система оценивания выполнения заданий.

#### 4.4. Типы заданий, сценарии выполнения, критерии оценивания

ТИП ЗАДАНИЯ	ИНСТРУКЦИЯ	СЦЕНАРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ
Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа из нескольких вариантов предложенных	Прочитайте текст, выберите правильный ответ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов.</li> <li>2. Внимательно прочитать предложенные вариант-ты ответа.</li> <li>3. Выбрать один верный ответ.</li> <li>4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа (например, 3 или В).</li> </ol>	Ответ считается верным, если правильно указана цифра или буква
Задание закрытого типа на установление соответствия	Прочитайте текст и установите соответствие	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидаются пары элементов.</li> <li>2. Внимательно прочитать оба списка: список 1 – вопросы, утверждения, факты, понятия и т.д.; список 2 – утверждения, свойства объектов и т.д.</li> <li>3. Сопоставить элементы списка 1 с элементами списка 2, сформировать пары элементов.</li> <li>4. Записать попарно буквы и цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа (например, А1 или Б4).</li> </ol>	Ответ считается верным, если правильно указаны цифры или буквы
Задание закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов из нескольких вариантов предложенных	Прочитайте текст, выберите правильные ответы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается несколько правильных ответов из предложенных вариантов.</li> <li>2. Внимательно прочитать предложенные вариант-ты ответа.</li> <li>3. Выбрать несколько правильных ответов.</li> <li>4. Записать только номера (или буквы) выбранного варианта ответа (например, 1 4 или А Г).</li> </ol>	Ответ считается верным, если правильно установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого)
Задание закрытого типа на установление	Прочитайте текст и установите	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается</li> </ol>	Ответ считается верным, если правильно указана вся

последовательности	последовательность	последовательность элементов. 2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа. 3. Построить верную последовательность из предложенных элементов. 4. Записать буквы/цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа в нужной последовательности (например, БВА или 135).	последовательность цифр
Задание комбинированного типа с выбором одного правильного ответа из предложенных и обоснованием выбора	Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов. 2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа. 3. Выбрать один верный ответ. 4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа. 5. Записать аргументы, обосновывающие выбор ответа (например, 4 текст обоснования).	Ответ считается верным, если правильно указана цифра или буква и приведены корректные аргументы, используемые при выборе ответа
Задание открытого типа с развернутым ответом	Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ	1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. 2. Продумать логику и полноту ответа. 3. Записать ответ, используя четкие компактные формулировки. 4. В случае расчетной задачи записать решение и ответ	Ответ считается верным: 1. Отсутствие фактических ошибок. 2. Раскрытие объема используемых понятий (полнота ответа). 3. Обоснованность ответа (наличие аргументов). 4. Логическая последовательность излагаемого материала.

4.5. Общая шкала оценивания результатов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением БРС

Итоговая балльная оценка	Традиционная система	Бинарная система	ECTS	
			Для традиционной системы	Для бинарной системы
95-100	Отлично	Зачтено	A	P/ Passed
85-94			B	P/ Passed
75-84	Хорошо		C	P/ Passed
65-74			D	P/ Passed
55-64			E	P/ Passed
0-54	Неудовлетворительно	Не зачтено	F	F/Failed

Соотношение баллов за текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию, а также повторную промежуточную аттестацию:

Максимальная сумма баллов за текущий контроль успеваемости	Максимальная сумма баллов за промежуточную аттестацию	Максимальная итоговая балльная оценка	Максимальная сумма баллов за повторную промежуточную аттестацию
60 баллов	40 баллов	100 баллов	100 баллов

## 5. Формы аттестации, типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся, критерии и шкалы оценивания по контрольным точкам

5.1. В ходе реализации дисциплины используются следующие формы текущего контроля успеваемости обучающихся (в том числе, задания к контрольным точкам):

О-опрос, Т – тестирование, К-Контроль

### ТЕМА 1 Общая характеристика моделирования деятельности с использованием больших данных (Big Data). Process Mining. Process Science. ПКс-3.2. 3-1, 3-2.

Тестовые задания:

Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа из нескольких вариантов предложенных.

1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов.
2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.

3. Выбрать один верный ответ.

4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа (например, 3 или с).

1. Какое из перечисленных свойств НЕ входит в классическую «модель V» (Volume, Velocity, Variety, Veracity) при описании Big Data применительно к процессным данным?

- a) Volume (объём)
- b) Velocity (скорость)
- c) Validity (валидность)
- d) Variety (разнообразие)

2. Что является ключевым отличием data-driven process management от классического дескриптивного моделирования процессов (например, с помощью BPMN)?

- a) Использование исключительно нотации IDEF0
- b) Извлечение моделей процессов из логов событий (event logs), а не ручное построение
- c) Обязательное применение облачных вычислений
- d) Отказ от любых графических нотаций

3. Какой тип Process Mining отвечает на вопрос: «Насколько реальное выполнение процесса соответствует эталонной (нормативной) модели?»

- a) Discovery (обнаружение)
- b) Conformance (проверка соответствия)
- c) Enhancement (расширение / улучшение)
- d) Prediction (предсказание)

4. Как соотносятся Process Mining и Process Science?

- a) Это полностью синонимичные понятия
- b) Process Mining — это технология извлечения знаний о процессах из данных, а Process Science — более широкая междисциплинарная область, включающая анализ, моделирование, оптимизацию и управление процессами
- c) Process Science — это устаревшее название Process Mining
- d) Process Mining изучает только производственные процессы, а Process Science — любые

5. Какая из перечисленных систем относится к академическим / открытым инструментам Process Mining?

- a) Celonis
- b) Minit
- c) ProM
- d) ABBYY Timeline

**ТЕМА 2. Характеристики данных и информации, как видов активов предприятия. Информация, данные и право собственности. ПКс-3.2. У-1, У-2.**

1. Какой минимальный обязательный набор полей (атрибутов) должен содержать Event Log для корректного применения алгоритмов Process Mining?
  - a) Case ID, Activity, Timestamp
  - b) Case ID, Cost, Resource
  - c) Activity, Resource, Cost
  - d) Timestamp, Cost, Duration
  
2. Какой формат представления логов событий является стандартом де-факто для Process Mining и поддерживает расширения (lifecycle, organisational, semantic)?
  - a) CSV
  - b) JSON
  - c) XML
  - d) XES
  
3. Почему сортировка событий в Event Log критически важна для Process Mining?
  - a) Для уменьшения размера файла лога
  - b) Для корректного восстановления порядка выполнения действий, так как алгоритмы полагаются на хронологию (Timestamp)
  - c) Для шифрования данных о процессах
  - d) Для преобразования лога в формат CSV
  
4. Что обозначает переход (lifecycle transition) «complete» в формате XES?
  - a) Событие началось, но ещё не завершено
  - b) Событие было прервано пользователем
  - c) Событие успешно завершено
  - d) Событие отложено до лучших времён
  
5. Как называется этап ETL-процесса, на котором выполняется маппинг полей журналов транзакций ИС в структуру Case ID – Activity – Timestamp?
  - a) Extraction (извлечение)
  - b) Transformation (трансформация)
  - c) Loading (загрузка)
  - d) Visualization (визуализация)

**ТЕМА 3. Альфа-алгоритм. Перспективные алгоритмы распознавания и построения процессов ПКс-2.1. В-1.**

1. Какое отношение порядка (ordering relation) в альфа-алгоритме (Alpha Miner) означает, что два действия могут выполняться в любом порядке

независимо друг от друга?

- a) Direct succession ( $\rightarrow$ )
- b) Causality ( $\rightarrow>$ )
- c) Parallelism ( $\parallel$ )
- d) Choice ( $\#$ )

2. Какое ограничение HE позволяет корректно обрабатывать альфа-алгоритм (Alpha Miner)?

- a) Длинные последовательности ( $>100$  событий)
- b) Короткие циклы (short loops) длины 1 или 2
- c) Отсутствие временных меток
- d) Наличие более чем 10 различных активностей

3. Какой алгоритм Process Mining использует понятия «зависимость» (dependency) и «порог зависимости» (dependency threshold) для устойчивости к шуму в данных?

- a) Alpha Miner
- b) Heuristic Miner
- c) Genetic Miner
- d) Region-Based Miner

4. Какое свойство гарантирует Inductive Miner для результирующей модели процесса (дерева процессов)?

- a) Максимальная простота (simplicity)
- b) Беззвучность (soundness) – отсутствие тупиков и избыточности
- c) Минимальное время выполнения
- d) Обязательное использование сети Петри

5. Какая метрика качества процессной модели показывает, насколько модель допускает поведения, которых нет в реальном логе (т.е. не является слишком общей)?

- a) Replay fitness
- b) Precision
- c) Generalization
- d) Simplicity

**ТЕМА 4. Использование построенных бизнес-процессов. Уточнение моделей. Системы процессной аналитики ПКс-2.2. 3-1., 3-2, 3-3**

1. Какой инструмент Process Mining реализован как библиотека на языке Python и позволяет выполнять discovery, conformance checking и визуализацию?

- a) DISCO
- b) ProM
- c) PM4Py
- d) RapidMiner

2. Что такое конформационная проверка (Conformance Checking) в Process Mining?

- a) Построение модели процесса с нуля
- b) Добавление в модель временных характеристик
- c) Сравнение реального поведения процесса (из лога) с эталонной моделью
- d) Выявление социальных сетей между исполнителями

3. Какой тип расширения модели (Process Enhancement) подразумевает анализ загрузки исполнителей и выявление ролей (role discovery)?

- a) Performance analysis
- b) Organizational mining
- c) Decision point analysis
- d) Time-based enhancement

4. Какой метод проверки соответствия (conformance) использует выравнивание (alignment) между реальными событиями и моделью, чтобы найти наилучшее соответствие даже при наличии отклонений?

- a) Token-based replay
- b) Alignment-based conformance
- c) Footprint matrix comparison
- d) Direct succession evaluation

5. Какая задача решается с помощью организационного майнинга (Organizational Mining)?

- a) Расчёт среднего времени выполнения кейса
- b) Автоматическое построение сети Петри
- c) Выявление рабочих групп (working together) и оптимизация распределения ресурсов
- d) Прогнозирование следующего действия

## **ТЕМА 5. Имитационное моделирование построенных бизнес-процессов. Системы имитационного моделирования ПКс-2.2. У-1, У-2, У-3.**

1. Какая библиотека Python чаще всего используется для дискретно-событийного имитационного моделирования (DES) процессов?

- a) NumPy
- b) SimPy
- c) Matplotlib
- d) Scikit-learn

2. Что такое «what-if analysis» (сценарный анализ) в контексте имитационного моделирования бизнес-процессов?

- a) Анализ исторических данных за прошлые периоды
- b) Оценка влияния изменений параметров (например, добавление

ресурсов) на показатели процесса без вмешательства в реальную систему

- c) Проверка соответствия модели нормативным документам
- d) Визуализация текущего состояния процесса в реальном времени

3. Какой метод валидации имитационной модели предполагает сравнение результатов симуляции с историческими (реальными) данными?

- a) Анализ чувствительности
- b) Экспертная оценка
- c) Backtesting (ретроспективное тестирование)
- d) Кросс-валидация

4. Какой тип анализа позволяет выявить этап процесса с максимальным временем ожидания или минимальной пропускной способностью?

- a) Social network analysis
- b) Bottleneck analysis (поиск узких мест)
- c) Variant analysis
- d) Decision point analysis

5. Как Process Mining и RPA (роботизация процессов) связаны между собой?

- a) RPA заменяет Process Mining
- b) Process Mining используется для выявления процессов-кандидатов на автоматизацию и оценки их пригодности для RPA
- c) Это конкурирующие технологии, несовместимые в рамках одного проекта
- d) RPA обязательно использует формализм сетей Петри

## **ТЕМА 6. Оптимизация бизнес-процессов средствами Process Science. Новые направления и перспективы использования Process Science / Process Mining ПКс-2.2. В-1.**

1. В чём основное отличие Object-Centric Process Mining от традиционного Process Mining?

- a) Использование исключительно облачных вычислений
- b) Отказ от временных меток
- c) Поддержка нескольких взаимосвязанных объектов (например, заказ, накладная, оплата) вместо одного Case ID
- d) Ориентация только на текстовые логи без числовых данных

2. Что такое предиктивный мониторинг процессов (predictive process monitoring)?

- a) Построение модели процесса по историческим данным
- b) Предсказание будущего поведения выполняющегося кейса (например, оставшееся время, исход)
- c) Имитационное моделирование сценариев «что будет, если»

d) Визуализация развёртки процесса по частотам

3. Какой тип визуализации лучше всего подходит для отображения потоков кейсов между активностями с разной интенсивностью?

- a) Тепловая карта длительностей
- b) Диаграмма Sankey
- c) Столбчатая диаграмма частоты активностей
- d) Круговая диаграмма распределения ресурсов

4. Какое понятие описывает непрерывно обновляемую в реальном времени имитационную модель процесса, интегрированную с потоковыми данными и предиктивной аналитикой?

- a) Static process model
- b) BPMN-диаграмма
- c) Digital Process Twin (цифровой двойник процесса)
- d) Event log в формате CSV

5. Какое этическое и правовое ограничение наиболее актуально при проведении Process Mining с логами информационных систем, содержащими сведения о действиях сотрудников или клиентов?

- a) Сложность установки программного обеспечения
- b) Необходимость соблюдения законодательства о персональных данных (ФЗ-152, GDPR)
- c) Отсутствие стандартов на формат XES
- d) Высокая стоимость лицензий на алгоритмы

5.2. Типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся (вне контрольных точек): приведены в п.6.2.

5.3. Один или несколько тематических блоков дисциплины завершаются контрольной точкой (далее – КТ). Текущий контроль успеваемости по дисциплине предусматривает не менее 2 (двух) и не более 10 (десяти) КТ в течение периода освоения дисциплины.

Максимальное количество баллов за любой тип работ в рамках КТ составляет 100 (сто) баллов.

Распределение весовых коэффициентов по КТ в рамках текущего контроля успеваемости по дисциплине и формулы расчета:

Наименование контрольной точки	Максимальное количество баллов за работу в рамках КТ, которое может набрать студент	Коэффициент веса контрольной точки	Результат контрольной точки, участвующий в формировании итоговой балльной оценки по дисциплине (отражается в журнале БРС в СДО)

КТ - 1	100	0,1	10
КТ - 2	100	0,1	10
КТ- 3	100	0,1	10
КТ - 4	100	0,1	10
КТ-5	100	0,1	10
КТ-6	100	0,1	10
Итого:	x	0,6	60

Формула расчета результата контрольной точки:

Результат контрольной точки = Количество баллов за работу в рамках КТ x Коэффициент веса контрольной точки.

5.4. Формы текущего контроля успеваемости обучающихся в рамках КТ и типовые оценочные материалы:

**КТ-1**

**Тема 1.**

Тестирование.

**КТ-2**

**Тема 2.**

Тестирование.

**КТ-3**

**Тема 3.**

Тестирование.

**КТ-4**

**Тема 4.**

Тестирование.

**КТ-5**

**Тема 5.**

Тестирование.

**КТ-6**

**Тема 6.**

Тестирование.

**Таблица правильных ответов**

**Номер задания**

**Правильный ответ (буква)**

Тема1-1

с

<b>Номер задания</b>	<b>Правильный ответ (буква)</b>
Тема1-2	b
Тема1-3	b
Тема1-4	b
Тема1-5	c
Тема2-1	a
Тема2-2	d
Тема2-3	b
Тема2-4	c
Тема2-5	b
Тема3-1	c
Тема3-2	b
Тема3-3	b
Тема3-4	b
Тема3-5	b
Тема4-1	c
Тема4-2	c
Тема4-3	b
Тема4-4	b
Тема4-5	c
Тема5-1	b
Тема5-2	b
Тема5-3	c

<b>Номер задания</b>	<b>Правильный ответ (буква)</b>
Тема5-4	b
Тема5-5	b
Тема6-1	c
Тема6-2	b
Тема6-3	b
Тема6-4	c
Тема6-5	b

Для каждой формы текущего контроля успеваемости обучающихся в рамках КТ определены критерии оценивания результатов выполнения задания.

*1. Критерии оценивания тестирования:*

Критерии оценки	Диапазон баллов	Описание критерия
<i>Количество правильных ответов</i>	<i>0</i>	<i>Количество правильных ответов менее 55%</i>
	<i>25</i>	<i>Количество правильных ответов от 55% до 64%</i>
	<i>50</i>	<i>Количество правильных ответов от 65% до 74%</i>
	<i>75</i>	<i>Количество правильных ответов от 75% до 84%</i>
	<i>100</i>	<i>Количество правильных ответов от 85% до 100%</i>
<b>Итого максимально:</b>	<b>100</b>	

5.5. Описание дополнительных материалов и оборудования, необходимых для выполнения проверочных заданий (*при необходимости*).

Для решения задач открытого типа (ПКЗ, ПИЗ), тестовых заданий студенту разрешается использование калькулятора; программ для работы с электронными таблицами для обработки, анализа и визуализации данных. Для построения интеллект-карты и моделей в различных нотациях студенту можно использовать любой соответствующий онлайн-инструмент.

## **6. Формы промежуточной аттестации, критерии и шкала оценивания, типовые оценочные материалы по дисциплине**

### **6.1. Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.**

**Экзамен** проводится в устной форме. Обучающийся получает экзаменационный билет с вариантами 3-4 заданий различного типа. На выполнение заданий дается 40-60 минут. По завершении подготовки необходимо представить ответы в устном виде, подробно изложив ход выполнения задания, сделать выводы (при необходимости).

При реализации промежуточной аттестации в ЭО/ДОТ могут быть использованы следующие формы: устно в ДОТ - в форме обоснованных ответов на задания различного типа; письменно в СДО - в форме письменного решения заданий различного типа; тестирование в СДО.

### **6.2. Типовые оценочные материалы промежуточной аттестации.**

Вопросы для подготовки к экзамену:

#### **ЧАСТЬ I. Основные вопросы по изученным темам.**

##### **ТЕМА 1. Общая характеристика моделирования деятельности с использованием больших данных (Big Data). Process Mining. Process Science**

1. Как используются большие данные (Big Data) о процессах на предприятиях и организациях? Раскройте содержание понятия Big Data применительно к процессным данным (объём, скорость, разнообразие, достоверность). Приведите примеры источников процессных данных в корпоративных информационных системах (ERP, CRM, BPM) и объясните, какую бизнес-ценность несёт анализ этих данных.

2. Опишите эволюцию процессного подхода: от классической теории процессов (BPMN, EPC, IDEF0) к подходу на основе данных (data-driven process management). В чём принципиальное отличие дескриптивного моделирования процессов (вручную) от извлечения моделей из логов событий? Каковы преимущества и ограничения каждого подхода?

3. Что такое майнинг процессов (Process Mining)? Дайте определение, опишите предмет и задачи Process Mining. Как Process Mining соотносится с Data Mining и Business Intelligence? Приведите три базовых типа Process Mining (discovery, conformance, enhancement) и раскройте содержание каждого.

4. В чём разница между Process Mining и Process Science? Определите соотношение понятий: Process Mining как технология извлечения знаний о процессах из данных и Process Science как междисциплинарная область, включающая анализ, моделирование, оптимизацию и управление процессами. В чём состоит расширение задач от Process Mining к Process Science?

5. Какие системы Process Mining и Process Science Вы знаете? Приведите классификацию программных средств: коммерческие (Celonis, Minit, АВВУУ Timeline), академические/открытые (ProM, PM4Py), платформы аналитики (KNIME, RapidMiner). Сравните их функциональность, типы поддерживаемых алгоритмов и области применения.

6. Источники данных для Process Mining. Event Logs: как они выглядят, из каких полей состоят (Case ID, Activity, Timestamp, Resource, Cost и др.)? Какие требования предъявляются к качеству данных в Event Logs (полнота, согласованность, упорядоченность)? Приведите пример структуры Event Log в формате таблицы.

7. Каковы основные этапы проектной работы по Process Mining на предприятии? Опишите жизненный цикл процессно-аналитического проекта: от постановки бизнес-вопроса до внедрения результатов оптимизации. Какие роли (process owner, data engineer, process analyst) участвуют на каждом этапе?

8. Какие типичные бизнес-задачи решаются с помощью Process Mining? Приведите примеры из различных отраслей: финансы (комплаенс-контроль), здравоохранение (анализ маршрутов пациентов), логистика (оптимизация цепочек поставок), ИТ (анализ инцидент-менеджмента). В чём состоит экономический эффект от внедрения Process Mining?

9. Какие проблемы качества данных (data quality issues) встречаются в Event Logs и как они влияют на результаты Process Mining? Опишите типичные проблемы: пропущенные события, неверные временные метки, дублирование записей, несогласованные идентификаторы. Как эти проблемы решаются на этапе предобработки?

10. Как соотносятся Process Mining и традиционные методы аудита бизнес-процессов? В чём преимущества процессного майнинга перед выборочным аудитом и экспертным моделированием? Приведите примеры, когда Process Mining выявлял скрытые отклонения, не обнаруживаемые традиционными методами.

## **ТЕМА 2. Описание событий, состояний, процессов в современных информационных системах. Моделирование процессов предприятий**

11. Что такое состояние, событие, переход и действие в контексте процессного моделирования? Дайте определения каждому понятию, приведите примеры их записи в корпоративных информационных системах (статус заказа в ERP, этап обработки заявки в CRM). Как эти понятия связаны между собой в модели процесса?

12. Как представляются данные о процессах в различных информационных системах? Сравните представление процессных данных в системах класса ERP (SAP, 1C), CRM (Salesforce, amoCRM), системах управления инцидентами (ServiceNow, Jira) и системах документооборота. В чём состоят различия в структуре и полноте логов событий?

13. Опишите особенности форматов представления данных о процессах: XES и CSV. Раскройте структуру формата XES (eXtensible Event Stream):

классификация, глобальные атрибуты, расширения (concept, lifecycle, time, organisational, semantic). В чём преимущества XES перед CSV для задач Process Mining? Приведите пример фрагмента XES-файла.

14. Опишите чтение файлов с данными о процессах в Python. Как библиотека PM4Py реализует импорт логов из XES и CSV? Приведите примеры кода для загрузки Event Log, извлечения списка активностей и фильтрации кейсов. Какие типичные ошибки возникают при импорте и как их устранять?

15. Зачем необходима сортировка данных о процессах? Объясните, почему порядок событий в Event Log критичен для корректной работы алгоритмов Process Mining. Как осуществляется сортировка по Timestamp и Case ID в Python (pandas, PM4Py)? К каким искажениям приводит нарушение хронологического порядка?

16. Зачем необходимо чтение данных о процессах как словаря? Объясните, как представление лога в виде словаря (dictionary) в Python используется для быстрого доступа к кейсам, агрегации событий по видам активности и построения частотных таблиц. Приведите пример кода преобразования Event Log в словарь.

17. Как выполняется предварительная обработка (preprocessing) Event Logs? Опишите типичные операции: фильтрация по временному периоду, удаление неполных кейсов, объединение событий с одинаковыми временными метками, конвертация часовых поясов. Как эти операции реализуются в PM4Py?

18. Что такое жизненный цикл события (event lifecycle) в формате XES? Объясните значения переходов lifecycle: start, complete, suspend, resume, ate\_abort. Как учёт жизненного цикла влияет на корректность восстановления модели процесса? Приведите пример, когда игнорирование lifecycle приводит к ошибочной модели.

19. Как осуществляется коннекторы и извлечение данных из корпоративных информационных систем для формирования Event Logs? Опишите типичный ETL-процесс: извлечение из БД (SQL-запросы к журналам транзакций), трансформация (маппинг полей, дедупликация), загрузка в формат XES/CSV. Какие инструменты используются (Apache Airflow, Talend, кастомные скрипты)?

20. Каковы критерии достаточности данных для Process Mining? Как определить минимально необходимый объём Event Log (количество кейсов, плотность событий)? Как статистическая значимость процессных данных влияет на достоверность результатов майнинга?

**ТЕМА 3. Альфа-алгоритм. Перспективные алгоритмы распознавания и построения процессов. Распознавание событий, состояний, действий. Построение моделей бизнес-процессов по большим данным**

21. Опишите основные черты альфа-алгоритма распознавания процессов (Alpha Miner). Раскройте математические основы: отношения порядка (direct succession, causality, parallelism, choice), построение足迹-матрицы (footprint

matrix), получение сети Петри. Какова последовательность шагов алгоритма от Event Log до результирующей модели?

22. Какие ограничения и ошибки альфа-алгоритма Вы знаете? Объясните, почему Alpha Miner не может корректно обработать: короткие циклы (short loops), шум в данных, нестандартные структуры (нетворк-структуры, невидимые переходы). Приведите конкретные примеры логов, на которых Alpha Miner даёт ошибочную модель.

23. Опишите особенности эвристического майнинга процессов (Heuristic Miner). В чём его принципиальное отличие от Alpha Miner? Раскройте понятия: зависимость (dependency), порог зависимости (dependency threshold), положительные/отрицательные наблюдения. Как Heuristic Miner обрабатывает шум и нечастые поведения?

24. Опишите генетический майнинг процессов (Genetic Miner). Раскройте основные элементы генетического алгоритма: хромосома (представление процесса), начальная популяция, функция приспособленности (fitness function), операторы кроссовера и мутации, критерий остановки. В чём преимущества и недостатки Genetic Miner по сравнению с другими алгоритмами?

25. Опишите майнинг по регионам (Region-Based Mining). Что такое теория регионов и как она применяется для восстановления сетей Петри из Event Logs? В чём отличие регионального подхода от альфа-алгоритма? Какие типы моделей он позволяет строить?

26. Опишите особенности индуктивного майнинга (Inductive Miner). Раскройте принцип построения дерева процессов (process tree) через рекурсивное разбиение лога: последовательность (sequence), исключаящий выбор (exclusive choice), параллелизм (parallelism), цикл (loop). Как Inductive Miner гарантирует беззвучность (soundness) результирующей модели?

27. Сравните алгоритмы Process Mining (Alpha Miner, Heuristic Miner, Genetic Miner, Inductive Miner) по критериям: способность обрабатывать шум, гарантия беззвучности модели, масштабируемость на большие логи, качество воспроизведения (replay fitness), точность (precision), обобщённость (generalization), простота (simplicity). Какой алгоритм в каких ситуациях предпочтителен?

28. Как представляются полученные процессные модели в GraphViz и PyGraphViz? Опишите синтаксис DOT-языка для визуализации сетей Петри и блок-схем процессов. Как в PM4Py осуществляется экспорт модели в GraphViz? Приведите пример кода для визуализации результата Inductive Miner.

29. Что такое метрики качества процессной модели? Раскройте четыре базовые метрики: replay fitness (воспроизведение), precision (точность), generalization (обобщённость), simplicity (простота). Как они рассчитываются? Как достигается баланс между ними при выборе алгоритма майнинга?

30. Как реализуется интерактивный майнинг процессов? Опишите подход, при котором аналитик итеративно уточняет модель: фильтрация лога, выбор алгоритма, настройка параметров, оценка результата, повторная фильтрация. Какие инструменты поддерживают интерактивный майнинг (ProM, Celonis, PM4Py)?

#### **ТЕМА 4. Использование построенных бизнес-процессов. Уточнение моделей. Системы процессной аналитики**

31. Какие информационные системы майнинга процессов Вы знаете? Дайте классификацию по типу лицензирования (коммерческие, академические, open-source), по архитектуре (десктопные, облачные, гибридные), по функциональности (discovery, conformance, enhancement, simulation). Приведите обзор рынка Process Mining-инструментов 2024–2025 гг.

32. Опишите особенности DISCO, ProM, RapidMiner, KNIME, R miner, PM4Py. Для каждого инструмента укажите: поддерживаемые алгоритмы майнинга, форматы импорта/экспорта, визуализацию, масштабируемость, целевую аудиторию. В чём преимущества и ограничения каждого?

33. Опишите особенности библиотеки PM4Py как инструмента Process Mining на Python. Раскройте её архитектуру: модули импорта логов, алгоритмы discovery, conformance checking, визуализация, работы с сетями Петри и деревьями процессов. Приведите пример сквозного анализа: от загрузки лога до визуализации модели и проверки согласованности.

34. В каких организациях используется процессный майнинг? Приведите примеры: финансовый сектор (Сбербанк, ВТБ — комплаенс и антифрод), телеком (МТС, Билайн — анализ SLA), здравоохранение (анализ маршрутов пациентов), госсектор (анализ предоставления госуслуг). Каковы типичные результаты внедрения?

35. Как используются метки времени и счётчики событий в Python? Опишите работу с Timestamp в pandas и PM4Py: парсинг форматов дат, вычисление длительности между событиями, агрегация по временным периодам, построение гистограмм длительности. Как счётчики событий (frequency counters) используются для выявления наиболее частых маршрутов процесса?

36. Что такое конформационная проверка (Conformance Checking) и для чего она применяется? Раскройте методы: token-based replay, alignment-based conformance. Как рассчитываются метрики fitness? Приведите пример использования PM4Py для проверки соответствия реального процесса нормативной модели.

37. Как осуществляется расширение моделей процессов (Process Enhancement)? Опишите три типа расширения: расширение модели временными характеристиками (performance analysis), расширение данными о ресурсах (organizational mining), расширение данными о решениях (decision point analysis). Приведите примеры для каждого типа.

38. Как реализуется организационный майнинг (Organizational Mining) в рамках Process Mining? Раскройте задачи: выявление ролей (role discovery), анализ социальной сети (social network analysis), выявление рабочих групп (working together). Какие алгоритмы используются? Как результаты организационного майнинга применяются для оптимизации распределения ресурсов?

#### **ТЕМА 5. Имитационное моделирование построенных бизнес-процессов. Системы**

## имитационного моделирования

39. Как полученные в результате Process Mining модели бизнес-процессов могут быть использованы для анализа и оптимизации бизнес-процессов? Опишите полный цикл: от модели, извлечённой из логов, к имитационной модели, сценарному анализу и рекомендациям по оптимизации. В чём преимущество имитационной модели перед статическим анализом?

40. Как рассчитываются и представляются времена событий и вероятности событий в Python? Опишите извлечение временных интервалов между действиями из Event Log, построение распределений длительности (экспоненциальное, нормальное, эмпирическое), расчёт вероятностей выбора веток в точках принятия решений. Приведите примеры кода на Python/pandas/PM4Py.

41. Как рассчитываются затраты ресурсов в имитационной модели бизнес-процесса? Опишите подходы к учёту стоимости: стоимость рабочего времени ресурсов, стоимость обработки одного кейса, фиксированные и переменные затраты. Как данные о стоимости интегрируются в имитационную модель, извлечённую из Process Mining?

42. Что такое профили ресурсов, как они рассчитываются? Раскройте понятие ресурсного профиля: загрузка ресурса во времени (utilization), распределение задач по ресурсам, выявление перегруженных и недогруженных исполнителей. Как профили ресурсов рассчитываются на основе Event Log средствами PM4Py?

43. Что понимается под системами класса Process Science? Определите отличие Process Science-систем от чистого Process Mining: добавление имитации, предиктивной аналитики, рекомендаций по оптимизации. Какие коммерческие платформы реализуют подход Process Science (Celonis Execution Management System, Signavio)?

44. Какие средства имитации бизнес-процессов в R и Python Вы знаете? Сравните библиотеки: SimPy (Python), simmer (R), интеграция PM4Py + SimPy. Опишите процесс создания имитационной модели на основе процессной модели: параметризация временных распределений, моделирование точек принятия решений, запуск экспериментов.

45. Как осуществляется валидация имитационной модели бизнес-процесса? Опишите методы: сравнение результатов симуляции с историческими данными (backtesting), анализ чувствительности, экспертная оценка. Какие метрики используются для оценки адекватности имитационной модели (среднее время выполнения, пропускная способность, загрузка ресурсов)?

46. Как используется Process Mining в здравоохранении? Опишите кейс моделирования обслуживания пациентов: извлечение модели маршрутов пациентов из логов информационной системы больницы, выявление узких мест (очереди к специалистам), имитационное моделирование сценариев перераспределения ресурсов. Какие этические и правовые ограничения существуют при работе с медицинскими данными?

47. Что такое сценарный анализ (what-if analysis) в имитационном моделировании бизнес-процессов? Как с его помощью оцениваются изменения: добавление/удаление ресурсов, изменение маршрутизации, автоматизация отдельных шагов? Приведите пример сценарного анализа для процесса обработки заявок.

48. Как интегрируются Process Mining и роботизация процессов (RPA)? Опишите подход: выявление процессов-кандидатов на автоматизацию средствами Process Mining, оценка потенциала RPA (объём, повторяемость, стандартизованность), мониторинг роботизированных процессов. Приведите примеры использования UiPath и ABBYY Timeline в интеграции с Process Mining.

**ТЕМА 6. Оптимизация бизнес-процессов средствами Process Science. Новые направления и перспективы использования Process Science / Process Mining**

49. Что такое поиск узких мест (bottlenecks) в бизнес-процессах? Как он реализуется? Дайте определение узкого места как этапа процесса с максимальным временем ожидания или минимальной пропускной способностью. Опишите методы выявления: анализ времени ожидания между действиями, визуализация тепловой карты длительностей, ресурсный анализ. Что такое производительность бизнес-процесса (throughput) и эффективность (efficiency)? Как они рассчитываются? Приведите пример расчёта в PM4Py.

50. Как выявляют отклонения (deviations) в бизнес-процессах средствами Process Science? Опишите типы отклонений: нарушение порядка действий, пропуск обязательных шагов, выполнение несанкционированных действий, дублирование работ. Как методы token-based replay и alignment-based conformance используются для автоматического выявления отклонений? Приведите примеры.

51. Что такое согласованность (conformance) бизнес-процессов и как её оценить? Раскройте методологию: сравнение фактической модели (as-is), извлечённой из логов, с нормативной моделью (to-be). Опишите метрики: fitness, precision, generalization, simplicity. Как рассчитывается комплексная метрика согласованности? Приведите пример анализа conformance в PM4Py.

52. Как реализуется поиск быстрых/коротких путей выполнения бизнес-процессов? Опишите методы: анализ вариантов процесса с минимальным временем выполнения, выявление наиболее частых «счастливых путей» (happy paths), оценка потенциала сокращения длительности. Как реализуется прогнозирование проблем выполнения бизнес-процессов (predictive process monitoring) средствами Process Science?

53. Назовите возможные перспективные направления Process Science. Раскройте: предиктивный мониторинг процессов (predictive process monitoring), рекомендательные системы для исполнителей (prescriptive process analytics), интеграция с IoT и цифровыми двойниками, процессный майнинг в реальном времени (online process mining). Какие научные и технологические вызовы стоят перед каждым направлением?

54. Как можно реализовать оптимизацию бизнес-процессов, представленных в результате Process Mining? Опишите подходы: реинжиниринг на основе выявленных отклонений, перераспределение ресурсов по результатам ресурсного анализа, автоматизация повторяющихся шагов (RPA), упрощение избыточных маршрутов. Как оценивается экономический эффект от оптимизации?

55. Как используются искусственный интеллект и машинное обучение в Process Science? Раскройте задачи: предсказание исхода процесса (outcome prediction), предсказание времени выполнения (remaining time prediction), рекомендация следующего действия (next activity prediction), автоматическая кластеризация вариантов процесса. Какие модели ML применяются (LSTM, random forest, gradient boosting)?

56. Назовите перспективные программные приложения Process Science в РФ. Опишите отечественные разработки и адаптации: АБВУ Timeline, решения на базе Process Mining от КРОК, IBS, Navicon. Каковы особенности российского рынка Process Mining? Какие задачи приоритетны (комплаенс, госзакупки, цифровизация госуслуг)?

57. Что такое цифровая двойниковая модель процесса (Digital Process Twin) и как она связана с Process Mining? Опишите концепцию: непрерывное обновление модели процесса в реальном времени на основе потоковых данных, интеграция с имитационной моделью, предиктивная и предписывающая аналитика. В чём отличие Digital Process Twin от статической процессной модели?

58. Каковы этические и правовые аспекты Process Mining? Опишите риски: нарушение конфиденциальности персональных данных в Event Logs, прозрачность алгоритмов (explainability), влияние рекомендаций Process Science на работников (сокращение персонала, усиление контроля). Какие регуляторные требования (ФЗ-152, GDPR) применяются к данным, используемым в Process Mining?

59. Как Process Mining интегрируется с системой управления процессами организации (BPM/BPMS)? Опишите архитектуру интеграции: от извлечения модели через Process Mining к управлению процессом в BPMS (Camunda, Bizagi), мониторингу исполнения, обратной связи для корректировки модели. Как реализуется замкнутый цикл управления процессом (process intelligence loop)?

60. Что такое Object-Centric Process Mining и в чём его отличие от традиционного Process Mining? Раскройте проблему: классический Event Log привязан к одному Case ID, тогда как реальные процессы охватывают несколько взаимосвязанных объектов (заказ, накладная, оплата). Как OCEL (Object-Centric Event Log) решает эту проблему? Какие алгоритмы используются для объектно-центричного майнинга?

61. Как Process Mining применяется для анализа процессов закупок и госзакупок? Опишите кейс: выявление нарушений в процессе тендерных процедур, анализ соблюдения регламентов (ФЗ-44, ФЗ-223), выявление схем

сговора, оптимизация сроков исполнения контрактов. Какие метрики и визуализации наиболее информативны?

62. Какие методы визуализации результатов Process Mining Вы знаете? Опишите: процессные карты с наложением частот (frequency-based animation), диаграммы Sankey для потоков кейсов, тепловые карты длительностей, графики распределения вариантов (variant analysis), дашборды показателей процесса. Как визуализация помогает в принятии управленческих решений?

## **ЧАСТЬ II. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

63. Опишите возможные способы представления данных о событиях, переходах в информационных системах. Какие форматы данных, кроме текстовых, можно использовать? Раскройте содержание каждого формата: XES (XML-структура с расширениями), CSV (табличное представление), JSON (для потоковых данных и API), Parquet (колоночное хранение для больших объёмов), OCEL (Object-Centric Event Log — для мультимедийных процессов). Сравните форматы по критериям: компактность, скорость чтения/записи, поддержка метаданных, совместимость с инструментами Process Mining. Приведите примеры кода на Python для конвертации между форматами.

64. Опишите возможные способы описания бизнес-процессов по данным из LOG-файлов. Рассмотрите: (а) визуальное представление — сети Петри, BPMN-модели, деревья процессов (process trees), диаграммы переходов состояний (state transition diagrams); (б) аналитическое представление — матрицы порядка (footprint matrices), частотные таблицы, распределения длительностей; (в) графовое представление — направленные графы, взвешенные графы, мультиграфы. Укажите, какие алгоритмы Process Mining (Alpha Miner, Inductive Miner, Heuristic Miner) порождают какие типы представлений. Приведите примеры использования PM4Py для построения каждого типа модели.

65. Разработайте концепцию использования Process Science для учреждения здравоохранения. Включите: (а) описание источников данных (МИС, лабораторные информационные системы, логи приёмных отделений, данные телемедицины); (б) ключевые задачи — анализ маршрутов пациентов, выявление отклонений от клинических протоколов, оптимизация расписания приёмов, прогнозирование загрузки отделений; (в) этические и правовые ограничения (ФЗ-323 об охране здоровья, обезличивание данных, информированное согласие); (г) архитектуру решения (ETL-конвейер, платформа Process Mining, дашборды для врачей и администраторов); (д) оценку экономического эффекта (сокращение времени ожидания, снижение смертности, оптимизация коечного фонда).

66. Разработайте концепцию использования Process Science для транспортной компании. Включите: (а) источники данных (телеметрия GPS/ГЛОНАСС, логи TMS-систем, данные электронных путевых листов, датчики IoT на транспортных средствах); (б) ключевые задачи — анализ

соблюдения маршрутных графиков, выявление неэффективных маршрутов, оптимизация загрузки транспорта, мониторинг топливной эффективности; (в) интеграцию с предиктивным обслуживанием (predictive maintenance) — прогнозирование поломок на основе процессных данных; (г) имитационное моделирование сценариев (изменение расписания, добавление единиц техники, перенаправление грузопотоков); (д) расчёт ROI от внедрения Process Science.

67. Разработайте концепцию использования Process Science для нефтехимической компании. Включите: (а) источники данных (SCADA/DCS, MES-системы, логи лабораторных анализов, системы управления ремонтами, данные IoT-датчиков); (б) ключевые задачи — анализ процессов технического обслуживания и ремонтов (ТОиР), выявление причин отклонений от регламентов производства, оптимизация процессов закупки сырья, мониторинг соблюдения промышленной безопасности; (в) интеграцию Process Mining с цифровыми двойниками технологических установок; (г) конформационный анализ — сравнение фактических процессов с регламентными (конструкция, ПТЭ, ПБ); (д) оценку рисков и экономического эффекта от предотвращения аварий и простоев.

68. Разработайте концепцию использования Process Science для аэропорта. Включите: (а) источники данных (системы управления пассажиропотоком, логи регистрации и досмотра, данные систем обработки багажа, API авиакомпаний о задержках, логи наземного обслуживания); (б) ключевые задачи — анализ процесса прохождения пассажирами всех этапов (от входа до посадки), выявление узких мест в зонах досмотра и регистрации, оптимизация процессов наземного обслуживания воздушных судов, прогнозирование пиковых нагрузок; (в) имитационное моделирование сценариев (изменение конфигурации стоек, открытие дополнительных линий досмотра, перераспределение персонала); (г) интеграцию с системами управления ресурсами аэропорта (ARP); (д) метрики эффективности (среднее время обслуживания, пропускная способность зон, уровень сервиса SLA).

69. Разработайте концепцию использования Process Mining для анализа процесса исполнения государственных контрактов (ФЗ-44, ФЗ-223). Опишите: (а) источники данных (ЕИС закупок, логи электронных торговых площадок, системы финансового исполнения контрактов); (б) задачи — выявление нарушений сроков исполнения этапов, анализ отклонений от типовых маршрутов, обнаружение схем картельного сговора по паттернам процесса, мониторинг эффективности поставщиков; (в) конформационный анализ — сравнение фактического процесса с нормативным (этапы закупки по ФЗ-44); (г) визуализацию для контролирующих органов.

70. Разработайте концепцию интеграции Process Mining с системой роботизации процессов (RPA) на примере бэк-офиса банка. Опишите: (а) этап выявления процессов-кандидатов на автоматизацию с помощью Process Mining (анализ повторяемости, стандартизованности, объёма ручных операций); (б) оценку приоритетности процессов для RPA (матрица «объём × вариативность»); (в) мониторинг роботизированных процессов средствами Process Mining — контроль корректности отработки RPA-ботов; (г) замкнутый

цикл: Process Mining → RPA → Process Mining (оценка эффекта). Приведите пример с UiPath или ABBYY Timeline.

71. Разработайте концепцию использования Object-Centric Process Mining для анализа кросс-функционального процесса «от заказа до оплаты» (Order-to-Cash, O2C). Опишите: (а) проблему привязки событий к одному Case ID в традиционном Process Mining; (б) решение через OCEL — логирование событий с привязкой к нескольким объектам (заказ, отгрузка, счёт, оплата); (в) архитектуру сбора данных из нескольких ИС (CRM + ERP + бухгалтерия); (г) примеры анализа: выявление несоответствий между заказами и оплатами, анализ задержек на стыке подразделений.

72. Разработайте концепцию предиктивного мониторинга бизнес-процессов (Predictive Process Monitoring) для процесса обработки кредитных заявок. Опишите: (а) формирование набора данных — предикторы (характеристики незавершённого кейса) и целевая переменная (исход: одобрение/отклонение/время принятия решения); (б) модели машинного обучения (LSTM, gradient boosting, random forest) для прогнозирования исхода; (в) интеграцию с системой Process Mining — онлайн-мониторинг текущих кейсов и раннее предупреждение о проблемных заявках; (г) оценку качества предиктивной модели (accuracy, AUC-ROC, F1); (д) бизнес-ценность — сокращение времени принятия решений, снижение риска дефолта.

73. Разработайте концепцию организационного майнинга (Organizational Mining) для крупной ИТ-компании. Опишите: (а) извлечение данных о ресурсах из Event Log (кто выполняет каждое действие, какова длительность, какова загрузка); (б) выявление неформальных ролей — сравнение формальной оргструктуры с реальным распределением задач; (в) анализ социальной сети взаимодействий — кто с кем передаёт кейсы, выявление «узких» исполнителей; (г) построение ресурсных профилей и рекомендации по перераспределению нагрузки; (д) визуализацию результатов для руководства.

74. Проведите сравнительный анализ алгоритмов Process Mining (Alpha Miner, Heuristic Miner, Inductive Miner, Genetic Miner) на реальном или синтетическом Event Log. Для каждого алгоритма: (а) постройте модель процесса; (б) рассчитайте метрики качества (fitness, precision, generalization, simplicity); (в) оцените время выполнения и масштабируемость; (г) проанализируйте, как каждый алгоритм обрабатывает шум и нечастые поведения. Сформулируйте рекомендации по выбору алгоритма в зависимости от характеристик лога и бизнес-задачи. Используйте PM4Py для проведения эксперимента.

### **ЧАСТЬ III. ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ**

75. Process Mining in Healthcare — Case Study. Изучите монографию: Mans R.S., van der Aalst W., Vanwersch R.J.B. Process Mining in Healthcare. Evaluating and Exploiting Operational Healthcare Processes. Springer, 2015. Дополните исследование современными кейсами (2022–2025): применение Process Mining для анализа маршрутов пациентов с COVID-19, оптимизация расписаний

приёмов, выявление отклонений от клинических протоколов. Изучите практикум: [https://medium.com/@c3\\_62722/process-mining-with-python-tutorial-a-healthcare-application-part-1-ae02027a050](https://medium.com/@c3_62722/process-mining-with-python-tutorial-a-healthcare-application-part-1-ae02027a050) — воспроизведите пример в PM4Py на доступном наборе данных.

76. Методы оптимизации в Python для задач Process Mining. Изучите: библиотеку `scipy.optimize` (линейное и нелинейное программирование), PuLP и Pyomo (задачи целочисленного программирования для распределения ресурсов), генетические алгоритмы (DEAP). Приведите пример постановки задачи оптимизации процесса: минимизация общего времени выполнения при ограничениях на ресурсы. Как методы оптимизации интегрируются с результатами Process Mining (параметры модели как входные данные оптимизационной модели)?

77. Библиотеки имитационного моделирования в Python для задач Process Mining. Изучите: SimPy (дискретно-событийное моделирование), интеграцию PM4Py + SimPy для имитации процессов, извлечённых из логов. Освойте: параметризацию имитационной модели (распределения длительностей, вероятности ветвления), запуск многократных экспериментов, анализ результатов (среднее время выполнения, загрузка ресурсов, пропускная способность). Приведите пример имитации процесса из Event Log.

78. Перспективы использования Process Science. Изучите текущие исследования и тренды (2022–2025): (а) предиктивный мониторинг процессов (predictive process monitoring); (б) предписывающая аналитика (prescriptive process analytics); (в) онлайн-майнинг процессов в реальном времени (stream/process mining); (г) объектно-центричный Process Mining (OCEL); (д) интеграция с генеративным ИИ для автоматической интерпретации результатов. Какие научные задачи остаются нерешёнными?

79. Перспективы интеграции технологий Process Science с информационными системами предприятия. Изучите архитектуры интеграции: (а) Process Mining + ERP (SAP Signavio, 1С:Предприятие); (б) Process Mining + BPMS (Camunda, Bizagi — замкнутый цикл управления процессом); (в) Process Mining + RPA (UiPath, ABBYY — выявление кандидатов на автоматизацию и мониторинг ботов); (г) Process Mining + Data Warehouse (Apache Kafka для потоковых данных, Snowflake для хранения логов). Опишите типичную архитектуру процессно-аналитической платформы предприятия.

80. Перспективы использования технологий Process Science для оперативного управления предприятиями. Изучите: (а) оперативный мониторинг процессов (real-time process dashboards); (б) систему раннего предупреждения (alerting на основе отклонений); (в) рекомендации операторам в реальном времени (prescriptive analytics); (г) интеграцию с системами класса АРМ (Application Performance Monitoring) и ИТSM (ServiceNow). Как Process Science трансформирует роль process owner и операционного менеджера?

81. Цифровые двойники процессов (Digital Process Twins) и Process Mining. Изучите концепцию: непрерывно обновляемая модель процесса, синхронизированная с реальным потоком событий. В чём отличие от статической модели? Какие платформы реализуют концепцию (Celonis EMS,

SAP Signavio)? Как Digital Process Twin интегрируется с имитационным моделированием и предиктивной аналитикой? Приведите примеры кейсов.

82. Этические и правовые аспекты Process Mining. Изучите: (а) риски обработки персональных данных в Event Logs (ФЗ-152, GDPR, обезличивание); (б) проблему объяснимости (explainability) — может ли сотрудник понять, почему система flagged его действия как отклонение; (в) влияние Process Mining на трудовые отношения (мониторинг производительности, риск сокращения персонала); (г) ответственное использование Process Science (responsible process mining). Разработайте рекомендации по этичному внедрению Process Mining в организации.

83. Отечественные решения и рынок Process Mining в Российской Федерации. Изучите: (а) АБВУТ Timeline — архитектура, функциональность, кейсы; (б) решения интеграторов (КРОК, IBS, Navicon) на базе Celonis и собственных разработок; (в) перспективы импортозамещения; (г) приоритетные отрасли — госсектор (анализ предоставления госуслуг), финансы (комплаенс), промышленность (ТОиР). Каков объём рынка Process Mining в РФ (2023–2025)? Какие барьеры сдерживают внедрение?

84. Конформационный анализ и аудит соответствия (Conformance Checking) — теория и практика. Изучите: (а) метод token-based replay — алгоритм, достоинства, ограничения; (б) метод alignment-based conformance — оптимальное выравнивание, стоимость отклонений; (в) метрики fitness, precision, generalization; (г) практику применения в PM4Py — загрузка нормативной модели и лога, расчёт конформации, визуализация отклонений. Приведите пример аудита процесса на соответствие регламенту (ISO 9001, внутренний стандарт организации).

**Экзамен может быть проведен в тестовой форме в LMS Moodle.**

*Типовые задания для экзамена.*

Тип задания	Сценарии выполнения	Типовые задания (по дисциплине «Process Mining / Process Science»)
<b>Задание закрытого типа (выбор одного ответа)</b>	1. Внимательно прочитать текст задания. 2. Прочитать все варианты ответов. 3. Выбрать один верный. 4. Записать номер (или букву)	1. Какое из свойств НЕ входит в классическую «модель V» (Volume, Velocity, Variety, Veracity) применительно к процессным данным Big Data? а) Volume (объём) б) Velocity (скорость) в) Validity (валидность) г) Variety (разнообразие)

Тип задания	Сценарии выполнения	Типовые задания (по дисциплине «Process Mining / Process Science»)
	выбранного варианта.	<p>2. Какой тип Process Mining отвечает на вопрос: «Насколько реальное выполнение процесса соответствует эталонной модели?»</p> <p>а) Discovery б) Conformance в) Enhancement г) Prediction</p> <p>3. Какой минимальный набор полей обязательно должен содержать Event Log?</p> <p>а) Case ID, Activity, Timestamp б) Case ID, Cost, Resource в) Activity, Resource, Cost г) Timestamp, Cost, Duration</p>
<b>Задание открытого типа (развёрнутый ответ)</b>	<p>1. Прочитать вопрос, определить аспекты.</p> <p>2. Составить план ответа (определения, свойства, примеры, связи).</p> <p>3. Изложить ответ логично, с опорой на теорию и примеры.</p> <p>4. Привести не менее 2-3 аргументов / примеров.</p>	<p>1. Опишите эволюцию процессного подхода: от классической теории процессов (BPMN, EPC, IDEF0) к подходу на основе данных (data-driven). В чём отличие дескриптивного моделирования от извлечения моделей из логов событий?</p> <p>2. Раскройте содержание трёх базовых типов Process Mining (discovery, conformance, enhancement). Для каждого приведите пример бизнес-задачи.</p> <p>3. Объясните, почему порядок событий в Event Log критичен. Какие искажения возникают при нарушении</p>

Тип задания	Сценарии выполнения	Типовые задания (по дисциплине «Process Mining / Process Science»)
		хронологического порядка?
<b>Задание на установление соответствия</b>	<p>1. Изучить левый и правый столбцы.</p> <p>2. Для каждого элемента левого столбца найти соответствующий из правого.</p> <p>3. Записать пары в виде «буква – цифра» или таблицей.</p>	<p>1. Установите соответствие между алгоритмом Process Mining и его характеристикой:</p> <p>1) Alpha Miner → B) Не может корректно обрабатывать короткие циклы</p> <p>2) Heuristic Miner → A) Использует dependency threshold для устойчивости к шуму</p> <p>3) Inductive Miner → B) Строит дерево процессов, гарантирует soundness</p> <p>2. Установите соответствие между форматом данных и его описанием:</p> <p>1) XES → B) Стандарт IEEE, поддерживает lifecycle, organisational, semantic</p> <p>2) CSV → A) Простой табличный формат, не поддерживает жизненный цикл</p> <p>3) OCEL → B) Объектно-центрированный лог, несколько взаимосвязанных объектов</p>
<b>Задание на анализ кейса</b>	<p>1. Прочитать описание ситуации.</p> <p>2. Выявить ключевую проблему или задачу.</p>	<p><b>Кейс (финансы):</b> Банк анализирует процесс одобрения кредитов через Process Mining. В лог обнаружены кейсы, где после «Проверка СБ» иногда идёт «Доп. скоринг», а иногда сразу «Отказ». Нормативная модель требует после «Проверки СБ» всегда</p>

Тип задания	Сценарии выполнения	Типовые задания (по дисциплине «Process Mining / Process Science»)
	<p>3. Применить теоретические знания (алгоритмы, метрики).</p> <p>4. Сформулировать обоснованный ответ с аргументацией.</p>	<p>«Скоринг».</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>а) Какой тип Process Mining здесь применим? (conformance)</li> <li>б) Как метод alignment-based conformance выявит отклонения?</li> <li>в) Какие метрики (fitness, precision) изменятся?</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Кейс (логистика):</b> 30% кейсов содержат событие «Переназначение водителя» с долгим ожиданием.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>а) Какой метод (bottleneck, variant) поможет?</li> <li>б) Какие визуализации (тепловая карта, Sankey) информативны?</li> <li>в) Предложите 2 сценария what-if анализа.</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Задание на заполнение таблицы / схемы</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определить критерии и заголовки.</li> <li>2. Восстановить пропущенные элементы, используя знания.</li> <li>3. Проверить логическую согласованность.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Заполните таблицу сравнения алгоритмов (Alpha, Heuristic, Inductive) по критериям: обработка шума, гарантия soundness, масштабируемость, поддержка short loops.</li> <li>2. Постройте схему ETL для формирования Event Log из ИС (SAP, 1C): <ul style="list-style-type: none"> <li>— источники данных (таблицы, журналы);</li> <li>— трансформация (маппинг, дедупликация);</li> <li>— формат выхода (XES/CSV).</li> </ul> </li> </ol>

Тип задания	Сценарии выполнения	Типовые задания (по дисциплине «Process Mining / Process Science»)
		<p>3. Заполните пропуски в шагах альфа-алгоритма:</p> <p>Шаг 1 – построить _____ отношений.</p> <p>Шаг 2 – построить _____ матрицу.</p> <p>Шаг 3 – получить _____ Петри.</p>
<b>Задание на перечисление и группировку</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вспомнить соответствующий раздел теории.</li> <li>2. Перечислить не менее заданного числа элементов.</li> <li>3. При необходимости сгруппировать или классифицировать.</li> <li>4. Записать маркированным списком.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перечислите не менее пяти проблем качества данных в Event Logs и кратко опишите влияние на результат майнинга.</li> <li>2. Назовите четыре базовые метрики качества процессной модели (fitness, precision, generalization, simplicity). Для каждой укажите, что она измеряет.</li> <li>3. Приведите примеры не менее трёх перспективных направлений Process Science: <ul style="list-style-type: none"> <li>— предиктивный мониторинг;</li> <li>— объектно-центричный майнинг (OSPM);</li> <li>— цифровые двойники процессов. Для каждого опишите одну бизнес-задачу</li> </ul> </li> </ol>

### 6.3. Критерии и шкала оценивания на основе БРС.

*Критерии и балльная шкала определяются преподавателем*

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ	РЕЗУЛЬТАТ В БАЛЛАХ
<p><i>Дан полный, в логической последовательности развернутый ответ на поставленный вопрос, где он продемонстрировал знания предмета в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину, самостоятельно, и исчерпывающе отвечает на дополнительные вопросы, приводит собственные примеры по проблематике поставленного вопроса, решил предложенные практические задания без ошибок</i></p>	<p>40</p>

<p><i>Дан развернутый ответ на поставленный вопрос, где студент демонстрирует знания, приобретенные на лекционных и семинарских занятиях, а также полученные посредством изучения обязательных учебных материалов по курсу, дает аргументированные ответы, приводит примеры, в ответе присутствует свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается неточность в ответе. Решил предложенные практические задания с небольшими неточностями.</i></p>	<p>30-39</p>
<p><i>Дан ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой дисциплины, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы, знанием основных вопросов теории, слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры, недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа и решении практических заданий.</i></p>	<p>20-29</p>
<p><i>Дан ответ, который содержит ряд серьезных неточностей, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы, незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов, неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Выводы поверхностны. Решение практических заданий не выполнено, т.е. студент не способен ответить на вопросы даже при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</i></p>	<p>0-19</p>

6.4. Описание дополнительных материалов и оборудования, необходимых для выполнения проверочных заданий (*при необходимости*).

Для решения тестовых заданий, задач открытого типа (ПКЗ, ПИЗ), студенту разрешается использование калькулятора; программ для работы с электронными таблицами для обработки, анализа и визуализации данных. Для построения интеллект-карты и моделей в различных нотациях студенту можно использовать любой соответствующий онлайн-инструмент.

## 7. Методические материалы по освоению дисциплины

Для изучения основных вопросов образовательной программы необходимо конспектировать материалы лекций, работать с рекомендованной преподавателем литературой, а также ресурсами информационно-телекоммуникационной сети «Интернет». Для приобретения навыков активного использования знаний полезно обсуждать плановые и возникающие вопросы, а также решаемые задачи на практических занятиях. Чтобы легче и прочнее усвоить материал следует постоянно использовать конкретные примеры, сравнения из уже полученных областей наук.

Для закрепления изученного материала даны вопросы по каждой теме

дисциплины, на которые следует самостоятельно найти ответы.

Важной составной частью учебного процесса в вузе являются практические занятия. Практические занятия проводятся главным образом по дисциплинам, требующим закрепления навыков решения задач, и помогают студентам глубже усвоить учебный материал, приобрести умения применять принципы системного подхода к решению разнообразных задач, определять и оценивать ресурсы и существующие ограничения разного рода проектов.

При подготовке к практическим занятиям необходимо проанализировать конспект лекции, ознакомиться с рекомендованной литературой по соответствующей теме, осуществить подготовку по рекомендованным в рабочей программе вопросам для обсуждения темы, выполнить домашнее задание (при необходимости).

Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. В процессе подготовки к занятиям рекомендуется взаимное обсуждение материала, во время которого закрепляются знания, а также приобретает практика в изложении и разъяснении полученных знаний, развивается речь. При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю (в том числе по электронной почте). Планируя консультацию, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения. Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам. Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студентов. Они помогают понять построение изучаемого материала, выделить основные положения, проследить их логику. Кроме того, ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у студента, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд методических материалов для быстрого повторения изученных вопросов, для мобилизации накопленных знаний. Особенно важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе.

После изучения базовых тем курса проводится текущий контроль знаний студентов в виде опроса или письменного тестирования. Типовые тесты и задания по темам дисциплины приведены в специальном разделе данной рабочей программы.

Подготовка к текущему и промежуточному контролю предполагает изучение представленных вопросов к зачету, работу над тестами,

представленными в данной рабочей программе, выполнение семестровой проектной работы по применению системного подхода и методов системного анализа к выбранной системе.

Работа в малых группах – это одна из самых популярных форм проведения занятий, так как она дает всем обучающимся (в том числе и стеснительным) возможность участвовать в работе, практиковать навыки сотрудничества, межличностного общения (в частности, умение активно слушать, вырабатывать общее мнение, разрешать возникающие разногласия). Цель данной формы проведения занятий: продемонстрировать сходство или различия определенных явлений, выработать стратегию или разработать план, выяснить отношение различных групп участников к одному и тому же вопросу. В ходе этой работы дополнительно решаются следующие задачи: развитие навыков общения и взаимодействия в группе, формирование ценностно-ориентационного единства группы, поощрение к гибкой смене социальных ролей в зависимости от ситуации.

Группа студентов делится на несколько малых групп. Количество групп определяется числом творческих заданий, которые будут обсуждаться в процессе занятия. Малые группы формируются либо по желанию студентов, либо по родственной тематике для обсуждения. Каждая малая группа обсуждает творческое задание в течение отведенного времени. Основным этапом – проведение обсуждения творческого задания. Заслушиваются суждения, предлагаемые каждой малой группой по творческому заданию. Преподаватель дает оценочное суждение и работе малых групп, по решению творческих заданий, и эффективности предложенных путей решения.

В качестве самостоятельной работы студентами выполняется семестровая работа по применению системного подхода и методов системного анализа к выбранной системе по всем темам. Рекомендуется выбрать организационно-техническую систему. Перед выполнением задания по теме 1 выбранную систему необходимо согласовать с преподавателем. При выполнении заданий по темам могут использоваться представленные студентом материалы по предыдущим темам. Выполненная семестровая работа представляется студентом на открытой защите на промежуточной аттестации.

## **8. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет**

### **8.1. Основная литература**

1. Параскевов, А. В. Большие данные : учебник / А. В. Параскевов, А. Э. Сергеев. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. — 148 с. — ISBN 978-5-9729-2120-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www-iprbookshop.ru.ezproxу.ranepa.ru:2443/143597.html> (дата обращения: 12.05.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Миркин, Б. Г. Базовые методы анализа данных : учебник и практикум для вузов / Б. Г. Миркин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 261 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18842-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт : [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/551786> (дата обращения: 12.05.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Анализ данных : учебник для вузов / под редакцией В. С. Мхитаряна. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 448 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19964-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт : [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/560311> (дата обращения: 12.05.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4. Каменнова, М. С. Моделирование бизнес-процессов : учебник и практикум для вузов / М. С. Каменнова, В. В. Крохин, И. В. Машков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 534 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16695-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт : [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/568546> (дата обращения: 12.05.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5. Громов, А. И. Управление бизнес-процессами: современные методы : монография / А. И. Громов, А. Фляйшман, В. Шмидт ; под редакцией А. И. Громова. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 367 с. — (Актуальные монографии). — ISBN 978-5-534-03094-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт : [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/560423> (дата обращения: 12.05.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6. Татарникова, Т. М. Интеллектуальный анализ данных : учебное пособие / Т. М. Татарникова. — Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. — 172 с. — ISBN 978-5-9729-1772-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www-iprbookshop.ru.ezproxy.ranepa.ru:2443/143351.html> (дата обращения: 12.05.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

7. Тавасиева, З. Р. Управление бизнес-процессами : учебник для вузов / З. Р. Тавасиева. — Москва : Прометей, 2025. — 306 с. — ISBN 978-5-00172-781-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www-iprbookshop.ru.ezproxy.ranepa.ru:2443/157411.html> (дата обращения: 12.05.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

8. Грибанов, Ю. И. Цифровая трансформация бизнеса : учебное пособие / Ю. И. Грибанов, М. Н. Руденко. — 4-е изд. — Москва : Дашков и К, 2025. — 213 с. — ISBN 978-5-394-06037-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www-iprbookshop.ru.ezproxy.ranepa.ru:2443/144176.html> (дата обращения: 12.05.2026). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

Все источники основной литературы взаимозаменяемы.

## 8.2. Дополнительная литература

9. Van der Aalst, W. M. P. Process Mining: Data Science in Action / W. M. P. van der Aalst. — 2nd ed. — Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2016. — 470 p. — ISBN 978-3-662-49851-4. — Текст : электронный // URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-49851-4>
10. Process Mining Handbook / W. M. P. van der Aalst, J. Carmona (eds.). — Cham : Springer, 2022. — 564 p. — (Lecture Notes in Business Information Processing; vol. 448). — ISBN 978-3-031-08847-6. — Текст : электронный // URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-08848-3>
11. Mans, R. S., van der Aalst, W., Vanwersch, R. J. B. Process Mining in Healthcare: Evaluating and Exploiting Operational Healthcare Processes / R. S. Mans, W. van der Aalst, R. J. B. Vanwersch. — Springer, 2015. — 186 p. — ISBN 978-3-319-16070-3.
12. Szelągowski, M. Dynamic Business Process Management in the Knowledge Economy: Creating Value from Intellectual Capital / M. Szelągowski. — 2nd ed. — Cham : Springer, 2023. — ISBN 978-3-031-35544-9.
13. Ferreira, D. R. A Primer on Process Mining: Practical Skills with Python and Graphviz / D. R. Ferreira. — New York : Springer, 2023. — ISBN 978-3-031-28978-8.
14. Назаров, Д. М. Data Science и интеллектуальный анализ данных : учебное пособие / Д. М. Назаров, С. В. Бегичева, Д. Б. Ковтун, А. Д. Назаров. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-4497-1931-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www-iprbookshop-ru.ezproxy.ranepa.ru:2443/127201.html> (дата обращения: 12.05.2026). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

## 8.3. Нормативные правовые документы и иная правовая информация

15. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ (ред. от 14.04.2023) «О персональных данных» // Собрание законодательства РФ. — 2006. — № 31 (1 ч.). — Ст. 3451.
16. Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» // Собрание законодательства РФ. — 2006. — № 31 (1 ч.). — Ст. 3448.
17. Приказ Минобрнауки России от 19.11.2013 № 1259 (ред. от 05.04.2016) «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования — программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)» (Зарегистрировано в Минюсте России 28.01.2014 № 31137).
18. ГОСТ Р 58591-2019. Интеллектуальная собственность. Бухгалтерский учёт и нематериальные активы. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200168604>

## 8.4 Интернет-ресурсы

СЗИУ располагает доступом через сайт научной библиотеки

<http://nwapa.spb.ru/>:

19. <https://www-iprbookshop-ru.ezproxy.ranepa.ru:2443/143597.html>
20. <https://www-iprbookshop-ru.ezproxy.ranepa.ru:2443/127201.html>
21. <https://www-iprbookshop-ru.ezproxy.ranepa.ru:2443/157411.html>
22. <https://www-iprbookshop-ru.ezproxy.ranepa.ru:2443/133973.html>

### Русскоязычные ресурсы:

23. <https://www.ramax.ru/directions/povyshenie-effektivnosti-biznes-protsesov/process-mining/> — РАМАКС: Process Mining-решения для повышения эффективности бизнес-процессов.
24. <https://www.abbyy.com/ru/timeline/> — ABBYY Timeline: платформа процессной аналитики (Process Mining).
25. <https://proceset.infomaximum.com/> — Proceset (Инфомаксимум): платформа процессного майнинга.
26. <https://pm4py.fit.fraunhofer.de/> — PM4Py: библиотека Process Mining для Python (документация, примеры, руководства).

### 7.5. Иные источники.

27. <https://pm4py.fit.fraunhofer.de/> — PM4Py: официальная документация и учебные материалы по Process Mining на Python.
28. [https://medium.com/@c3\\_62722/process-mining-with-python-tutorial-a-healthcare-application-part-1-ae02027a050](https://medium.com/@c3_62722/process-mining-with-python-tutorial-a-healthcare-application-part-1-ae02027a050) — Process Mining with Python Tutorial: A Healthcare Application.
29. <https://www.processmining.org/> — Официальный портал Process Mining (TU Eindhoven): учебные материалы, видеолекции, базы данных Event Logs.
30. <https://www.celonis.com/blog/what-is-process-mining> — Celonis: вводные статьи и кейсы по Process Mining.
31. <https://www.kdnuggets.com/2017/11/process-mining-r-introduction.html> — Introduction to Process Mining with R.
32. <https://towardsdatascience.com/introduction-to-process-mining-5f4ce985b7e5> — Introduction to Process Mining: базовые концепции и примеры.
33. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/07/process-mining-and-algorithms-an-introduction/> — Process Mining and Algorithms: An Introduction.

## 9. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

№ п/п	Наименование
1.	Специализированные залы для проведения лекций, оснащенные персональным компьютером/ноутбуком и мультимедийным

	проектором
2.	Аудитории и компьютерные классы, оборудованные посадочными местами и персональными компьютерами с выходом в Интернет для проведения практических занятий
3.	Пакет MS Office 2017, Ramus Educational, StarUML, SilaUnion, Archi.
4.	«МТС Линк» — российская платформа для онлайн-коммуникаций и совместной работы команд ; «Яндекс Телемост» — сервис для видеоконференций от Яндекса; Я-мессенджер
5.	Технические средства обучения: персональные компьютеры; программные средства, обеспечивающие просмотр видеофайлов в форматах AVI, MPEG-4, DivX, RMVB, WMV; программы для работы с электронными таблицами для обработки, анализа и визуализации данных; соответствующие онлайн-инструменты для построения интеллект-карты и моделей в различных нотациях
6.	Научная библиотека (в т.ч. электронные информационные ресурсы научной библиотеки)
7.	СДО Академии <a href="https://lms.ranepa.ru/">https://lms.ranepa.ru/</a>