

**УТВЕРЖДЕНА**

Решением Ученого совета  
АНО ВО «Центральный университет»  
«07» марта 2024 г.  
Протокол №1

**Рабочая программа дисциплины (модуля)  
«Causal analysis (Причинно-следственный анализ)»**

**Направление подготовки:** 02.04.01 Математика и компьютерные науки

**Направленность (профиль) подготовки:** Машинное обучение

**Квалификация (степень) выпускника:** магистр

**Форма обучения:** очная

**Срок освоения программы:** 2 года

**Год набора:** 2024

**Москва  
2024**

## Содержание

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля) .....	3
2. Перечень планируемых результатов обучения.....	4
3. Тематический план.....	6
4. Содержание дисциплины (модуля).....	6
5. Учебно-методическое обеспечение .....	9
6. Материально-техническое обеспечение .....	9
7. Методические и оценочные материалы .....	11

## 1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Causal analysis (Причинно-следственный анализ)» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по специальности 02.04.01 Математика и компьютерные науки, профиль Машинное обучение, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 810 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Causal analysis (Причинно-следственный анализ)» позволяет принимать обоснованные управленческие и продуктовые решения, опираясь на выявление реальных эффектов воздействия, а не на корреляционные зависимости. Владение каузальными методами существенно повышает качество оценки эффективности стратегий, политик и бизнес-инициатив.

### Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки магистратуры по направлению 02.04.01 Математика и компьютерные науки, профиль Машинное обучение и входит в вариативную часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений.

Дисциплина (модуль) изучается на 2 курсе в 4 семестре, доступна для прохождения при условии успешного завершения дисциплин (модулей) «Основы статистики», «Онлайн-эксперименты для оптимизации продукта», общеуниверситетского факультатива «Python для анализа данных» и успешного прохождения входного тестирования.

**Цель изучения дисциплины (модуля):** формирование системного понимания методов причинно-следственного анализа и практических навыков выявления, оценки и интерпретации каузальных эффектов в прикладных задачах.

### Задачи изучения дисциплины (модуля):

— формирование знаний по темам: разница между корреляцией и причинно-следственной связью; как работают каузальные модели и графы; принципы работы "Rubin's Causal Model"; основные каузальные модели; графовые модели установления причинно-следственных связей; почему результатам рандомизированных контролируемых экспериментов доверяют; в каких случаях и каким образом применять квазиэксперименты; как работает, преимущества и ограничения "Propensity score matching"; как работает, преимущества и ограничения "Difference in differences"; как работает, преимущества и ограничения "Regression discontinuity design"; как работает, преимущества и ограничения "Causal Forest"; как работает, преимущества и ограничения "IPTW"; как работают, преимущества и ограничения Doubly-robust методы;

— освоение умений: воспроизводить каузальные модели; воспроизводить графовые модели причинно-следственных связей; определять гетерогенные эффекты воздействия; применять квазиэксперименты в учебных кейсах; применять "Propensity score matching" в учебных кейсах; применять "Difference in differences" в учебных кейсах; применять "Regression discontinuity design" в учебных кейсах; применять "Causal Forest" в учебных кейсах; применять "IPTW" в учебных кейсах; применять Doubly-robust методы в учебных кейсах;

— формирование навыков понимания отличия корреляции и причинно-следственной связи во время принятия решений; навыков нивелирования гетерогенных эффектов воздействия; навыков применения на практике квазиэкспериментов; навыков применения "Propensity score matching" на практике; навыков применения "Difference in differences" на практике; навыков применения "Regression discontinuity design" на практике; навыков применения "Causal Forest" на практике; навыков применения "IPTW" на практике; навыков применения Doubly-robust методы на практике.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) при проведении учебных занятий в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками Университета и в форме самостоятельной работы обучающихся:

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)
УК-6.	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1.	Знает основные методы самооценки и анализа своей деятельности, а также принципы управления временем и целеполагания
		УК-6.2.	Умеет ставить реалистичные и достижимые цели, определять приоритеты в своей деятельности, а также разрабатывать и внедрять планы по совершенствованию своих навыков и компетенций на основе полученной самооценки
		УК-6.3.	Имеет практический опыт применения методов самооценки в своей профессиональной деятельности, включая участие в тренингах, семинарах и проектах, направленных на развитие личной эффективности и профессионального роста
ОПК-2.	Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, совершенствовать и разрабатывать концепции, теории и методы	ОПК-2.1.	Знает основные математические модели и методы, используемые в естественных науках, включая статистическое моделирование, дифференциальные уравнения и численные методы, а также современные подходы к исследованию и анализу данных
		ОПК-2.2.	Умеет разрабатывать и адаптировать математические модели для решения конкретных проблем в естественных науках, проводить их анализ и верификацию, а также интерпретировать полученные результаты в контексте научных исследований
		ОПК-2.3.	Имеет практический опыт создания и исследования математических моделей в рамках научных проектов или

			исследований, включая участие в публикациях, конференциях или коллаборациях, где были разработаны и апробированы новые концепции и методы
ПК-3.	Способен решать задачи профессиональной деятельности, формулировать результат, увидеть следствия полученного результата	ПК-3.1.	Знает основные принципы и методы решения задач профессиональной деятельности, а также способы формулирования и представления результатов, включая анализ последствий и их значимость в контексте проекта
		ПК-3.2.	Умеет применять математические и компьютерные методы для решения конкретных задач, формулировать четкие и обоснованные результаты, а также анализировать их последствия для дальнейших действий и решений
		ПК-3.3.	Имеет практический опыт в решении профессиональных задач, включая участие в проектах, где были получены результаты и проанализированы их следствия, что способствовало принятию обоснованных решений
ПК-4.	Способен публично представлять собственные и известные научные результаты	ПК-4.1.	Знает основные принципы эффективного публичного выступления, методы визуализации данных и основные требования к научным презентациям, включая структуру и содержание
		ПК-4.2.	Умеет четко и логично формулировать свои научные результаты, адаптируя их для различных аудиторий, а также использовать визуальные средства для улучшения восприятия информации
		ПК-4.3.	Имеет практический опыт участия в научных конференциях, семинарах или других мероприятиях, где успешно представлял свои и известные научные результаты, получая обратную связь и взаимодействуя с аудиторией

### 3. Тематический план

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		<i>Очная форма</i>				
		Аудиторная работа		Контроль	Самостояте льная работа	
Лекции	Семинары (практичес кие занятия)					
1	Общее введение	3	3		20	Домашние задания
2	Основные методы для стационарных во времени переменных	4	4		20	Домашние задания, Контрольная работа
3	Outcome/Treatment модели, гетерогенные эффекты и как их оценивать	4	4		20	Домашние задания, Контрольная работа
4	Методы анализа временных переменных и неустойчивости	4	4		20	Домашние задания, Контрольная работа
	<i>Зачет</i>			4		
	<b>Итого:</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>80</b>	
	<i>Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)</i>	<b>114</b>				
	<i>Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)</i>	<b>3</b>				

### 4. Содержание дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание дисциплины (модуля) по темам
1	Общее введение	<p>Введение, Корреляция и причинно-следственная связь, постановка типичной задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Различие между корреляцией и причинностью.</li> <li>- Примеры ложных корреляций и скрытых переменных.</li> <li>- Критерии установления причинно-следственных связей.</li> <li>- Почему корреляция не гарантирует причинность в данных.</li> <li>- Интуитивные и формальные примеры.</li> </ul> <p>Rubin's Causal Model:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Потенциальные исходы (potential outcomes framework).</li> <li>- Average Treatment Effect (ATE).</li> <li>- Проблема контрфактического наблюдения.</li> <li>- Основные предположения модели (SUTVA, unconfoundedness).</li> <li>- Интерпретация причинного эффекта в терминах потенциальных исходов.</li> </ul> <p>Каузальные модели и графы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Directed Acyclic Graphs как инструмент описания причинных связей.</li> <li>- Узлы, рёбра, направление связи.</li> <li>- Понятия confounder, mediator, collider.</li> <li>- Принципы построения и чтения графов.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Определение переменных, которые нужно контролировать для выявления причинного эффекта.</li> </ul>
2	Основные методы для стационарных во времени переменных	<p>Анализ с помощью регрессии, Рандомизированные контролируемые эксперименты (RCT):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Принцип случайного распределения участников в группы.</li> <li>- Контроль внешних факторов и устранение смещений.</li> <li>- Различия между параллельным и перекрёстным дизайном.</li> <li>- Проблемы несоблюдения протокола (attrition, spillover effects).</li> <li>- Интерпретация результатов.</li> </ul> <p>Сопоставление и Propensity:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Идея подбора пар по вероятности получения воздействия.</li> <li>- Логистическая регрессия для расчета propensity score.</li> <li>- Методы сопоставления: nearest neighbor, caliper, stratification.</li> <li>- Проверка баланса после матчинга.</li> <li>- Ограничения PSM и возможные ошибки.</li> </ul> <p>Квазиэксперименты, метод инструментальной переменной:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Когда невозможно провести рандомизированные контролируемые эксперименты.</li> <li>- Основные типы квазиэкспериментальных дизайнов.</li> <li>- Источники данных для квазиэкспериментов.</li> <li>- Сильные и слабые стороны подхода.</li> </ul> <p>IPW — взвешивание обратной вероятности лечения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Сравнение в условиях отсутствия рандомизации.</li> </ul>
3	Outcome/Treatment модели, гетерогенные эффекты и как их оценивать	<p>Doubly Robust методы и meta-learners:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Методы взвешивания и их ограничения.</li> <li>- Doubly Robust методы.</li> <li>- Outcome/Treatment модели.</li> <li>- Meta-learners.</li> </ul> <p>Гетерогенные эффекты воздействия, каузальные деревья, каузальный лес:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Что такое heterogeneous treatment effects (HTE).</li> <li>- Почему эффект воздействия может отличаться в разных сегментах.</li> <li>- Методы оценки HTE (разбиение по подгруппам, CATE).</li> <li>- Визуализация и интерпретация HTE.</li> <li>- Ценность для персонализированных решений.</li> </ul> <p>Regression discontinuity design (RDD):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Логика RDD: пороговое правило для назначения воздействия.</li> <li>- Sharp vs fuzzy RDD.</li> <li>- Построение модели и выбор bandwidth.</li> <li>- Визуализация и проверка предположений.</li> <li>- Примеры применения RDD.</li> </ul>
4	Методы анализа временных переменных и неустойчивости	<p>Difference-in-Differences (DiD):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Принцип сравнения изменений между группами.</li> <li>- Предположение параллельных трендов.</li> <li>- Построение и интерпретация моделей.</li> <li>- Расширенные версии: triple differences, event studies.</li> </ul> <p>Синтетическая контрольная группа, Synthetic Control (SCM):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Синтетический контроль.</li> <li>- Концепция создания синтетических двойников.</li> <li>- Построение синтетической контрольно популяции.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"><li>- Расширенные версии: triple differences, event studies.</li></ul> <p>Sensitivity analysis и диагностика каузальных моделей:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Трансферабельность модели.</li><li>- Концепция погрешности.</li><li>- Устойчивость к возмущению.</li><li>- Placebo/Falsification test.</li></ul>
--	--	---

## 5. Учебно-методическое обеспечение

Университет располагает полным набором лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, включая продукты отечественного производства.

Каждый студент в течение всего периода обучения получает индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде университета. Эти системы предоставляют возможность доступа к ресурсам из любой точки, где есть подключение к сети Интернет, как на территории университета, так и за его пределами.

Студентам обеспечен удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

### *Основная литература:*

1. Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учебник и практикум для вузов / Н. И. Сидняев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 495 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05070-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/559620>.

2. Горленко, О. А. Дисперсионный анализ экспериментальных данных : учебник для вузов / О. А. Горленко, Н. М. Борбаць, Т. П. Можяева. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 132 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14677-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/566251>.

3. Основы теории эксперимента : учебник для вузов / О. А. Горленко, Н. М. Борбаць, Т. П. Можяева, А. С. Проскурин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 177 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12808-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/556177>.

### *Дополнительная литература:*

1. Берикашвили, В. Ш. Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и случайные процессы : учебник для вузов / В. Ш. Берикашвили, С. П. Оськин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 164 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09216-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/563721>.

2. Чертыковцев, В. К. Математическая теория рисков. Анализ рисков в социально-экономической сфере : учебник для вузов / В. К. Чертыковцев. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 102 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14457-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/558358>.

## 6. Материально-техническое обеспечение

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения укомплектованы специализированной

мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Изучение дисциплины (модуля) обеспечивается в учебных аудиториях, оснащенных:

- столами и стульями;
- компьютерной техникой;
- механическими калькуляторами;
- специализированным оборудованием, включая демонстрационное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, в том числе приспособленные для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Обучающимся предоставляется доступ (в том числе удаленный) к ресурсам информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронным ресурсам (в том числе электронным библиотечным системам, современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам):

№	Наименование портала (издания, курса, документа)	Ссылка
1.	Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека	<a href="https://elibrary.ru/defaultx.asp">https://elibrary.ru/defaultx.asp</a>
2.	База данных для IT-специалистов	<a href="https://habr.com">https://habr.com</a>
3.	База данных ScienceDirect	<a href="https://www.sciencedirect.com">https://www.sciencedirect.com</a>
4.	Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации	<a href="https://minobrnauki.gov.ru/">https://minobrnauki.gov.ru/</a>
5.	Федеральный портал «Российское образование»	<a href="https://www.edu.ru/">https://www.edu.ru/</a>
6.	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
7.	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов	<a href="http://school-collection.edu.ru/">http://school-collection.edu.ru/</a>
8.	Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов	<a href="http://fcior.edu.ru/">http://fcior.edu.ru/</a>

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), в том числе комплект лицензионного программного обеспечения, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Наименование ПО	Производство	Лицензионное / свободно распространяемое
<b>Операционные системы:</b>		
Microsoft Imagine (Windows Client, Server)	зарубежное	лицензионное
<b>Браузеры:</b>		
Яндекс.Браузер	отечественное	свободно распространяемое
Google Chrome	зарубежное	свободно распространяемое
<b>Офисные приложения:</b>		
Microsoft Imagine (Visio, OneNote)	зарубежное	лицензионное
TeXstudio	зарубежное	свободно распространяемое
Adobe Acrobat Reader	зарубежное	свободно распространяемое
<b>Программное обеспечение для планирования и учета времени:</b>		
Toggle app	зарубежное	свободно распространяемое
<b>Системы управления проектами:</b>		
Microsoft Imagine (Project)	зарубежное	лицензионное

<b>Системы управления базами данных:</b>		
Microsoft Imagine (SQL Server)	зарубежное	лицензионное
<b>Системы резервного копирования (backup):</b>		
Acronis Backup Advanced for HyperV	зарубежное	лицензионное
<b>Справочно-правовые системы:</b>		
КонсультантПлюс: справочно-правовая система	отечественное	лицензионное
<b>Средства антивирусной защиты:</b>		
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition	отечественное	лицензионное
<b>Среды разработки:</b>		
Visual Studio Code	зарубежное	свободно распространяемое
Bash (Unix shell)	зарубежное	свободно распространяемое
Anaconda	зарубежное	свободно распространяемое
Robotic Operating System	зарубежное	свободно распространяемое
CopelliaSim	зарубежное	свободно распространяемое
Google Colaboratory	зарубежное	свободно распространяемое
<b>Пакеты программных средств и библиотек:</b>		
AutoPsy	зарубежное	свободно распространяемое
Interactive Disassembler (IDA)	зарубежное	свободно распространяемое
<b>Системы управления библиографической информацией:</b>		
Zotero	зарубежное	свободно распространяемое
<b>Сервисы и службы:</b>		
Bind	зарубежное	свободно распространяемое
Docker	зарубежное	свободно распространяемое

## 7. Методические и оценочные материалы

### Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Causal analysis (Причинно-следственный анализ)» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, контрольные работы, домашние задания, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся по заданию преподавателя, направленные на развитие навыков профессиональной лексики, закрепление практических профессиональных компетенций, поощрение инициатив.

*Лекция* – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера.

В процессе лекций рекомендуется вести конспект лекций: кратко и схематично фиксировать основные идеи, выводы и обобщения лекции; выделять важные мысли, ключевые слова и термины. Необходимо отметить вопросы или материалы, которые вызывают затруднения, и попытаться найти ответы в рекомендованной литературе. Если разобраться в материале не удастся, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

*Семинар* – это форма учебной деятельности, проводимая в учебном заведении под руководством преподавателя, где студенты активно участвуют в обсуждениях, практических заданиях и других формах взаимодействия.

Для успешной подготовки к семинару рекомендуется заранее ознакомиться с темой занятия и основными материалами, чтобы иметь возможность активно участвовать в обсуждении. Также полезно подготовить вопросы и идеи для обсуждения, что поможет глубже понять материал и продемонстрировать заинтересованность.

*Контрольная работа* – письменная работа с набором задач, которые нужно решить за ограниченное время.

Цель контрольной работы – получить специальные знания по одной или нескольким темам дисциплины и продемонстрировать навыки их практического применения.

*Домашнее задание* – набор задач по темам недели.

При работе над домашними заданиями важно внимательно ознакомиться с требованиями и сроками выполнения. Рекомендуется разбивать задания на этапы, чтобы избежать перегрузки и лучше усвоить материал. Использовать различные источники информации, включая учебники и онлайн-ресурсы, для более глубокого понимания темы.

*Бонусные баллы* — это оценки, которые студенты могут получить за выполнение дополнительных заданий.

Формат бонусных баллов позволяет студентам улучшить общую оценку по дисциплине (модулю) и стимулирует углубленное изучение материала.

*Самостоятельная работа* – работа студентов, направленная на углубленное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины (модуля).

В процессе самостоятельной работы студенты взаимодействуют с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи студента включают работу с конспектами лекций (обработка текста), повторное изучение учебных материалов планов и тезисов ответов, изучение дополнительных тем, выполнение учебно-исследовательских заданий и другое.

### **Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

**Критерии получения уровня и оценивания сформированности компетенций по дисциплине (модулю) «Causal analysis (Причинно-следственный анализ)»**

Оценивание уровня учебных достижений обучающихся по дисциплине (модулю) осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

**Промежуточная аттестация** по дисциплине (модулю) осуществляется в форме *зачета*, при этом проводится оценка компетенций, сформированных по дисциплине.

Для оценивания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется десятибалльная шкала оценивания, которая соотносится с традиционной пятибалльной шкалой следующим образом:

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Оценка за зачет	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
10	Отлично	Зачтено	Студент полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину (модуль). Он самостоятельно и логически последовательно отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее важном. Умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя ключевые моменты и устанавливая причинно-следственные связи. Четко формулирует ответы, уверенно интерпретирует
9	Отлично	Зачтено	
8	Отлично	Зачтено	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Оценка за зачет	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
			результаты анализов и других исследований, а также решает сложные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами.
7	Хорошо	Зачтено	Студент обладает знаниями предмета почти в полном объеме рабочей программы и самостоятельно, логически последовательно и всесторонне отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее значимых моментах. Он умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его ключевые аспекты и устанавливая причинно-следственные связи. Формулирует свои ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные ситуационные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.
6	Хорошо	Зачтено	
5	Удовлетворительно	Зачтено	Студент обладает базовыми знаниями по дисциплине (модулю), но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует неточные формулировки. В ходе ответов он допускает ошибки, касающиеся сути вопросов. Студент способен решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов исследования.
4	Удовлетворительно	Зачтено	
3	Не сдан	Не зачтено	Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.
2	Не сдан	Не зачтено	
1	Не сдан	Не зачтено	

Дисциплина (модуль) «Causal analysis (Причинно-следственный анализ)» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Описание
Домашние задания	40%	Набор задач по темам недели
Контрольные работы	45%	Письменная работа с набором задач, которые нужно решить за ограниченное время
Зачет	15%	Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю)

В рамках изучения дисциплины (модуля) возможно получение бонусных баллов.

**Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Causal analysis (Причинно-следственный анализ)»:**  $\langle 0,4 \times \text{среднее за домашние задания} + 0,45 \times \text{среднее за контрольные работы} + 0,15 \times \text{зачет} \rangle$ .

**Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)**

### **Примерные домашние задания**

#### **Домашнее задание 1.**

##### **Часть 1. Корреляция и причинность**

1. Привести 3 примера ложных корреляций и объяснить роль скрытых переменных.
2. Разобрать прикладной кейс и определить, является ли наблюдаемая связь причинной.
3. Сформулировать критерии, которые должны выполняться для установления причинности.

##### **Часть 2. Rubin's Causal Model**

4. Формально записать ATE через потенциальные исходы.
5. Объяснить проблему контрфактического наблюдения.
6. Проанализировать, выполняются ли SUTVA и unconfoundedness в предложенном кейсе.

##### **Часть 3. Каузальные графы**

7. Построить DAG для заданного кейса.
8. Определить confounder, mediator и collider.
9. Указать минимальный набор переменных для контроля (backdoor criterion).
10. Обосновать стратегию идентификации причинного эффекта

#### **Домашнее задание 2.**

1. Смоделировать данные и оценить эффект воздействия через регрессию.
2. Разработать дизайн RCT для прикладного кейса, описать риски attrition и spillover.
3. Рассчитать propensity score (логистическая регрессия).
4. Провести matching (nearest neighbor или caliper).
5. Проверить баланс ковариат до и после матчинга.
6. Реализовать IPTW и сравнить оценки эффекта.
7. Описать ситуацию, где требуется инструментальная переменная, и предложить возможный инструмент.
8. Сравнить методы (регрессия, PSM, IPTW, IV) по предположениям и ограничениям.

#### **Домашнее задание 3.**

1. Смоделировать данные и оценить эффект воздействия через регрессию.

2. Разработать дизайн RCT для прикладного кейса, описать риски attrition и spillover.
3. Рассчитать propensity score (логистическая регрессия).
4. Провести matching (nearest neighbor или caliper).
5. Проверить баланс ковариат до и после матчинга.
6. Реализовать IPTW и сравнить оценки эффекта.
7. Описать ситуацию, где требуется инструментальная переменная, и предложить возможный инструмент.
8. Сравнить методы (регрессия, PSM, IPTW, IV) по предположениям и ограничениям.

#### Домашнее задание 4.

1. Реализовать DiD на синтетических данных.
2. Проверить предположение параллельных трендов.
3. Построить event study график.
4. Реализовать triple differences (если применимо).
5. Смоделировать кейс для Synthetic Control.
6. Построить синтетическую контрольную группу.
7. Сравнить DiD и SCM.
8. Провести placebo test.
9. Выполнить sensitivity analysis.
10. Проанализировать устойчивость эффекта к изменению спецификации модели.

#### Примерные задания для контрольной работы

##### Контрольная работа 1.

1. В данных по онлайн-курсу есть переменные: **Treatment** (0/1), **Score**, **Age**, **Experience**. Оценена propensity-модель и outcome-модель.

**Задание:** запишите формулу doubly robust оценки АТЕ для данного случая.

2. Для оценки влияния скидки (**Treatment**) на выручку (**Revenue**) используется линейная регрессия с ковариатами.

**Задание:** запишите спецификацию outcome-модели.

3. Вероятность участия в программе зависит от возраста и дохода.

**Задание:** запишите логистическую регрессию для оценки propensity score.

4. Даны данные: эффект для пользователей младше 25 лет равен 5, старше 25 — 1.

**Задание:** запишите формально определение CATE для группы младше 25 лет.

5. Causal forest показал положительный эффект только для пользователей с высоким доходом.

**Задание:** интерпретируйте этот результат в терминах гетерогенного эффекта.

6. При разбиении по переменной **Age** модель делит выборку на две части для оценки эффекта.

**Задание:** укажите, какой критерий используется для выбора разбиения в causal tree.

7. Стипендия назначается, если балл  $\geq 80$ .

**Задание:** запишите регрессионную модель sharp RDD.

8. Не все студенты с баллом  $\geq 80$  получают стипендию.

**Задание:** укажите, какой эффект (ATE, ATT или LATE) идентифицируется в fuzzy RDD.

9. Оценка RDD при окне  $\pm 2$  балла даёт эффект 10, при  $\pm 10$  — эффект 4.

**Задание:** укажите, какое окно приведёт к меньшему смещению оценки.

10. Outcome-модель задана неверно, но propensity-модель корректна.

**Задание:** укажите, будет ли DR-оценка несмещённой

## Контрольная работа 2.

1. Даны переменные: **Post, Treatment, Y**.

**Задание:** запишите регрессионную модель Difference-in-Differences.

2. Коэффициент при взаимодействии **Treatment** × **Post** равен 3.

**Задание:** интерпретируйте этот коэффициент.

3. До вмешательства тренд treatment-группы растёт быстрее контрольной.

**Задание:** укажите, нарушено ли предположение параллельных трендов.

4. Коэффициенты за 3 года до вмешательства статистически значимы.

**Задание:** укажите, можно ли считать модель DiD корректной.

5. Добавлена третья переменная — регион.

**Задание:** укажите, какую проблему решает triple differences по сравнению с DiD.

6. Синтетическая группа почти совпадает с фактической до реформы.

**Задание:** укажите, свидетельствует ли это о хорошем качестве подбора весов.

7. После реформы фактический показатель выше синтетического на 5 единиц.

**Задание:** интерпретируйте эту разницу.

8. Для других регионов эффект близок к нулю.

**Задание:** укажите, усиливает ли это доверие к основному результату.

9. После добавления ковариат эффект снижается с 6 до 1.

**Задание:** укажите, свидетельствует ли это о возможном смещении в базовой модели.

10. Есть один регион с реформой и 15 без реформы, данные за 10 лет.

**Задание:** выберите один метод (DiD или SCM).

### Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1.	Назовите основное отличие корреляции от причинно-следственной связи.	Не указывает на причинность	УК-6
2.	Назовите ключевой компонент каузальных моделей.	Переменные	ОПК-2
3.	В Rubin's Causal Model, что представляют потенциальные исходы?	Возможные результаты	ПК-3
4.	Назовите источник смещений в рандомизированных контролируемых экспериментах.	Самовыбор	ПК-4
5.	Какую роль играют скрытые переменные в ошибках интерпретации корреляций?	Искажают связь	УК-6
6.	Что такое Directed Acyclic Graph (DAG)?	Граф без циклов	ОПК-2
7.	Назовите тип эффекта воздействия в Rubin's модели.	Средний эффект	ПК-3
8.	Как интерпретировать переносимость результатов RCT?	Обобщаемость	ПК-4
9.	Оцените, почему введение в причинно-следственный анализ важно для самооценки профессиональных навыков.	Помогает совершенствовать подходы	УК-6
10.	Назовите метод построения DAG для анализа эффектов.	Определение связей	ОПК-2
11.	Как допущения влияют на интерпретацию индивидуальных эффектов?	Ограничивают выводы	ПК-3
12.	Назовите метод выявления гетерогенных эффектов воздействия.	Сегментация выборки	ПК-4
13.	Как скрытые переменные влияют на вашу способность определять приоритеты в анализе данных?	Затрудняют идентификацию	УК-6

14.	Как допущения в каузальных моделях помогают совершенствовать теории?	Формализуют эффекты	ОПК-2
15.	Примените Rubin's модель к задаче оценки влияния кампании: назовите ключевой шаг.	Расчет эффекта	ПК-3
16.	Как представить результаты анализа гетерогенных эффектов публично?	Визуализация различий	ПК-4
17.	Назовите способ совершенствования собственной деятельности на основе понимания ошибок интерпретации корреляций.	Самооценка допущений	УК-6
18.	Назовите способ совершенствования концепций в каузальных моделях с использованием графов.	Итеративное тестирование	ОПК-2
19.	Как Rubin's модель помогает увидеть следствия в анализе данных?	Формализует причинность	ПК-3
20.	Назовите концепцию квази-экспериментов.	Имитация эксперимента	ПК-4