**Программа дисциплины**

**«Углубленная статистика»**

для образовательной программы «Образование»

по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 44.06.01 Образование и педагогические науки

Разработчики программы:

Хавенсон Т.Е., научный сотрудник Международной лаборатории анализа образовательной политики, Институт образования, НИУ ВШЭ, tkhavenson@hse.ru

Кузьмина Ю.В., научный сотрудник Центра мониторинга качества образования, Институт образования, НИУ ВШЭ, jkuzmina@hse.ru

Утверждена Академическим советом Аспирантской школы по образованию

«11» октября 2018 г., протокол № 34

Академический директор

Е.А. Терентьев \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 *(подпись)*

Москва – 2018

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения подразделения-разработчика программы.*

1. **Область применения и нормативные ссылки**

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает требования к образовательным результатам и результатам обучения аспиранта и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и аспирантов, обучающихся по образовательной программе «Образование» и изучающих дисциплину «Углубленная статистика».

Программа учебной дисциплины разработана в соответствии с:

· Образовательным стандартом НИУ ВШЭ по направлению подготовки кадров высшей квалификации 44.06.01 Образование и педагогические науки».

· Образовательной программой «Образование».

· Учебным планом образовательной программы «Образование».

2. **Цели и задачи освоения дисциплины**

Данный курс является продолжением ранее пройденных курсов (1) «Методология исследования и базовая статистика», (2) «Разработка инструментов измерения» и (3) «Углубленная психометрика». Опираясь на темы предыдущих курсов, данный курс углубленно рассматривает статистические подходы и демонстрирует преимущества более тщательно проработанных исследований и высококачественных программ оценивания, базовые знания для которых являлись предметом изучения в предыдущих курсах

Данный курс начинается с изучения различных показателей дисперсии, включая одномерную дисперсию, двумерную ковариацию и обобщенную дисперсию. Затем вводится геометрия пространства многомерных данных, включая проекцию векторного пространства; связи между расстояниями, углами и корреляцией; собственные значения (еще одна оценка дисперсии) и собственные векторы; элементы матричной алгебры (определенные и неопределенные матрицы); и детерминанты как области (другая форма дисперсии).

Далее объясняется простая линейная регрессия и метод наименьших квадратов с базовыми допущениями модели МНК, изученными в первой части курса. Затем рассматриваются виды гипотез вместе с их оценкой и проверкой значимости. Затем аспиранты знакомятся с различными процедурами проверки допущений, включая различные методы диагностики остатков и проверки процедуры автокорреляции и анализа временных рядов. Далее в курсе рассматриваются метод множественной регрессии, подходы к спецификации модели, проверку мультиколлинеарности и гипотез. Аспиранты знакомятся с кодированием порядковых переменных, а также с использованием переменных взаимодействия и нелинейных моделей.

Далее рассматриваются модели логистической регрессии, сопоставляя ее допущения с моделями МНК. Вводятся дихотомические и мультиномиальные модели, понятия вероятности, шансов, логарифмических коэффициентов и возведения в степень. Курс также затрагивает углубленные темы многомерного дисперсионного и ковариационного анализа вместе с критериями их использования и допущениями (например, гомогенность регрессии, М-тест Бокса, сферичность, корреляция результатов), гипотезами и критериями их проверки (например, Т-критерий Хотеллинга, расстояние Махаланобиса, максимальный характеристический корень по методу Роя, лямбда Уилка). Также представлены апостериорные критерии вместе с дискриминантными функциями и каноническими корреляциями.

Далее в курсе изучаются модели структурных уравнений как продолжение измерительных моделей и регрессионного анализа. Рассматриваются допущения и их различные проверки, а также типы данных и результаты их оценки. Представлены процедуры оценки согласия с моделью (например, индексы модификации) и разнообразные статистики согласия (например, GFI, AGFI, RMSEA, Хи-квадрат и т.д.). Рассматриваются особенности и процедуры проведения конфирматорного факторного анализа для разного типа наблюдаемых переменных, процедуры проверки измерительной инвариантности в различного типа исследованиях. Также рассматриваются возможности применения методов моделирования структурного моделирования в лонгитюдных исследованиях.

Курс заканчивается всесторонним рассмотрением многоуровневых регрессионных моделей, которые также называются иерархическими или смешанными линейными моделями. Структура их взаимосвязи рассматривается вместе с модельными допущениями (гомогенность регрессии), методами оценки моделей (максимальное правдоподобие), гипотезами на разных уровнях и проверками гипотез. Подробно рассматриваются показатели дисперсии, включая условные и безусловные дисперсии и коэффициенты внутриклассовой корреляции. Обсуждаются фиксированные и случайные эффекты, а также варианты центрирования и их последствия для интерпретации. Наконец, представлены этапы построения моделей методом поперечных срезов и лонгитюдных моделей. Студентам объясняется разница между медиаторами, модераторами и подавляющими переменными, а также проверка их эффекта.

Целями освоения дисциплины «Углубленная статистика» являются:

1. Понимание того, как исследовательские проблемы и вопросы соотносятся с различными типами анализа данных
2. Понимание того, каким образом проверять различные статистические гипотезы и подготавливать данные, включая трансформацию данных и работу с пропущенными данными
3. Умение выбирать различные методы статистического анализа данных в соответствии с имеющимися исследовательскими вопросами и гипотезами, при учете структуры и ограничений имеющихся данных
4. Знание основных требований, возможностей и ограничений различных типов анализа данных
5. Понимание имеющихся тенденций, проблемных мест и дискуссий, касающихся применения различных методов анализа данных для разного типа данных и исследовательских вопросов
6. Умение ставить исследовательские вопросы и формулировать гипотезы для разного типа методов.
7. Умение критически осмысливать и содержательно интерпретировать результаты анализа данных при применении различных методов
8. Умение содержательно и точно описывать результаты анализа данных при применении различных методов с учетом основных требований и ограничений.

3. **Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

1. Основные требования к проведению многоуровневого регрессионного анализа и моделирования структурными уравнениями;
2. Способы оценки соответствия статистических моделей данным и сравнения моделей
3. Необходимость, преимущества и ограничения многоуровневого регрессионного анализа и моделирования структурными уравнениями
4. Разные типы и виды многоуровневых структур
5. Разные методы расчета параметров в моделях при применении многоуровневого анализа и структурном моделировании в зависимости от типа используемых переменных
6. Виды и способы трансформации переменных для включения в многоуровневые регрессионные модели и для применения моделирования структурными уравнениями
7. Особенности проведения многоуровневого регрессионного анализа и моделирования структурными уравнениями для разного типа переменных.
8. Особенности работы с пропущенными данными при применении многоуровневого регрессионного анализа и моделирования структурными уравнениями
9. Оценка прямого и непрямого эффекта, оценка эффекта взаимодействия при использовании разного типа переменных

Уметь:

1. Выбирать соответствующие данным и исследовательским вопросам методы анализа данных

2. Формулировать и проверять статистические гипотезы и видеть их ограничения

3. Оценивать и сравнивать статистические модели

4. Оценивать имеющиеся проблемы в данных и видеть способы их решения (пропущенные данные, трансформация данных и т.п.)

5. Интерпретировать результаты анализа данных, полученных различными методами и соотносить их с имеющимися исследовательскими вопросами

Иметь навыки (приобрести опыт):

1. Выбирать методы, адекватные поставленным исследовательским вопросам и гипотезам

2. Критически осмысливать полученные результаты исследований

3. Обсуждать и интерпретировать имеющиеся результаты исследований

4. Ставить исследовательские вопросы и формулировать исследовательские проблемы

В результате освоения дисциплины аспирант осваивает следующие компетенции:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Компетенция | Код по ФГОС/ НИУ | Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата) | Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции |
| способность выбирать и применять методы исследования, адекватные предмету и задачам исследования | УК-3 |  Может выбрать метод исследования, соответствующий его задачам. | ЭссеСамостоятельный исследовательский проект |
| способность собирать, анализировать, обрабатывать и хранить данные в соответствии с общепринятыми научными и этическими стандартами | УК-4 |  Может разработать план исследования и анализа данных. |  ЭссеСамостоятельный исследовательский проект |
| способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, в том числе в междисциплинарных областях | УК-1 |  Может провести критический анализ имеющихся исследований. |  Эссе |
| способность самостоятельно определять исследовательскую задачу, нацеленную на решение фундаментальных и прикладных проблем в области образования | ПК-1 | Может самостоятельно сформулировать задачу исследования и исследовательские гипотезы | Разработка планов исследованийЭссе |
| способность к выполнению междисциплинарных исследований в области социально-психологических, социокультурных, социально-экономических аспектов образования | ПК-2 | Может самостоятельно разработать план исследования и анализа данных |  Эссе |

 **4. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Настоящая дисциплина относится к циклу дисциплин по выбору и изучается на 2-м году обучения.

Аспиранты должны хорошо разбираться в начальных и промежуточных статистических процедурах, уметь ставить исследовательскую задачу, разрабатывать исследовательскую гипотезу и в целом понимать сущность научного исследования.

Опираясь на темы предыдущих курсов: (1) «Методология исследования и базовая статистика», (2) «Разработка инструментов измерения» и (3) «Углубленная психометрика», данный курс углубленно рассматривает статистические подходы и демонстрирует преимущества более тщательно проработанных исследований и высококачественных программ оценивания, базовые знания для которых являлись предметом изучения в предыдущих курсах. Например, регрессионные оценки МНК являются смещенными, когда надежность предикторов меньше 1. Введенные в данном блоке процедуры структурного выравнивания применяются в случае ненадежности предикторов, чтобы уточнить смещенные оценки коэффициентов регрессии. С опорой на первый блок изучается структурное сходство многих статистических процедур в рамках общей линейной модели (например, t-тесты для сравнения средних для независимых выборок, однофакторный дисперсионный анализ и регрессия МНК с бинарными фиктивными переменными), которые с разных сторон объясняют связь между переменными.

**5. Формы контроля знаний аспирантов:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип контроля | Форма контроля | 1 год | Параметры \*\* |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Текущий | Эссе |  |  | \* |  |  |
|  |  |  |  |  |
| Самостоятельная работа |  |  |  | \* |  |
| Итоговый | Экзамен  |   |   |   | \* | Методологическое эссе |

**6. Критерии оценки знаний, навыков**

При написании эссе в рамках текущего контроля аспирант должен продемонстрировать способность самостоятельно определять исследовательскую задачу, нацеленную на решение фундаментальных и прикладных проблем в области образования, а также способность выбирать и применять методы исследования, адекватные предмету и задачам исследования.

При выполнении самостоятельной работы по чтению статей, подготовке докладов и сообщений для семинаров аспирант должен продемонстрировать способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, в том числе в междисциплинарных областях.

При выполнении итогового задания аспирант должен продемонстрировать способность к выполнению междисциплинарных исследований в области социально-психологических, социокультурных, социально-экономических аспектов образования и способность собирать, анализировать, обрабатывать и хранить данные в соответствии с общепринятыми научными и этическими стандартами.

Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

**7.** Содержание дисциплины

**Тема 1. Типы статистических моделей**

Сопоставление конфирматорной и эксплораторной моделей. Максимизация критерия R квадрат или подтверждение теории.

**Тема 2. Обзор многомерных статистик**

*А*лгебраическое и геометрическое представление, стоящее за статистическими понятиями. Матричное сложение, вычитание, умножение, инверсия. Собственные векторы и собственные значения. Геометрия многомерного пространства: расстояния, углы и корреляции. Векторные проекции.

**Тема 3. Регрессия МНК**

Цели использования. Парная и множественная регрессия. Оценка модели. Принцип метода наименьших квадратов. Проверка гипотез и значимости.

**Тема 4. Регрессия. Оценка и допущения модели**

Статистические свойства: наилучших линейных несмещённых оценок (BLUE). Типы оценок: Метод наименьших квадратов (OLS), Обобщенный метод наименьших квадратов (GLS), Метод взвешенных наименьших квадратов (WLS), Байесовские методы.

Допущения регрессии МНК: анализ статистик согласия. Остатки, влиятельные наблюдения, автокорреляции. Мультиколлинеарность. Проверка надежности.

**Тема 5. Регрессия. Спецификация модели**

Процедуры выбора переменных: форсированный или одновременный ввод, последовательный ввод, пошаговый ввод, последовательное исключение. Выбор методом опоры на теорию и методом опоры на данные. Кодирование категориальных переменных. Редактирование и преобразование данных.

**Тема 6. Регрессия. Источники неверной спецификации модели**

Смешивающие переменные (confounding variables), подавляющие переменные (suppressors). Взаимодействия и нелинейные модели.

**Тема 7. Регрессия. Мощность регрессионных моделей МНК**

Ошибка первого и второго рода. Статистическая мощность. Связь между мощностью и размером выборки.

**Тема 8. Логистическая регрессия**

Цели использования. Дихотомические и мультиномиальные модели. Основные понятия: вероятность, шанс, логарифм шанса, коэффициент b, оценка отношения шансов exp(b). Критерий классификации: 0.5 против других пороговых значений. Ошибки первого и второго рода. Качество модели. Мощность логистических регрессионных моделей.

**Тема 9. Многомерный дисперсионный анализ (МANOVA) и обобщенная линейная модель (GLM) регрессии**

Цель. Многомерные и одномерные гипотезы, апостериорные критерии проверки. Статистическая мощность для многомерного дисперсионного анализа MANOVA. Интерпретация вывода.

**Тема 10. Введение в моделирование структурными уравнениями (SEM)**

Цели SEM. Моделирование латентных переменных, анализ ковариаций, структурная регрессия. Измерительные и структурные модели. Экзогенные и эндогенные контсрукты. Отличие рефлективных и формативных конструктов. Примеры из практики. Различия между SEM и путевым анализом.

Основные допущения и их проверка. Трансформация переменных, требования к используемым шкалам и возможности работы с номинальными, порядковыми шкалами. Методы оценивания: weighted least squares, maximum likelihood, restricted ML. Фиксированные, свободные и заданные параметры.

**Тема 11. Соответствие моделей данным. Конфирматорный факторный анализ**

Конфирматорный факторный анализ. Последовательность построения измерительной модели. Under-identified, just-identified and over-identified модели. Репродоцируемая матрица ковариаций.

Типы индексов соответствия моделей данным. Процедура сравнения моделей. Изменения индексов соответствия моделей данным при изменении размера выборки. Modification indices

Возможности проведения КФА при использовании дихотомических, порядковых, номинальных индикаторов.

 **Тема 12. Измерительная инвариантность**

Определение и виды измерительной инвариантности. Цели оценивания измерительной инвариантности в мульти-групповом анализе и в лонгитюдных исследованиях. Последствия нарушения измерительной инвариантности. Последовательность оценивания измерительной инвариантности: configural invariance, metric invariance, scalar invariance, strict factor invariance (error invariance, factor variance invariance, factor covariance invariance, factor mean invariance).

Особенности оценивания измерительной инвариантности при использовании дихотомических, порядковых и номинальных индикаторов.

**Тема 13. Конфирматорный факторный анализ с факторами второго порядка и бифакторные модели**

Значения и применение моделей с факторами второго порядка и бифакторных моделей в психологических и образовательных исследованиях. Концептуальные различия между моделями с факторами второго порядка и с бифакторными моделями. Требования к идентификации модели. Измерительная инвариантность для моделей с факторами второго порядка и бифакторных моделей.

**Тема 14. Путевой анализ**

Создание структурной модели и путевой анализ. Проблемы, возникающие при проведении путевого анализа с наблюдаемыми переменными. Типы агрегирования и их ограничения: путевой анализ с латентными переменными, путевой анализ с парселями и наблюдаемыми переменными. Перевод в парсели, как способ перевода наблюдаемых переменных в латентные конструкты: аргументы за и против.

Модерация и медиация. Частичная и полная медиация. Общие подходы к каузальному медиационному анализу. Особенности оценки медиаторов и модераторов при разных типах медиаторов и модераторов: дихотомические, порядковые и номинальные. Модерирующие медиаторы и медиирующие модераторы. Подавляющие и спутывающие переменные.

**Тема 15. Анализ лонгитюдных данных в рамках структурных моделей**

Лонгитюдные данные: измерение лонгитюдной измерительной инвариантности. Выбор количества измерений и временных интервалов. Авто-регрессивные и перекрестно- лонгитюдные модели. Модели роста с латентными классами: общий подход, проблема выбора числа латентных классов.

**Тема 16. Введение в многоуровневый регрессионный анализ. Вложенные структуры**

Виды исследований и выборок, в которых используется многоуровневые методы анализа. Виды структур: 2, 3 и 4 уровневые структуры. Иерархические и неиерархические структуры. Структуры с пересекающейся классификацией. Структуры с множественным членством. Ошибка агрегации и экологическая ошибка, парадокс Симпсона. Вложенные структуры и корреляция остатков.

 Необходимость и преимущества многоуровневого анализа. Различия между уровнями и переменными, фиксированными и случайными классификациями. Размер и построение выборки для многоуровневого анализа.

Методы оценки моделей: Maximum likelihood estimation, restricted maximum likelihood estimation, generalized least squares, generalized estimating equation.

**Тема 17. Типы многоуровневых моделей: фиксированные и изменяющиеся параметры**

Базовая модель (intercept-only model). Коэффициент интраклассовой корреляции, безусловный и условный. Статистическая мощность для вложенных моделей. Эффект ненулевого коэффициента интра-классовой корреляции на статистическую мощность. Эффект включения ковариат группового уровня на возрастание мощности.

Расчет процента объясненной дисперсии для 1 и 2 уровня. Использование центрированных и стандартизованных переменных. Виды центрирования. Интерпретация моделей. Анализ соответствия моделей полученным данным.

Модели со включенными предикторами. модель с независимыми переменными 1 уровня с неизменяющимся коэффициентом регрессии в группах (fixed slope and random intercept, One-Way ANCOVA with Random Effects), модель с независимыми переменными 1 уровня с изменяющимся коэффициентом регрессии в группах (random slope and random intercept), модель с независимыми переменными 2 уровня (Means As Outcomes Regression model). Ковариация между отклонениями интерцепта и коэффициентов регрессии.

**Тема 18. Построение модели и выбор моделей. Меж-уровневое взаимодействие**

Модель с взаимодействием переменных 1 и 2 уровней. Коэффициент интраклассовой корреляции, безусловный и условный. Расчет процента объясненной дисперсии для 1 и 2 уровня. Использование центрированных и стандартизованных переменных. Виды центрирования. Интерпретация моделей. Анализ соответствия моделей полученным данным. Исследовательские вопросы для каждой модели. Размер эффекта для многоуровневого взаимодействия. Сравнение моделей.

Многоуровневая медиация.

**Тема 19. Многоуровневое моделирование для зависимых переменных, не имеющих нормального распределения**

Обобщенная линейная модель. Логит- и пробит анализ. Интерпретация логистических коэффициентов. Виды моделей многоуровневого анализа для бинарной переменной. Квазиправдоподобие. Unit-specific и population-average модели

**Тема 20. Анализ лонгитюдных данных в рамках многоуровневого анализа: модели роста**

Измерения, вложенные в индивидов. Сбалансированный и несбалансированный дизайн. Выбор переменной времени: измерения, возраст, когорты. Линейные нелинейные модели роста. Центрирование предикторов 1 уровня. Интерпретация моделей с фиксированными и изменяющимися коэффициентами переменной времени. Требования к выборке и проблемы статистической мощности в лонгитюдных исследованиях. Модерация и медиация.

**9. Образовательные технологии**

Лекции, семинары, самостоятельная работа с литературой и над проектами, практические занятия в компьютерных классах, работа по группам, общегрупповая дискуссия, подготовка и защита презентаций.

1. **Оценочные средства для текущего контроля и аттестации аспиранта**

В рамках текущего контроля оценивается активность участия и качество работы в групповых дискуссиях, подготовка докладов по темам занятия (с презентацией и без), домашние задания, чтение материалов для занятий.

**10.1. Тематика заданий текущего контроля**

***Доклады и аналитические эссе по темам занятий.***

Разработка планов исследований с применением изучаемых в курсе методов.

Самостоятельный исследовательский проект. Анализ данных с применением изучаемых в курсе методов.

Доклад на основе анализа данных с применением изучаемых в курсе методов.

Доклады по опубликованным исследованиям.

10.2. Примеры заданий промежуточной и итоговой аттестации

Методы анализа данных, применяемые для исследования связи академических результатов и социально-экономического положения семьи. Плюсы и минусы.

Разные типы методов вычисления параметров в моделях КФА (ML, MLR, MLM, WLS, ULS etc/). Их особенности и возможности применения для разного типа шкал

Методы анализа данных применяемые, для оценки эффекты сообучения (peer-effect). Плюсы и минусы.

Формальные требования: минимум 5 источников литературы.

**11. Порядок формирования оценок по дисциплине**

Оценивается работа на занятиях по обязательной литературе, домашние задания и контрольные работы. На оценку влияет: правильность выполнения заданий контрольных и домашних работ (и их своевременная сдача), демонстрация и знания заданного материала, активность на занятиях.

Накопленная оценка за текущий контроль учитывает результаты аспиранта по текущему контролю следующим образом:

*Отекущий* = *0.5Оауд + 0.5Одз*;

Способ округления накопленной оценки текущего контроля: арифметический (например, оценка 4,4 округляется до 4, а оценка 4,5 до 5.

Результирующая оценка за итоговый контроль в форме эссе выставляется в 10-балльной шкале.

Итоговая оценка складывается из суммы текущей оценки и итогового теста и переводится в 10-балльную шкалу.

 *Оитог* = *0.7Отекущая + 0.3Оитог.тест*

**12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

12.1. Основная литература

Agresti, A., & Finlay, B. (2008). *Statistical Methods for the Social Sciences*. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.

Byrne, B. M. (2010). *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming*. Routledge.

*Introduction to Linear Models and Matrix Algebra*. (2018). edX. Retrieved from<https://www.edx.org/course/introduction-to-linear-models-and-matrix-algebra>

*Linear Algebra - Foundations to Frontiers*. (2018). edX. Retrieved from<https://www.edx.org/course/linear-algebra-foundations-to-frontiers>

*Matrices | Algebra (all content) | Math*. (2018). Khan Academy. Retrieved from<https://www.khanacademy.org/math/algebra-home/alg-matrices>

*Vectors and spaces | Linear algebra | Math*. (2018). Khan Academy. Retrieved from<https://www.khanacademy.org/math/linear-algebra/matrix-transformations>

Berlin, K. S., Parra, G. R., & Williams, N. A. (2013). An introduction to latent variable mixture modeling (part 2): Longitudinal latent class growth analysis and growth mixture models. *Journal of Pediatric Psychology*, *39*(2), 188-203.

Berlin, K. S., Williams, N. A., & Parra, G. R. (2014). An introduction to latent variable mixture modeling (part 1): Overview and cross-sectional latent class and latent profile analyses. *Journal of Pediatric Psychology*, *39*(2), 174-187.

Cole, D. A., & Preacher, K. J. (2014). Manifest variable path analysis: Potentially serious and misleading consequences due to uncorrected measurement error. *Psychological Methods*, *19*(2), 300.

DeMars, C. E. (2013). A tutorial on interpreting bifactor model scores. *International Journal of Testing*, *13*(4), 354-378.

Edwards, J. R., & Lambert, L. S. (2007). Methods for integrating moderation and mediation: a general analytical framework using moderated path analysis. *Psychological methods*, *12*(1), 1.

Frank, K. A., Maroulis, S. J., Duong, M. Q., & Kelcey, B. M. (2013). What Would It Take to Change an Inference? Using Rubin’s Causal Model to Interpret the Robustness of Causal Inferences. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, *35*(4), 437–460.

Gignac, G. E. (2016). The higher-order model imposes a proportionality constraint: That is why the bifactor model tends to fit better. *Intelligence*, *55*, 57-68.

Hox, J. Multilevel analysis: Techniques and applications. 2002. *Mahwah, NJ: LawrenceErlbaum*

Imai, K., Keele, L., & Tingley, D. (2010). A general approach to causal mediation analysis. *Psychological methods*, *15*(4), 309.

Jung, T., & Wickrama, K. A. S. (2008). An introduction to latent class growth analysis and growth mixture modeling. *Social and personality psychology compass*, *2*(1), 302-317.

Kline, R. B. (2004). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*, (Methodology In The Social Sciences).

Ludlow, L., & Klein, K. (2014). Suppressor Variables: The Difference Between ‘is’ Versus ‘Acting As.’ *Journal of Statistics Education*, *22*(2).

Mansolf, M., & Reise, S. P. (2017). When and why the second-order and bifactor models are distinguishable. *Intelligence*, *61*, 120-129.

McNeish, D., & Matta, T. (2017). Differentiating between mixed-effects and latent-curve approaches to growth modeling. *Behavior Research Methods*, 1-17.

Molenaar, D. (2016). On the distortion of model fit in comparing the bifactor model and the higher-order factor model. *Intelligence*, *57*, 60-63.

Morris, J. D., & Lieberman, M. G. (2015). Prediction, Explanation, Multicollinearity, and Validity Concentration in Multiple Regression. *General Linear Model Journal*, *41*(1), 29–35.

Muthén, B. O., Muthén, L. K., & Asparouhov, T. (2017). Regression and mediation analysis using Mplus. *Los Angeles, CA: Muthén & Muthén*.

Nelson, L. R., & Zaichkowsky, L. D. (1979). A case for using multiple regression instead of ANOVA in educational research. *The Journal of Experimental Education*, *47*(4), 324–330.

Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data* Hox, J. Multilevel analysis: Techniques and applications. 2002. *Mahwah, NJ: LawrenceErlbaum*

Sass, D. A. (2011). Testing measurement invariance and comparing latent factor means within a confirmatory factor analysis framework. *Journal of Psychoeducational Assessment*, *29*(4), 347-363.

Schmitt, N., & Kuljanin, G. (2008). Measurement invariance: Review of practice and implications. Human Resource Management Review, 18(4), 210-222.

Selig, J. P., & Little, T. D. (2012). Autoregressive and cross-lagged panel analysis for longitudinal data. In B. Laursen, T. D. Little, & N. A. Card (Eds.), *Handbook of developmental research methods* (pp. 265-278). New York, NY, US: Guilford Press

Thompson, B. (1995). Stepwise Regression and Stepwise Discriminant Analysis Need Not Apply here: A Guidelines Editorial. *Educational and Psychological Measurement*, *55*(4), 525–534.

12.2. Дополнительная литература

Andruff, H., Carraro, N., Thompson, A., Gaudreau, P., & Louvet, B. (2009). Latent class growth modelling: a tutorial. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, *5*(1), 11-24.

Bandalos, D. L. (2002). The effects of item parceling on goodness-of-fit and parameter estimate bias in structural equation modeling. *Structural equation modeling*, *9*(1), 78-102.

Bandalos, D. L., & Finney, S. J. (2001). Item parceling issues in structural equation modeling. *New developments and techniques in structural equation modeling*, *269*, V296.

Bliese, P. D., & Ployhart, R. E. (2002). Growth modeling using random coefficient models: Model building, testing, and illustrations. *Organizational Research Methods*, *5*(4), 362-387.

Bliese, P. D., Chan, D., & Ployhart, R. E. (2007). Multilevel methods: Future directions in measurement, longitudinal analyses, and nonnormal outcomes. *Organizational Research Methods*, *10*(4), 551-563.

Bollen, K. A. (2002). Latent variables in psychology and the social sciences. US: Annual Reviews.

Burchinal, M. R., Nelson, L., & Poe, M. (2006). IV. Growth curve analysis: An introduction to various methods for analyzing longitudinal data. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, *71*(3), 65-87

Carlin, J. B., Wolfe, R., Brown, C. H., & Gelman, A. (2001). A case study on the choice, interpretation and checking of multilevel models for longitudinal binary outcomes. *Biostatistics*, *2*(4), 397-416.

Chen, F. F. (2007). Sensitivity of goodness of fit indexes to lack of measurement invariance. *Structural equation modeling*, *14*(3), 464-504.

Chen, F. F., Hayes, A., Carver, C. S., Laurenceau, J. P., & Zhang, Z. (2012). Modeling general and specific variance in multifaceted constructs: A comparison of the bifactor model to other approaches. *Journal of personality*, *80*(1), 219-251.

Chen, F. F., Sousa, K. H., & West, S. G. (2005). Teacher's corner: Testing measurement invariance of second-order factor models. *Structural equation modeling*, *12*(3), 471-492.

Chen, Z., Watson, P. J., Biderman, M., & Ghorbani, N. (2015). Investigating the Properties of the General Factor (M) in Bifactor Models Applied to Big Five or HEXACO Data in Terms of Method or Meaning. *Imagination, Cognition and Personality*, 0276236615590587

Cheung, G. W., & Rensvold, R. B. (2002). Evaluating goodness-of-fit indexes for testing measurement invariance. *Structural equation modeling*, *9*(2), 233-255.

Coertjens, L., Donche, V., De Maeyer, S., Vanthournout, G., & Van Petegem, P. (2012). Longitudinal measurement invariance of Likert-type learning strategy scales: are we using the same ruler at each wave?. *Journal of Psychoeducational Assessment*, *30*(6), 577-587.

Coffman, D. L., & MacCallum, R. C. (2005). Using parcels to convert path analysis models into latent variable models. *Multivariate behavioral research*, *40*(2), 235-259.

Cole, D. A., & Maxwell, S. E. (2003). Testing mediational models with longitudinal data: questions and tips in the use of structural equation modeling. *Journal of abnormal psychology*, *112*(4), 558.

Cole, D. A., Perkins, C. E., & Zelkowitz, R. L. (2016). Impact of homogeneous and heterogeneous parceling strategies when latent variables represent multidimensional constructs. *Psychological methods*, *21*(2), 164.

Digman, J. M. (1997). Higher-order factors of the Big Five. *Journal of personality and social psychology*, *73*(6), 1246.

Eisenhauer, J. G. (2015). Statistical Gestalt: Illustrating Interaction with Indicator Variables. *General Linear Model Journal*, *41*(1), 36–45.

Flora, D. B., & Curran, P. J. (2004). An empirical evaluation of alternative methods of estimation for confirmatory factor analysis with ordinal data. Psychological methods, 9(4), 466.

Frank, K. A. (2000). The Impact of a Confounding Variable on a Regression Coefficient. *Sociological Methods and Research*, *29*(2).

Gerbing, D. W., & Anderson, J. C. (1984). On the meaning of within-factor correlated measurement errors. *Journal of Consumer Research*, *11*(1), 572-580.

Goodman, S. (2008). A Dirty Dozen: Twelve P-Value Misconceptions. *Seminars in Hematology*, *45*(3), 135–140.

Guo, G., & Zhao, H. (2000). Multilevel modeling for binary data. *Annual review of sociology*, *26*(1), 441-462.

Hedeker, D. (2003). A mixed effects multinomial logistic regression model. *Statistics in medicine*, *22*(9), 1433-1446.

Holgado–Tello, F. P., Chacón–Moscoso, S., Barbero–García, I., & Vila–Abad, E. (2010). Polychoric versus Pearson correlations in exploratory and confirmatory factor analysis of ordinal variables. *Quality & Quantity*, *44*(1), 153.

Hooper, D., Coughlan, J., & Mullen, M. (2008). Structural equation modelling: Guidelines for determining model fit. *Articles*, 2.

Hosman, C. A., Hansen, B. B., & Holland, P. W. (2010). The sensitivity of linear regression coefficients’ confidence limits to the omission of a confounder. *The Annals of Applied Statistics*, *4*(2), 849–870.

Hox, J. J., & Roberts, J. K. (2011). Multilevel analysis: Where we were and where we are. *Handbook of advanced multilevel analysis*, 1-11.

Hu, F. B., Goldberg, J., Hedeker, D., Flay, B. R., & Pentz, M. A. (1998). Comparison of population-averaged and subject-specific approaches for analyzing repeated binary outcomes. *American journal of epidemiology*, *147*(7), 694-703.

Kenny, D. A., Kaniskan, B., & McCoach, D. B. (2015). The performance of RMSEA in models with small degrees of freedom. *Sociological Methods & Research*, *44*(3), 486-507.

Kerlinger, F. N., & Pedhazur, E. J. (1973). *Multiple regression in behavioral research*. Holt, Rinehart and Winston.

Kline, R. B. (2004). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*, (Methodology In The Social Sciences).

Kwok, O. M., Underhill, A. T., Berry, J. W., Luo, W., Elliott, T. R., & Yoon, M. (2008). Analyzing longitudinal data with multilevel models: An example with individuals living with lower extremity intra-articular fractures. *Rehabilitation psychology*, *53*(3), 370.

Little, T. D., Cunningham, W. A., Shahar, G., & Widaman, K. F. (2002). To parcel or not to parcel: Exploring the question, weighing the merits. *Structural equation modeling*, *9*(2), 151-173

Little, T. D., Rhemtulla, M., Gibson, K., & Schoemann, A. M. (2013). Why the items versus parcels controversy needn’t be one. *Psychological Methods*, *18*(3), 285.

Maas, C. J., & Hox, J. J. (2005). Sufficient sample sizes for multilevel modeling. *Methodology*, *1*(3), 86-92.

MacKinnon, D. P., Krull, J. L., & Lockwood, C. M. (2000). Equivalence of the mediation, confounding and suppression effect. *Prevention science*, *1*(4), 173-181.

Marsh, H. W., & Hocevar, D. (1985). Application of confirmatory factor analysis to the study of self-concept: First-and higher order factor models and their invariance across groups. *Psychological bulletin*, *97*(3), 562.

Marsh, H. W., Lüdtke, O., Nagengast, B., Morin, A. J., & Von Davier, M. (2013). Why item parcels are (almost) never appropriate: Two wrongs do not make a right—Camouflaging misspecification with item parcels in CFA models. *Psychological methods*, *18*(3), 257.

Maslowsky, J., Jager, J., & Hemken, D. (2015). Estimating and interpreting latent variable interactions: A tutorial for applying the latent moderated structural equations method. *International Journal of Behavioral Development*, *39*(1), 87-96.

Merlo, J., Chaix, B., Ohlsson, H., Beckman, A., Johnell, K., Hjerpe, P., ... & Larsen, K. (2006). A brief conceptual tutorial of multilevel analysis in social epidemiology: using measures of clustering in multilevel logistic regression to investigate contextual phenomena. *Journal of Epidemiology & Community Health*, *60*(4), 290-297.

Merlo, J., Chaix, B., Yang, M., Lynch, J., & Råstam, L. (2005). A brief conceptual tutorial of multilevel analysis in social epidemiology: linking the statistical concept of clustering to the idea of contextual phenomenon. *Journal of Epidemiology & Community Health*, *59*(6), 443-449.

Merlo, J., Yang, M., Chaix, B., Lynch, J., & Råstam, L. (2005). A brief conceptual tutorial on multilevel analysis in social epidemiology: investigating contextual phenomena in different groups of people. *Journal of Epidemiology & Community Health*, *59*(9), 729-736.

Milfont, T. L., & Fischer, R. (2010). Testing measurement invariance across groups: Applications in cross-cultural research. *International Journal of psychological research*, *3*(1), 111-130.

Morris, J. D., & Lieberman, M. G. (2015). Prediction, Explanation, Multicollinearity, and Validity Concentration in Multiple Regression. *General Linear Model Journal*, *41*(1), 29–35.

Muller, D., Judd, C. M., & Yzerbyt, V. Y. (2005). When moderation is mediated and mediation is moderated. *Journal of personality and social psychology*, *89*(6), 852.

Murray, A. L., & Johnson, W. (2013). The limitations of model fit in comparing the bi-factor versus higher-order models of human cognitive ability structure. *Intelligence*, *41*(5), 407-422.

Myers, N. D., Ahn, S., & Jin, Y. (2011). Sample size and power estimates for a confirmatory factor analytic model in exercise and sport: A Monte Carlo approach. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *82*(3), 412-423.

Nakagawa, S., & Schielzeth, H. (2013). A general and simple method for obtaining R2 from generalized linear mixed‐effects models. *Methods in Ecology and Evolution*, *4*(2), 133-142.

Nezlek, J. B. (2012). Multilevel modeling for psychologists. *APA handbook of research methods in psychology*, *3*, 219-241.

Niu, L. (2018). A review of the application of logistic regression in educational research: common issues, implications, and suggestions. *Educational Review*, *0*(0), 1–27.

O’Brien, RM. (2007). A Caution Regarding Rules of Thumb for Variance Inflation Factors. Quality and Quantity, 41: 673-690

Peng, C.-Y. J., Lee, K. L., & Ingersoll, G. M. (2002). An introduction to logistic regression analysis and reporting. *The Journal of Educational Research*, *96*(1), 3–14.

Preacher, K. J. (2015). Advances in mediation analysis: A survey and synthesis of new developments. *Annual review of psychology*, *66*.

Preacher, K. J., Rucker, D. D., & Hayes, A. F. (2007). Addressing moderated mediation hypotheses: Theory, methods, and prescriptions. *Multivariate behavioral research*, *42*(1), 185-227.

Raudenbush, S. W. (2001). Comparing personal trajectories and drawing causal inferences from longitudinal data. *Annual review of psychology*, *52*(1), 501-525.

Reise, S. P., Morizot, J., & Hays, R. D. (2007). The role of the bifactor model in resolving dimensionality issues in health outcomes measures. *Quality of Life Research*, *16*(1), 19-31.

Rhemtulla, M., Brosseau-Liard, P. É., & Savalei, V. (2012). When can categorical variables be treated as continuous? A comparison of robust continuous and categorical SEM estimation methods under suboptimal conditions. *Psychological methods*, *17*(3), 354.

Rodriguez, A., Reise, S. P., & Haviland, M. G. (2016). Evaluating bifactor models: Calculating and interpreting statistical indices. *Psychological methods*, *21*(2), 137.

Sivo, S. A., Fan, X., Witta, E. L., & Willse, J. T. (2006). The search for "optimal" cutoff properties: Fit index criteria in structural equation modeling. *The Journal of Experimental Education*, *74*(3), 267-288.

Snijders, T. A. (2005). Power and sample size in multilevel modeling. *Encyclopedia of statistics in behavioral science*, *3*, 1570-1573.

Snijders, T. A., & Bosker, R. J. (1994). Modeled variance in two-level models. *Sociological methods & research*, *22*(3), 342-363.

Stanton J.M. Galton, Pearson, and the Peas: A Brief History of Linear Regression for Statistics Instructors // Journal of Statistics Education Volume 9, Number 3 (2001)

Tofighi, D., & Enders, C. K. (2008). Identifying the correct number of classes in growth mixture models. *Advances in latent variable mixture models*, *2007*, 317-341.

Vandenberg, R. J., & Lance, C. E. (2000). A review and synthesis of the measurement invariance literature: Suggestions, practices, and recommendations for organizational research. *Organizational research methods*, *3*(1), 4-70.

Wasserstein, R. L., & Lazar, N. A. (2016). The ASA’s Statement on p-Values: Context, Process, and Purpose. *The American Statistician*, *70*(2), 129–133.

Widaman, K. F., Ferrer, E., & Conger, R. D. (2010). Factorial invariance within longitudinal structural equation models: Measuring the same construct across time. *Child Development Perspectives*, *4*(1), 10-18.

12.3. Программные средства

SPSS, Stata, R, Mplus. Так как курс носит в большей степени теоретический характер и изучение пакетов для реализации статистических методов не входит в программу, то выбор пакета для написания эссе или подготовки к проекту остается на усмотрение аспиранта.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

 Проектор (для лекций или семинаров) и компьютер (ноутбук) для преподавателя.