

Прикладная эконометрика, 2026, т. 81, с. 68–92.

Applied Econometrics, 2026, v. 81, pp. 68–92.

DOI: 10.22394/1993-7601-2026-81-68-92

EDN: BERLZK

А. О. Гергенретер<sup>1</sup>

## Оценивание эффектов воздействия на порядковые показатели в многомерных моделях упорядоченного выбора

*В работе рассматривается задача оценивания эффектов воздействия на порядковые показатели при нарушении предположения об условной независимости между переменной воздействия и зависимой переменной. Предлагается расширение существующих подходов с помощью параметрического метода на основе иерархических систем уравнений упорядоченного выбора. Получены аналитические формулы для расчета средних эффектов воздействия и средних предельных эффектов объясняющих переменных в контексте многомерных порядковых пробит-моделей в условиях эндогенности переменной воздействия и неслучайного отбора наблюдений для порядковой переменной исхода. Эмпирическая часть работы посвящена изучению влияния стресса на потребление аддитивных благ на основе данных опроса NSDUH (США) за 2020–2023 гг. Установлено значимое влияние стресса на склонность к аддитивному поведению, оценены эффекты воздействия различных уровней стресса на вероятность и частоту потребления аддитивных благ. Сравнение полученных оценок с оценками модели без учета эндогенности воздействия демонстрируют необходимость оценивания иерархических систем для корректного определения количественного влияния стресса. Показано, что вероятность потребления психоактивных веществ устойчиво возрастает при увеличении уровня стресса, причем женщины оказываются более уязвимыми к воздействию стресса. Продемонстрировано, что влияние стресса на аддитивное поведение варьируется в зависимости от социально-экономических характеристик респондентов.*

**Ключевые слова:** иерархическая система уравнений; многомерная порядковая пробит модель; эндогенность; неслучайный отбор; эффекты воздействия; аддитивные блага; стресс.

**JEL classification:** C18; C31; C35; I12.

### 1. Введение

При изучении причинно-следственных связей в социально-экономических науках нередко возникает необходимость в оценивании эффекта воздействия одной переменной на другую. В бинарном случае средний эффект воздействия (Average Treatment Effect, АТЕ) обычно определяется как ожидаемое изменение значения зависимой переменной

<sup>1</sup> Гергенретер Анастасия Олеговна — Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва; agergenreter@hse.ru.

при наличии воздействия по сравнению с его отсутствием. В общей ситуации данная концепция может быть расширена до случая, когда исследуемые показатели имеют дискретный характер, в частности, измерены в порядковой шкале. Так, подобными переменными интереса могут выступать уровень образования или дохода индивида, а также субъективная оценка состояния здоровья или степени удовлетворенности жизнью.

Существующие подходы к оцениванию эффектов воздействия на дискретные показатели представлены различными параметрическими и непараметрическими моделями, а также их комбинациями. Непараметрические методы не накладывают серьезных предположений о функциональной форме модели и распределении случайных ошибок, однако в большинстве случаев оказываются чувствительными к размерности данных, а также соблюдению предпосылки об условной (при фиксированных значениях контрольных переменных) независимости переменной воздействия и потенциальных исходов. В таком случае предполагается, что распределение объектов на группы воздействия и контроля обусловлено исключительно наблюдаемыми различиями в контрольных переменных. В отличие от рандомизированных экспериментов, где данное условие обеспечивается дизайном исследования, в неэкспериментальных данных отбор в группу воздействия практически никогда не является случайным, и часто зависит от ненаблюдаемых факторов. В связи с этим возникает необходимость в использовании таких методов оценивания, которые позволяют ослабить предположение об условной независимости. Не менее часто в эмпирических исследованиях возникает необходимость учета селективности выборок (Коссова, Потанин, 2018). Данная проблема возникает в случае, если значение целевого показателя (в данном случае переменной исхода) наблюдается не для всех объектов, а становится доступным только при выполнении некоторых условий. Это приводит к цензурированию данных и нарушению случайности выборки, если величина интересующего показателя и факт попадания в выборку оказываются взаимосвязанными. Игнорирование неслучайного отбора в данных приводит к смещению и несостоятельности оценок модели, что ставит задачу одновременного моделирования механизма отбора и самого результата.

В данной работе будет рассмотрена и описана процедура оценивания эффектов воздействия на порядковые показатели в условиях эндогенности переменной воздействия, а также неслучайного отбора наблюдений для зависимой переменной. Основу метода составляет иерархическая система уравнений упорядоченного выбора. Методологическим продвижением работы является получение аналитических формул для расчета средних эффектов воздействия и средних предельных эффектов в рамках предложенной модели.

Описанный подход имеет широкий потенциал применения для исследования причинно-следственных механизмов в различных социально-экономических науках. Одной из возможных областей приложения метода является экономика здоровья, в которой аппарат оценивания эффектов воздействия традиционно используется для изучения взаимосвязи между социально-экономическим статусом (уровнем образования и дохода), выбором образа жизни и состоянием индивидуального здоровья. В данной работе рассматриваемый метод будет применен для изучения детерминант потребления аддитивных веществ, связанных с формированием патологической зависимости индивида. Актуальность изучения данной темы обусловлена тем, что аддитивное поведение сопряжено не только с негативными последствиями для здоровья и социальной жизни индивида, но и с отрицательными внешними эффектами для всего общества, среди которых рост числа преступлений, увеличение количества несчастных случаев и повышение травматизма, а также снижение трудоспособности и человеческого капитала страны (Manthey et al., 2021; Sorge et al., 2020).

В качестве основной переменной воздействия будет рассмотрен общий уровень психологического стресса в жизни индивидов. С точки зрения нейрофизиологии, патологические зависимости обусловлены влиянием аддитивных веществ на «систему вознаграждения» в лимбическом отделе мозга (Фенько, Левин, 2008). Под воздействием острого или хронического стресса индивиды могут прибегать к потреблению аддитивных веществ в качестве механизма адаптации, что позволяет временно устранить негативные проявления дистресса и улучшить психологическое благополучие (Cleck, Blendy, 2008; Ruisoto, Contador, 2019; Sinha, 2008). Несмотря на накопленную теоретическую базу исследований о влиянии стресса на потребление аддитивных веществ, количественные эффекты этого влияния, а также различия в степени и характере влияния стресса на потребление отдельных благ остаются не до конца изученными эмпирически. Большинство исследователей сходятся во мнении, что пребывание в состоянии острого или хронического стресса ассоциировано с повышенными рисками развития зависимостей, причем данный эффект более явно выражен среди женщин, что объясняется повышенной уязвимостью женской лимбической системы к воздействию сильнодействующих веществ (Peltier et al., 2019; Torres, O'Dell, 2016; Verplaetse et al., 2021).

Методологическая проблема, возникающая при оценивании эффектов воздействия стресса на аддитивное потребление и остающаяся не до конца преодоленной в существующей литературе, связана с потенциальной эндогенностью данной переменной. Кроме того, недостаточно изученными являются методологические аспекты моделирования частоты потребления аддитивных веществ под воздействием стресса в условиях самоотбора в число индивидов, потреблявших аддитивные вещества (Madden, 2008). В рамках данной работы был рассмотрен и реализован метод оценивания эффектов воздействия стресса на аддитивное потребление с использованием иерархических систем уравнений упорядоченного выбора, что позволило учесть взаимную зависимость между психологическим состоянием и потреблением аддитивных веществ. Предложенный подход был применен для оценивания влияния стресса и социально-экономических факторов на вероятность потребления аддитивных веществ в прошлом месяце, а также частоту потребления соответствующих веществ на примере потребления алкоголя, сигарет, электронных сигарет и марихуаны★ среди жителей США за 2020–2023 гг. Анализ социально-экономических детерминант и гендерных особенностей аддитивного потребления позволил выявить социально уязвимые группы, отличающиеся повышенным риском формирования аддитивных зависимостей, а также перехода к более опасным формам данных зависимостей. В статье разработана методика определения групп риска, которая может быть использована для совершенствования мер, направленных на предотвращение различных вредных привычек.

## **2. Проблема оценивания эффектов воздействия на дискретные показатели в условиях эндогенности**

Определение эффектов воздействия опирается на идею о потенциальных исходах зависимых переменных, соответствующих определенному значению переменной воздействия (Rubin, 1974). На реальных данных для каждого объекта исследователь может наблюдать

---

★ Здесь и далее звездочка (★) указывает на предупреждение: ★ незаконное потребление наркотических средств, психотропных веществ, их аналогов причиняет вред здоровью, а их незаконный оборот запрещен и влечет установленную законодательством ответственность.

лишь один из соответствующих исходов в зависимости от оказанного воздействия, что мотивирует использование эконометрических методов для сравнения ожидаемых исходов объектов в группах воздействия и контроля. Ранние подходы к оцениванию эффектов воздействия основывались преимущественно на линейных моделях, в которых соответствующие эффекты учитывались как регрессионные коэффициенты. Современные продвижения в данной области связаны с развитием непараметрических методов, не накладывающих строгих предпосылок о форме зависимости между исследуемыми показателями и распределении случайных ошибок, в том числе методов мэтчинга и алгоритмов машинного обучения (Imbens, 2004; Abadie, Imbens, 2006; Chernozhukov et al., 2018; Knaus et al., 2021). Для идентификации эффектов воздействия в данном случае вводятся достаточно жесткие предпосылки, в том числе предположение об условной независимости между переменной воздействия и зависимой переменной при фиксированных значениях контрольных переменных (Conditional Independence Assumption, CIA), исключающее возможность неслучайного отбора объектов в группу воздействия. Ограничение данных методов заключается в том, что предположение об условной независимости может быть нарушено в силу эндогенности переменной воздействия, в результате чего оценки соответствующих эффектов окажутся несостоятельными.

Эндогенность переменной воздействия может возникать в случае, если существуют ненаблюдаемые факторы, которые могут оказывать влияние как на переменную воздействия, так и на зависимую переменную. Так, при анализе влияния стресса на аддитивное поведение подобными ненаблюдаемыми факторами могут выступать внешние социально-экономические шоки, а также различные стрессовые жизненные ситуации (неожиданные болезни, несчастные случаи), которые могут серьезно повышать уровень стресса, в то же время приводя к сокращению располагаемого дохода и оказывая влияние на склонность к потреблению аддитивных веществ (De Goeij et al., 2015; Ruhm, Black, 2002; Smith et al., 2001). Кроме того, индивидуальная реакция на стрессовые факторы в значительной степени зависит от особенностей функционирования нервной системы конкретного индивида, которые также могут определять предрасположенность к развитию аддикций (Negrao et al., 2000). Другим частым источником эндогенности выступает двусторонняя зависимость между переменной воздействия и зависимой переменной. Так, под воздействием стресса индивиды могут прибегать к использованию аддитивных веществ в качестве механизма адаптации, однако само потребление психоактивных веществ может усугублять уже имеющиеся проявления дистресса.

Для оценивания эффектов воздействия в условиях возможной эндогенности переменной воздействия необходимо применение специальных методов, позволяющих корректировать возникающее смещение. Одним из подходов к решению проблемы эндогенности в социально-экономических и медицинских исследованиях является использование моделей панельных данных, в первую очередь, моделей с фиксированными индивидуальными эффектами, учитывающими ненаблюдаемую гетерогенность объектов (Boden et al., 2010; Fergusson et al., 2011; Norwood et al., 2012). Такой подход позволяет контролировать неизменные во времени индивидуальные характеристики респондентов, такие как генетическая предрасположенность, личностные черты или устойчивые социальные нормы, которые могут влиять и на вероятность получения воздействия, и на исход. Кроме того, панельная структура данных дает возможность учесть связь между текущими значениями наблюдаемых переменных и лагами прошлых периодов, например, влияние предшествующего травматичного опыта на формирование аддитивных привычек в течение жизни. Вместе с тем, данные модели не решают проблему обратной зависимости между переменной воздействия и зависимой переменной,

а также не учитывают влияние меняющихся во времени ненаблюдаемых характеристик. Кроме того, реализация метода требует наличия качественных лонгитудных данных, содержащих наблюдения за объектами в течение нескольких периодов времени, и сопряжена с вычислительными сложностями при моделировании дискретных и цензурированных исходов.

Альтернативным подходом к коррекции эндогенности, распространенным в рамках кросс-секционных исследований, является использование метода инструментальных переменных (Instrumental Variables, IV), основанного на применении инструментов, коррелирующих с переменной воздействия, но не связанных со случайной ошибкой основного уравнения (Angrist, 1991). В данном случае возможно оценить локальный средний эффект воздействия (Local Average Treatment Effect, LATE), представляющий собой средний эффект воздействия для подгруппы индивидов, поведение которых меняется в зависимости от значения инструмента (compliers) (Imbens, Angrist, 1994). Модели с инструментальными переменными позволяют получить состоятельные оценки влияния эндогенной переменной при наличии в модели неучтенных факторов, и обладают значительной методологической гибкостью, предоставляя выбор между различными процедурами оценивания, включая двухшаговый подход, обобщенный метод моментов и альтернативные способы. Дальнейшее развитие IV-подхода применительно к нелинейным моделям, в частности, к случаю, когда зависимая переменная имеет порядковый характер, привело к появлению специализированных методов (Vytlacil, 2006; Chesher, Smolinski, 2012). Так, в работе (Gregory, 2015) описана методология оценивания эффектов воздействия эндогенной бинарной переменной интереса на порядковую зависимую переменную. Вместе с тем, представленная модель не позволяет рассматривать ситуации, когда само воздействие измеряется в порядковой шкале (например, уровень стресса), что является ключевым аспектом настоящего исследования. В этом направлении внимания заслуживает также работа (Chesher et al., 2025), предлагающая полупараметрический подход для моделирования порядковых исходов. В отличие от классических IV-методов, их модель явно задает спецификацию основного уравнения (уравнения исхода) в виде порядковой пробит-регрессии, но при этом не накладывает параметрических ограничений на процесс определения эндогенной переменной. Вместо этого авторы используют моментные неравенства, основанные на предположении об экзогенности инструмента, позволяющие частично идентифицировать структурные параметры модели. Несмотря на ослабление некоторых параметрических допущений, оценки модели остаются чувствительными к релевантности и валидности выбранного инструмента, а также корректной спецификации распределения случайной ошибки основного уравнения. Кроме того, при наличии большого числа моментных тождеств оценивание параметров и построение доверительных интервалов становится вычислительно затратной задачей.

Ограничение IV-метода связано с тем, что для корректной идентификации параметров необходимо наличие сильных и валидных инструментов, поиск которых может быть затруднителен в силу ограничения данных. Кроме того, для оценивания LATE необходимо условие монотонности инструмента (monotonicity assumption), предполагающего, что с ростом значения инструментальной переменной вероятность получения воздействия для всех объектов выборки не должна уменьшаться. Данное условие не всегда выполнимо в порядковых моделях, в случае если определенные значения инструмента повышают вероятность получения конкретного уровня воздействия, но снижают вероятность принадлежности к более высоким уровням. В контексте оценивания влияния стресса на аддиктивное поведение интересна работа (Mitrou et al., 2024), в которой в качестве инструмента для стресса использовался факт потери близкого друга. Хотя рассматриваемый инструмент удовлетворяет

требованиям релевантности и валидности, подобная информация зачастую бывает недоступной в рамках опросов ввиду ее повышенной чувствительности, что ограничивает возможности применения метода. В исследовании также не учитывались различия в интенсивности психологического стресса в контексте аддитивного поведения, что удалось сделать в настоящей работе благодаря охвату различных аспектов психологического благополучия.

Кроме того, несмотря на значительные методологические продвижения в коррекции смещения оценок, связанного с эндогенностью переменной воздействия, рассмотренные методы не учитывали дополнительное смещение, вызванное неслучайным отбором наблюдений для значений зависимой переменной (non-random sample selection). Последнее является критически важным в таких контекстах, как моделирование потребления аддитивных веществ, где интенсивность (частота) потребления наблюдается только для подвыборки индивидов, потреблявших данное вещество. Игнорирование этого механизма селекции, в свою очередь, ведет к смещенным оценкам (Коссова, Потанин, 2018).

Таким образом, обзор существующих методологических подходов обнаруживает ряд проблем, связанных с оцениванием эффектов воздействия при нарушении предпосылки об условной независимости переменных воздействия и исхода. В частности, к настоящему моменту в литературе не описан подход, который позволял бы одновременно корректировать смещение от эндогенности без строгой зависимости от внешних инструментов и явно моделировать механизм неслучайного отбора наблюдений в ситуациях, когда все рассматриваемые переменные имеют порядковый тип.

Для преодоления описанных ограничений в данной работе реализован параметрический метод, основанный на использовании рекурсивных (иерархических) систем уравнений. Предлагаемая многомерная модель позволяет в явном виде учесть двойное смещение, вызванное эндогенностью переменной воздействия и неслучайным отбором, а также отличается сравнительно невысокой вычислительной сложностью. При оценивании данной модели взаимозависимость между переменной воздействия и зависимой переменной учитывается за счет коррелированности случайных ошибок в уравнениях и не требует привлечения инструментальных переменных. Неслучайный отбор в число наблюдаемых значений зависимой переменной моделируется за счет включения в систему одного или нескольких уравнений отбора (Коссова, Потанин, 2018). Кроме того, при оценивании системы уравнений допускается одновременное включение нескольких эндогенных переменных, что дает возможность более детально изучить механизмы, посредством которых осуществляется воздействие. Преимущество данного подхода состоит также в адаптируемости модели к различным типам переменных воздействия и исхода: как непрерывным, так и дискретным. Для идентификации параметров иерархической системы уравнений, а также средних эффектов воздействия необходимо соблюдение условия ограничений исключения (exclusion restrictions), требующего наличия уникальных переменных в уравнении, задающем эндогенную переменную (Han, Vytlačil, 2017; Mourifié, Meango, 2014; Коссова и др., 2023). Наличие ограничений исключения, коррелирующих со значением эндогенной переменной и обладающих достаточной вариативностью, является техническим условием, гарантирующим единственность максимума функции правдоподобия, при этом сами значения коэффициентов при данных переменных не являются предметом содержательной интерпретации. В случае если ограничения исключения в исследовании не выполняются, следует интерпретировать результаты оценивания модели с помощью предельных эффектов, значения которых всегда могут быть идентифицированы (Коссова и др., 2023).

В рамках данной работы будет реализован параметрический метод на основе иерархической системы уравнений, расширяющий существующие подходы для учета порядкового характера основных переменных интереса, а также неслучайного отбора наблюдаемых значений зависимой переменной. Предложенная модель обеспечивает получение более надежных оценок средних эффектов воздействия в условиях эндогенности и селективности, что будет продемонстрировано на основе анализа влияния стресса на потребление аддитивных веществ с использованием данных о потреблении алкоголя, сигарет, марихуаны★ и электронных сигарет среди жителей США.

### 3. Методология исследования

#### 3.1. Многомерная порядковая модель

Для оценки эффектов воздействия в условиях эндогенности порядковой переменной воздействия и неслучайного отбора наблюдений для порядковой переменной исхода используется иерархическая система, состоящая из трех уравнений. В общем виде модель (1) может быть записана следующим образом:

$$\begin{cases} T_i^* = W_i' \alpha + \varepsilon_{1i}, \\ V_i^* = X_i' \beta + \theta_1 T_i + \varepsilon_{2i}, \\ Y_i^* = Z_i' \gamma + \theta_2 T_i + \varepsilon_{3i}; \end{cases} \quad (1)$$

$$T_i = \begin{cases} 0, & \text{если } T_i^* \leq c_1, \\ 1, & \text{если } c_1 < T_i^* \leq c_2, \\ 2, & \text{если } c_2 < T_i^* \leq c_3, \\ \dots \\ m, & \text{если } T_i^* > c_m; \end{cases} \quad V_i = \begin{cases} 0, & \text{если } V_i^* \leq 0, \\ 1, & \text{если } V_i^* > 0; \end{cases} \quad Y_i = \begin{cases} \text{не наблюдается, если } V_i = 0, \\ 0, & \text{если } V_i = 1 \text{ и } Y_i^* \leq l_1, \\ 1, & \text{если } V_i = 1 \text{ и } l_1 < Y_i^* \leq l_2, \\ 2, & \text{если } V_i = 1 \text{ и } l_2 < Y_i^* \leq l_3, \\ \dots \\ f, & \text{если } V_i = 1 \text{ и } Y_i^* > l_f; \end{cases}$$

где  $i \in \{1, \dots, n\}$ ,  $n$  — число наблюдений;  $T_i, T_i^*$  — порядковая и латентная переменные воздействия;  $V_i, V_i^*$  — бинарная и латентная переменные участия;  $Y_i, Y_i^*$  — порядковая и латентная переменные исхода;  $c = (c_1, \dots, c_m)$ ,  $l = (l_1, \dots, l_f)$  — векторы-строки пороговых значений для порядковых переменных  $T$  и  $Y$ ;  $W_i, X_i, Z_i$  — векторы-строки объясняющих переменных в уравнениях;  $\alpha, \beta, \gamma$  — векторы-столбцы параметров в уравнениях.

Зависимость между случайными ошибками  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$  моделируется с помощью многомерного нормального распределения с нулевым вектором математических ожиданий и ковариационной матрицей  $\Sigma$ . Для идентификации модели дисперсии ошибок уравнений берутся равными единице:

$$\begin{pmatrix} \varepsilon_{1i} \\ \varepsilon_{2i} \\ \varepsilon_{3i} \end{pmatrix} \sim \text{i.i.d. } \mathcal{N}(0, \Sigma), \quad \Sigma = \begin{pmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} \\ \rho_{12} & 1 & \rho_{23} \\ \rho_{13} & \rho_{23} & 1 \end{pmatrix}.$$

★ См. сноску на с. 70.

Предположение о совместном многомерном нормальном распределении случайных ошибок в модели (1) является стандартным параметрическим допущением, обеспечивающим получение аналитических формул и вычислительную эффективность оценивания методом максимального правдоподобия. Вместе с тем, как отмечается в литературе (Gregory, 2015), серьезные нарушения этого предположения, в частности, асимметрия или тяжелые хвосты в распределении ненаблюдаемых факторов, потенциально могут приводить к смещению оценок. Таким образом, интерпретация количественных результатов должна проводиться с учетом данного допущения. Отметим, что предложенная в настоящей работе методология допускает ослабление предположения о нормальности за счет использования копул с различными маргинальными распределениями, при этом выведенные формулы для средних эффектов воздействия и предельных эффектов могут быть обобщены на случай произвольной копулы.

Система уравнений оценивается методом максимального правдоподобия. Предполагается, что порядковая переменная воздействия может оказывать влияние как на бинарную переменную участия, так и на порядковую переменную исхода. Уравнение переменной  $V_i$  выступает в качестве уравнения отбора, при этом значения порядковой переменной исхода наблюдаются лишь при условии  $V_i = 1$ . При независимом оценивании детерминант исхода характеристики части объектов, для которых  $V_i = 0$ , оказались бы исключены из анализа, что могло бы привести к смещению, вызванному неслучайным отбором. Смещение в данном случае возникает из-за наличия ненаблюдаемых факторов, влияющих как на вероятность участия, так и на уровень исхода (Коссова, Потанин, 2018). Для коррекции этой проблемы уравнения оцениваются совместно в предположении, что случайные ошибки в них могут быть коррелированы.

Для количественного оценивания влияния переменной воздействия и объясняющих переменных в рамках предложенной модели были выведены формулы для расчета средних эффектов воздействия (АТЕ) при переходе между различными уровнями порядковой переменной воздействия, а также средних предельных эффектов (Average Marginal Effects, AME) регрессоров на вероятности исходов, которые будут представлены в следующих разделах. Предложенная методология позволяет получить состоятельные оценки параметров уравнений и эффектов воздействия в условиях эндогенности переменной воздействия и неслучайного отбора наблюдений для переменной исхода.

### 3.2. Определение средних эффектов воздействия

Концепция оценивания эффектов воздействия основана на сравнении потенциальных исходов зависимых переменных (counterfactuals), в данном случае  $V_i^{(t)}$  и  $Y_i^{(t)}$ , соответствующих определенным значениям переменной воздействия  $T_i = t$ ,  $t \in \text{supp}(T_i)$ . В бинарном случае средний эффект воздействия обычно определяется как ожидаемое изменение значения зависимой переменной (математическое ожидание разности потенциальных исходов) при наличии воздействия по сравнению с его отсутствием. В случае, когда интенсивность воздействия моделируется с помощью порядковой переменной, интерес представляют ожидаемые изменения значений зависимой переменной при переходе из одной категории воздействия в другую. В рамках данной работы соответствующие эффекты воздействия отражали ожидаемые изменения в вероятностях, с которыми зависимые переменные принимали

конкретные значения, при переходе от одного уровня переменной воздействия  $T_i = t - 1$  к следующему  $T_i = t$ .

В силу закона больших чисел, средние эффекты воздействия уровня  $T_i = t$  по отношению к предыдущему уровню  $T_i = t - 1$  на вероятность того, что бинарная переменная участия примет значение 1, и на вероятность того, что порядковая переменная исхода примет значение  $y$  при условии, что ее значение будет наблюдаться, могут быть состоятельно оценены с использованием оценок вероятностей, полученных на основе модели (1):

$$\begin{aligned}\widehat{ATE}(V_i = 1) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\hat{P}(V_i^{(t)} = 1 | X_i) - \hat{P}(V_i^{(t-1)} = 1 | X_i)] = \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\Phi(X_i' \hat{\beta} + \hat{\theta}_1 t) - \Phi(X_i' \hat{\beta} + \hat{\theta}_1 (t-1))],\end{aligned}$$

где  $V_i^{(t)}, V_i^{(t-1)}$  — потенциальные исходы бинарной переменной участия при уровнях переменной воздействия  $t$  и  $t - 1$ ,  $\Phi(\cdot)$  — функция распределения стандартного нормального распределения.

$$\begin{aligned}\widehat{ATE}(Y_i = y) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\hat{P}(Y_i^{(t)} = y | V_i = 1, Z_i) - \hat{P}(Y_i^{(t-1)} = y | V_i = 1, Z_i)] = \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\Phi_2(\hat{l}_{f+1} - (Z_i' \hat{\gamma} + \hat{\theta}_2 t), X_i' \hat{\beta} + \hat{\theta}_1 t; \hat{\rho}_{23}) - \Phi_2(\hat{l}_f - (Z_i' \hat{\gamma} + \hat{\theta}_2 t), X_i' \hat{\beta} + \hat{\theta}_1 t; \hat{\rho}_{23})}{\Phi(X_i' \hat{\beta} + \hat{\theta}_1 t)} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{\Phi_2(\hat{l}_{f+1} - (Z_i' \hat{\gamma} + \hat{\theta}_2 (t-1)), X_i' \hat{\beta} + \hat{\theta}_1 (t-1); \hat{\rho}_{23}) - \Phi_2(\hat{l}_f - (Z_i' \hat{\gamma} + \hat{\theta}_2 (t-1)), X_i' \hat{\beta} + \hat{\theta}_1 (t-1); \hat{\rho}_{23})}{\Phi(X_i' \hat{\beta} + \hat{\theta}_1 (t-1))} \right],\end{aligned}$$

где  $Y_i^{(t)}, Y_i^{(t-1)}$  — потенциальные исходы порядковой переменной исхода при уровнях переменной воздействия  $t$  и  $t - 1$ ,  $\Phi_2(\cdot; \hat{\rho}_{23})$  — функция распределения двумерного нормального распределения с коэффициентом корреляции  $\hat{\rho}_{23}$  (оценкой коэффициента корреляции между случайными ошибками в уравнениях участия и исхода).

### 3.3. Определение средних предельных эффектов объясняющих переменных

В дополнение к изучению эффектов воздействия основной переменной интереса, рассматриваемая модель позволяет учесть дополнительные факторы, релевантные в контексте исследования. Для интерпретации влияния объясняющих переменных в моделях упорядоченного выбора необходимо оценивать средние предельные эффекты на вероятности того, что зависимые переменные примут определенные значения.

Введем следующие обозначения. Пусть  $\hat{\xi}_i = W_i' \hat{\alpha}$ ,  $\hat{\mu}_i = X_i' \hat{\beta} + \hat{\theta}_1 T_i$ ,  $\hat{\eta}_i = Z_i' \hat{\gamma} + \hat{\theta}_2 T_i$  — оценки линейных индексов в уравнениях модели (1),  $\Delta_i = \hat{c}_i - \hat{\xi}_i$ . Оценка среднего предельного эффекта непрерывной переменной  $x_j$  на вероятность потребления блага вычисляется согласно формуле

$$\widehat{\text{AME}}_{x_j}(V_i = 1) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\partial \hat{P}(V_i = 1 | X_i, T_i)}{\partial X_{ij}} \right] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial X_{ij}} \left[ \frac{\hat{P}(V_i = 1, T_i = t | X_i)}{\hat{P}(T_i = t | X_i)} \right] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial X_{ij}} \left[ \frac{\Omega}{\Psi} \right] =$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\Omega' \Psi - \Omega \Psi'}{\Psi^2},$$

где  $\Omega$ ,  $\Psi$ ,  $\Omega'$ ,  $\Psi'$  рассчитываются следующим образом:

$$\Omega = \Phi_2(\Delta_{t+1}, \hat{\mu}_i; \hat{\rho}_{12}) - \Phi_2(\Delta_t, \hat{\mu}_i; \hat{\rho}_{12}), \quad \Psi = \Phi(\Delta_{t+1}) - \Phi(\Delta_t),$$

$$\Omega' = \frac{\partial}{\partial X_{ij}} \left[ \Phi_2(\Delta_{t+1}, \hat{\mu}_i; \hat{\rho}_{12}) - \Phi_2(\Delta_t, \hat{\mu}_i; \hat{\rho}_{12}) \right] = \frac{\partial \Phi_2(\cdot)}{\partial \hat{\mu}_i} \cdot \frac{\partial \hat{\mu}_i}{\partial X_{ij}} + \frac{\partial \Phi_2(\cdot)}{\partial \Delta_{t+1}} \cdot \frac{\partial \Delta_{t+1}}{\partial X_{ij}} -$$

$$- \frac{\partial \Phi_2(\cdot)}{\partial \hat{\mu}_i} \cdot \frac{\partial \hat{\mu}_i}{\partial X_{ij}} - \frac{\partial \Phi_2(\cdot)}{\partial \Delta_t} \cdot \frac{\partial \Delta_t}{\partial X_{ij}} = \hat{\beta}_j \varphi(\hat{\mu}_i) \left[ \Phi \left( \frac{\Delta_{t+1} - \hat{\rho}_{12} \hat{\mu}_i}{\sqrt{1 - \hat{\rho}_{12}^2}} \right) - \Phi \left( \frac{\Delta_t - \hat{\rho}_{12} \hat{\mu}_i}{\sqrt{1 - \hat{\rho}_{12}^2}} \right) \right] -$$

$$- \hat{\alpha}_j \left[ \varphi(\Delta_{t+1}) \Phi \left( \frac{\hat{\mu}_i - \hat{\rho}_{12} \Delta_{t+1}}{\sqrt{1 - \hat{\rho}_{12}^2}} \right) - \varphi(\Delta_t) \Phi \left( \frac{\hat{\mu}_i - \hat{\rho}_{12} \Delta_t}{\sqrt{1 - \hat{\rho}_{12}^2}} \right) \right],$$

$$\Psi' = \frac{\partial}{\partial X_{ij}} [\Phi(\Delta_{t+1}) - \Phi(\Delta_t)] = -\hat{\alpha}_j [\varphi(\Delta_{t+1}) - \varphi(\Delta_t)].$$

Здесь  $\hat{\alpha}_j, \hat{\beta}_j$  — оценки коэффициентов перед рассматриваемой непрерывной переменной в уравнениях стресса и потребления блага соответственно,  $\Phi_2(\cdot; \hat{\rho}_{12})$  — функция распределения двумерного нормального распределения с коэффициентом корреляции  $\hat{\rho}_{12}$  (между случайными ошибками в уравнениях потребления и стресса),  $\varphi(\cdot)$  — плотность стандартного нормального распределения.

Оценка среднего предельного эффекта фиктивной переменной  $x_d$  на вероятность потребления блага вычисляется следующим образом:

$$\widehat{\text{AME}}_{x_d}(V_i = 1) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\hat{P}(V_i = 1 | X_{id} = 1, X_{i(-d)}, T_i) - \hat{P}(V_i = 1 | X_{id} = 0, X_{i(-d)}, T_i)] =$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\Phi_2(\Delta_{t+1}^{(1)}, \hat{\mu}_i^{(1)}; \hat{\rho}_{12}) - \Phi_2(\Delta_t^{(1)}, \hat{\mu}_i^{(1)}; \hat{\rho}_{12})}{\Phi(\Delta_{t+1}^{(1)}) - \Phi(\Delta_t^{(1)})} - \frac{\Phi_2(\Delta_{t+1}^{(0)}, \hat{\mu}_i^{(0)}; \hat{\rho}_{12}) - \Phi_2(\Delta_t^{(0)}, \hat{\mu}_i^{(0)}; \hat{\rho}_{12})}{\Phi(\Delta_{t+1}^{(0)}) - \Phi(\Delta_t^{(0)})} \right],$$

$$\hat{\xi}_i^{(1)} = W'_{i(-d)} \hat{\alpha}_{(-d)} + \hat{\alpha}_d, \quad \hat{\xi}_i^{(0)} = W'_{i(-d)} \hat{\alpha}_{(-d)}, \quad \Delta_t^{(1)} = \hat{c}_t - \hat{\xi}_i^{(1)}, \quad \Delta_t^{(0)} = \hat{c}_t - \hat{\xi}_i^{(0)},$$

$$\hat{\mu}_i^{(1)} = X'_{i(-d)} \hat{\beta}_{(-d)} + \hat{\beta}_d + \hat{\theta}_1 T_i, \quad \hat{\mu}_i^{(0)} = X'_{i(-d)} \hat{\beta}_{(-d)} + \hat{\theta}_1 T_i,$$

где  $X_{i(-d)}, W_{i(-d)}$  — векторы независимых переменных без фиктивной переменной  $x_d$  (входящей в оба уравнения);  $\hat{\beta}_{(-d)}, \hat{\alpha}_{(-d)}$  — векторы оценок параметров уравнений без  $d$ -й компоненты.

Средний предельный эффект непрерывной переменной  $z_j$  на условную вероятность того, что порядковая переменная исхода примет значение  $y$ , оцениваются в соответствии с формулой

$$\begin{aligned}\widehat{\text{AME}}_{z_j}(Y_i = y) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\partial \hat{P}(Y_i = y | V_i = 1, Z_i, T_i)}{\partial Z_{ij}} \right] = \\ &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial Z_{ij}} \left[ \frac{\hat{P}(Y_i = y, V_i = 1, T_i = t | Z_i)}{\hat{P}(V_i = 1, T_i = t | Z_i)} \right] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial Z_{ij}} \left[ \frac{\Lambda}{\Theta} \right],\end{aligned}$$

$$\Lambda = \Phi_3(\Delta_{t+1}, \hat{\mu}_i, \hat{l}_{y+1} - \hat{\eta}_i) - \Phi_3(\Delta_t, \hat{\mu}_i, \hat{l}_{y+1} - \hat{\eta}_i) - \Phi_3(\Delta_{t+1}, \hat{\mu}_i, \hat{l}_y - \hat{\eta}_i) + \Phi_3(\Delta_t, \hat{\mu}_i, \hat{l}_y - \hat{\eta}_i),$$

$$\Theta = \Phi_2(\Delta_{t+1}, \hat{\mu}_i; \hat{\rho}_{12}) - \Phi_2(\Delta_t, \hat{\mu}_i; \hat{\rho}_{12}),$$

где  $\Phi_3(\cdot)$  — функция распределения трехмерного нормального распределения с ковариационной матрицей  $\hat{\Sigma}$ . Выражения для производных выводятся аналогично рассмотренным выше в соответствии со свойствами многомерного нормального распределения.

Средний предельный эффект фиктивной переменной  $z_d$  на условную вероятность того, что порядковая переменная исхода примет значение  $y$ , оценивается по следующей формуле:

$$\begin{aligned}\widehat{\text{AME}}_{z_d}(Y_i = y) &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\hat{P}(Y_i = y | V_i = 1, Z_{id} = 1, Z_{i(-d)}, T_i) - \hat{P}(Y_i = y | V_i = 1, Z_{id} = 0, Z_{i(-d)}, T_i)] = \\ &= - \sum \left[ \frac{\hat{P}(Y_i = y, V_i = 1, T_i = t | Z_{id} = 1, Z_{i(-d)})}{\hat{P}(V_i = 1, T_i = t | Z_{id} = 1, Z_{i(-d)})} - \frac{\hat{P}(Y_i = y, V_i = 1, T_i = t | Z_{id} = 0, Z_{i(-d)})}{\hat{P}(V_i = 1, T_i = t | Z_{id} = 0, Z_{i(-d)})} \right] \\ &\quad - \sum \left[ \frac{\Lambda^{(1)}}{\Theta^{(1)}} - \frac{\Lambda^{(0)}}{\Theta^{(0)}} \right]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Lambda^{(1)} &= \Phi_3(\Delta_{t+1}^{(1)}, \hat{\mu}_i^{(1)}, \hat{l}_{y+1} - \hat{\eta}_i^{(1)}) - \Phi_3(\Delta_t^{(1)}, \hat{\mu}_i^{(1)}, \hat{l}_{y+1} - \hat{\eta}_i^{(1)}) - \\ &\quad - \Phi_3(\Delta_{t+1}^{(1)}, \hat{\mu}_i^{(1)}, \hat{l}_y - \hat{\eta}_i^{(1)}) + \Phi_3(\Delta_t^{(1)}, \hat{\mu}_i^{(1)}, \hat{l}_y - \hat{\eta}_i^{(1)}),\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Lambda^{(0)} &= \Phi_3(\Delta_{t+1}^{(0)}, \hat{\mu}_i^{(0)}, \hat{l}_{y+1} - \hat{\eta}_i^{(0)}) - \Phi_3(\Delta_t^{(0)}, \hat{\mu}_i^{(0)}, \hat{l}_{y+1} - \hat{\eta}_i^{(0)}) - \\ &\quad - \Phi_3(\Delta_{t+1}^{(0)}, \hat{\mu}_i^{(0)}, \hat{l}_y - \hat{\eta}_i^{(0)}) + \Phi_3(\Delta_t^{(0)}, \hat{\mu}_i^{(0)}, \hat{l}_y - \hat{\eta}_i^{(0)}),\end{aligned}$$

$$\Theta^{(1)} = \Phi_2(\Delta_{t+1}^{(1)}, \hat{\mu}_i^{(1)}; \hat{\rho}_{12}) - \Phi_2(\Delta_t^{(1)}, \hat{\mu}_i^{(1)}; \hat{\rho}_{12}), \quad \Theta^{(0)} = \Phi_2(\Delta_{t+1}^{(0)}, \hat{\mu}_i^{(0)}; \hat{\rho}_{12}) - \Phi_2(\Delta_t^{(0)}, \hat{\mu}_i^{(0)}; \hat{\rho}_{12}),$$

$$\hat{\eta}_i^{(1)} = Z'_{i(-d)} \hat{\gamma}_{(-d)} + \hat{\gamma}_d + \hat{\theta}_2 T_i, \quad \hat{\eta}_i^{(0)} = Z'_{i(-d)} \hat{\gamma}_{(-d)} + \hat{\theta}_2 T_i,$$

где  $X_{i(-d)}, W_{i(-d)}, Z_{i(-d)}$  — векторы независимых переменных без фиктивной переменной  $z_d$  (входящей во все три уравнения);  $\hat{\beta}_{(-d)}, \hat{\alpha}_{(-d)}, \hat{\gamma}_{(-d)}$  — векторы оценок параметров уравнений без  $d$ -й компоненты.

## 4. Эффекты воздействия стресса на потребление аддитивных благ

### 4.1. Описание данных и переменных

В данной части работы применение модели (1) будет описано на примере исследования влияния стресса на аддитивное потребление. Данные для эмпирического анализа были получены из открытых источников Национального исследования употребления наркотиков и здоровья (The National Survey on Drug Use and Health, NSDUH), которое представляет собой ежегодный национальный репрезентативный опрос о потреблении аддитивных веществ и состоянии здоровья граждан США<sup>2</sup>. В рамках анализа были объединены данные опросов за 2020–2023 гг. Ограничением исследования выступает тот факт, что дизайн обследования NSDUH не является лонгитюдным, что не позволяет проследить динамику индивидуального потребления аддитивных благ во времени. Поэтому предполагалось, что выборка имеет кросс-секционную структуру, а эффекты временных периодов были учтены добавлением фиктивных переменных для индикации 2021, 2022 и 2023 гг.

Зависимыми переменными в анализе выступили бинарные переменные, обозначающие факт тяжелого потребления алкоголя (пять и более порций алкогольных напитков за один прием), потребления марихуаны★, сигарет и электронных сигарет в прошлом месяце, а также порядковые переменные, отражавшие частоту потребления данных веществ среди индивидов, потреблявших их в прошлом месяце (1–10, 11–20 или 21–30 дней за месяц). Рассматриваемые аддитивные блага являются наиболее часто потребляемыми психоактивными веществами на территории США (SAMHSA, 2024).

Для моделирования индивидуального потребления аддитивных благ были использованы социально-демографические и экономические характеристики респондентов, влияние которых на аддитивное поведение отмечалось в предшествующих исследованиях. Описание и дескриптивные статистики для объясняющих и контрольных переменных представлены в Приложении 1. Для соблюдения условий exclusion restrictions в качестве уникальных регрессоров в уравнении участия в потреблении использовались переменные, обозначающие религиозность индивида и субъективное восприятие риска потребления. Предполагалось, что морально-нравственные принципы и персональная информированность о возможных последствиях приема аддитивных веществ оказывают непосредственное воздействие на его решение об участии в потреблении, однако напрямую не влияют на интенсивность потребления. В уравнении стресса уникальными переменными выступили факт недавнего переезда на новое место жительства — как возможный источник психологического напряжения, и прохождение психотерапевтического лечения в течение года до опроса — как индикатор наличия симптомов стресса.

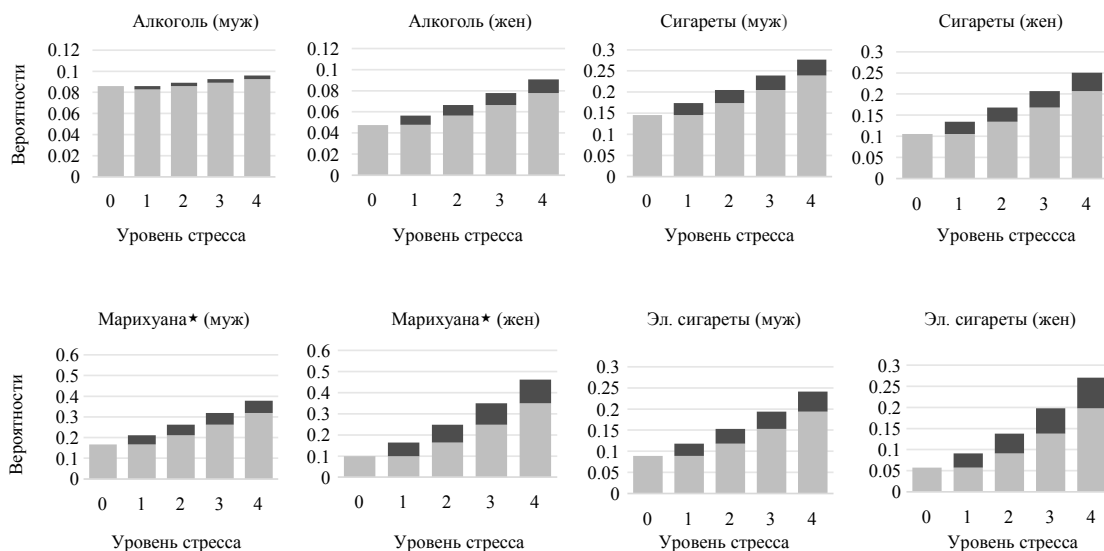
<sup>2</sup> Проводится Управлением по контролю за злоупотреблением наркотическими средствами и психическим здоровьем США (Substance Abuse and Mental Health Services Administration, SAMHSA). Сайт исследования: <https://www.samhsa.gov/data/data-we-collect/nsduh-national-survey-drug-use-and-health>.

★ См. сноску на с. 70.

## 4.2. Результаты оценивания

Результаты оценивания средних эффектов воздействия на вероятность потребления рассматриваемых веществ, а также вероятности различной частоты потребления представлены на рис. 1 и 2. Более темные области на рисунках обозначают средние эффекты воздействия по отношению к предыдущему уровню стресса. Согласно полученным оценкам, женщины с большей вероятностью прибегают к тяжелому потреблению алкоголя при наличии серьезного психологического стресса. Соответствующая вероятность при уровне стресса  $stress = 4$  для них повышается на 4.3 процентных пункта (п.п.) по сравнению с базовым уровнем ( $stress = 0$ ). Данный результат согласуется с выводами других исследований, в которых было установлено, что для женщин фактор стресса играет критическую роль при формировании алкогольной зависимости (Peltier et al., 2019; Verplaetse et al., 2021).

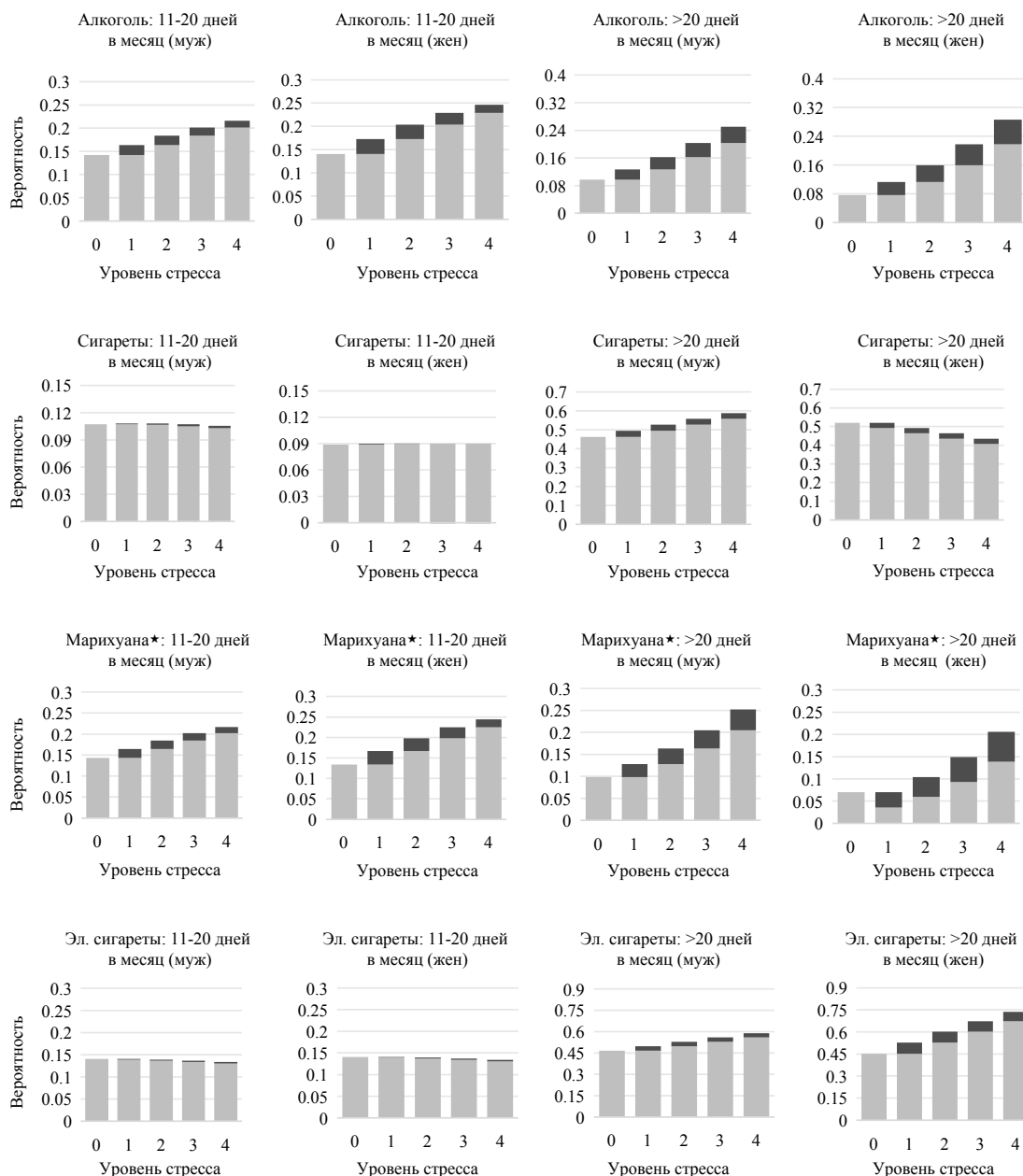
Склонность к потреблению сигарет, электронных сигарет и марихуаны★ также оказалась значимо взаимосвязанной с уровнем стресса в жизни индивида. Так, под воздействием высокого уровня стресса ( $stress = 4$ ) вероятность курения сигарет для мужчин и женщин увеличивается примерно на 13 и 14 п.п. по сравнению с базовым уровнем ( $stress = 0$ ), а вероятность курения электронных сигарет — на 15 п.п. для мужчин и на 21 п.п. для женщин. Вероятность употребления марихуаны★ в условиях серьезного стресса возрастает наиболее высокими темпами: для мужчин она повышается почти на 21 п.п., а для женщин — на 36 п.п., демонстрируя более чем двукратное (для мужчин) и трехкратное (для женщин) увеличение. Хотя в среднем потребление психоактивных веществ шире распространено среди мужчин, женщины острее реагируют на стресс, в результате чего вероятность потребления марихуаны★ и электронных сигарет для них увеличивается растущими темпами и начинает превышать аналогичную вероятность для мужчин.



**Рис. 1.** Оцененные вероятности потребления марихуаны★ и электронных сигарет в зависимости от уровня стресса

★ См. сноску на с. 70.

Было установлено, что при увеличении уровня стресса также значительно возрастает частота потребления аддитивных веществ. Так, для мужчин, испытывающих серьезный уровень стресса ( $stress = 4$ ), вероятность злоупотребления алкогольными напитками более чем 20 дней за месяц возрастает на 15 п. п., в то время как для женщин средний эффект воздействия достигает 21 п. п. к базовому уровню. Вероятность потребления марихуаны★ более



**Рис. 2.** Оцененные вероятности различной частоты потребления аддитивных благ в зависимости от уровня стресса

★ См. сноску на с. 70.

чем 20 дней за месяц по мере роста стресса увеличивается на 14 и 16 п.п. для мужчин и женщин. Интересно отметить, что женщины склонны снижать потребление сигарет при увеличении уровня стресса, что может быть связано с наличием альтернативных стратегий борьбы со стрессом, в том числе использования других аддитивных веществ. В то же время повышенный уровень стресса у женщин провоцирует увеличение частоты курения электронных сигарет. С ухудшением психологического состояния вероятность их регулярного использования (более 20 дней за месяц) среди женщин увеличивается вплоть до 21 п.п. к начальному уровню и достигает 0.74 при максимальной вероятности 0.59 для мужчин.

#### 4.3. Детерминанты и факторы риска аддитивного поведения

Результаты оценивания средних предельных эффектов объясняющих переменных на вероятность потребления рассматриваемых веществ свидетельствуют о том, что склонность к аддитивному потреблению значимо варьируется не только среди мужчин и женщин, но и среди представителей различных социально-экономических групп (Приложение 2). Так, молодые индивиды, в особенности проживающие в крупных городах, находятся в зоне повышенного риска формирования зависимости от марихуаны★ и электронных сигарет, а тяжелому потреблению алкоголя наиболее подвержены белые американцы среднего возраста. При этом наличие семьи, религиозность, а также наличие высшего образования и осознание рисков аддитивного поведения выступают значимыми сдерживающими факторами, снижающими вероятность потребления рассматриваемых веществ. Можно предположить, что влияние стресса на потребление аддитивных веществ также варьируется в зависимости от социально-экономических условий. Поскольку средние эффекты воздействия не позволяют проанализировать возможную неоднородность влияния стрессовых факторов на выбор индивидов, дополнительный интерес представляет оценивание эффектов воздействия в отдельных подвыборках, а также их сравнение со средними эффектами воздействия, оцененными по всей выборке. Для более детального анализа было выделено четыре категории индивидов с потенциально высокими шансами участия в аддитивном потреблении, и получены усредненные оценки эффектов воздействия стресса на вероятность потребления аддитивных веществ для данных групп индивидов.

1. *Молодые американцы (младше 35 лет), не состоявшие в браке и не осознающие риски потребления аддитивных веществ.* Для данной категории индивидов характерны наиболее высокие значения эффектов воздействия стресса на вероятность потребления марихуаны★ и электронных сигарет среди рассматриваемых групп, причем данный эффект сильнее выражен среди женщин. Для них вероятность потребления марихуаны★ под воздействием высокого стресса ( $stress = 4$ ) увеличивается на 47 п.п. по сравнению с минимальным уровнем стресса ( $stress = 0$ ), а вероятность потребления электронных сигарет — на 34 п.п., в то время как для мужчин аналогичные эффекты составляют 27 и 24 п.п. соответственно (табл. 1). Можно предположить, что выбор данных веществ для облегчения симптомов стресса обусловлен их широкой распространенностью именно среди молодежи. При этом склонность молодых одиноких индивидов к тяжелому потреблению алкоголя и курению традиционных сигарет под влиянием стресса также значительно повышается. Отсутствие

★ См. сноску на с. 70.

семейных обязательств в данном случае дополнительно усугубляет склонность к рискованному поведению.

2. *Безработные индивиды с минимальным доходом и без высшего образования* (из данной группы исключены студенты, находящиеся в процессе получения образования). Уязвимое финансовое положение и неудовлетворенность жизнью могут провоцировать аддиктивное поведение как способ адаптации к неблагоприятным условиям среды. Кроме того, влияние социального окружения, в котором нормализовано аддиктивное поведение, может создавать дополнительные риски вовлечения в патологические зависимости в условиях стресса. Так, было показано, что респонденты из наименее обеспеченной доходной группы проявляют наибольшую склонность к потреблению рассматриваемых аддиктивных веществ (Приложение 2). Дополнительный негативный вклад в данном случае вносит низкий уровень образования, не позволяющий критически оценить риски, связанные с потреблением аддиктивных веществ. Наиболее сильно в ответ на серьезный стресс в данной группе растет потребление сигарет и марихуаны★ — среди мужчин вероятность их потребления увеличивается примерно на 18 и 24 п.п. соответственно, в то время как для женщин — на 21 и 38 п.п. (табл. 1). Эффекты воздействия стресса на вероятность тяжелого потребления алкоголя в данной группе оказались ниже, чем в среднем по выборке, это может быть связано с тем, что потребление алкогольных напитков в большом количестве требует более высокого уровня располагаемого дохода для их приобретения.

**Таблица 1.** Средние эффекты воздействия стресса в выделенных группах

|                             | Молодые американцы |           | Безработные без высшего образования |           | Сельские жители |           | Одинокие горожане |           |
|-----------------------------|--------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|-----------------|-----------|-------------------|-----------|
|                             | Мужчины            | Женщины   | Мужчины                             | Женщины   | Мужчины         | Женщины   | Мужчины           | Женщины   |
| <i>Алкоголь</i>             |                    |           |                                     |           |                 |           |                   |           |
| <i>stress = 1</i>           | 0.0045             | 0.0149*** | 0.0032                              | 0.0081*** | 0.0033          | 0.0076*** | 0.0039            | 0.0107*** |
| <i>stress = 2</i>           | 0.0046             | 0.0166*** | 0.0033                              | 0.0092*** | 0.0034          | 0.0087*** | 0.004             | 0.0121*** |
| <i>stress = 3</i>           | 0.0047             | 0.0184*** | 0.0034                              | 0.0104*** | 0.0035          | 0.0099*** | 0.0041            | 0.0136*** |
| <i>stress = 4</i>           | 0.0048             | 0.0202*** | 0.0035                              | 0.0118*** | 0.0036          | 0.0113*** | 0.0042            | 0.0151*** |
| <i>Сигареты</i>             |                    |           |                                     |           |                 |           |                   |           |
| <i>stress = 1</i>           | 0.0376***          | 0.0386*** | 0.0423***                           | 0.0477*** | 0.0347***       | 0.0440*** | 0.0338***         | 0.034***  |
| <i>stress = 2</i>           | 0.0410***          | 0.0445*** | 0.0445***                           | 0.0520*** | 0.0372***       | 0.0483*** | 0.0369***         | 0.0391*** |
| <i>stress = 3</i>           | 0.0440***          | 0.0501*** | 0.0462***                           | 0.0555*** | 0.0394***       | 0.0519*** | 0.0397***         | 0.044***  |
| <i>stress = 4</i>           | 0.0464***          | 0.0549*** | 0.0473***                           | 0.0582*** | 0.0413***       | 0.0547*** | 0.0422***         | 0.0485*** |
| <i>Марихуана★</i>           |                    |           |                                     |           |                 |           |                   |           |
| <i>stress = 1</i>           | 0.0618***          | 0.0964*** | 0.0528***                           | 0.0716*** | 0.0353***       | 0.0486*** | 0.0532***         | 0.0747*** |
| <i>stress = 2</i>           | 0.0672***          | 0.1178*** | 0.0579***                           | 0.0913*** | 0.0414***       | 0.0681*** | 0.0589***         | 0.0952*** |
| <i>stress = 3</i>           | 0.0708***          | 0.1293*** | 0.0616***                           | 0.1059*** | 0.0471***       | 0.0868*** | 0.0632***         | 0.1101*** |
| <i>stress = 4</i>           | 0.0721***          | 0.1276*** | 0.0637***                           | 0.1123*** | 0.0521***       | 0.1013*** | 0.0658***         | 0.1159*** |
| <i>Электронные сигареты</i> |                    |           |                                     |           |                 |           |                   |           |
| <i>stress = 1</i>           | 0.0521***          | 0.0665*** | 0.0327***                           | 0.0432*** | 0.0142***       | 0.0246*** | 0.0391***         | 0.0452*** |
| <i>stress = 2</i>           | 0.0588***          | 0.0819*** | 0.0393***                           | 0.0577*** | 0.0187***       | 0.0359*** | 0.0458***         | 0.0593*** |
| <i>stress = 3</i>           | 0.0643***          | 0.0942*** | 0.0459***                           | 0.0722*** | 0.0238***       | 0.0492*** | 0.0520***         | 0.0732*** |
| <i>stress = 4</i>           | 0.0682***          | 0.1014*** | 0.0521***                           | 0.0850*** | 0.0295***       | 0.0635*** | 0.0574***         | 0.0850*** |

Примечание. \*\*\* —  $p < 0.01$ .

★ См. сноску на с. 70.

3. *Сельские жители среднего и старшего возраста (старше 40 лет)*. Жители малых населенных пунктов (с населением менее 10000 человек) зачастую не имеют доступа к квалифицированной психологической помощи, поэтому в условиях серьезного стресса могут быть склонны к злоупотреблению аддитивными веществами. Наиболее доступными и привычными аддитивными благами для них традиционно выступают табачные продукты, что объясняет сравнительно высокие (относительно средних по выборке) значения эффектов воздействия на вероятность курения сигарет (Gfroerer et al., 2007). При наличии высокого стресса вероятность их потребления возрастает на 15 п.п. среди мужчин и почти на 20 п.п. среди женщин по сравнению с базовым уровнем.

4. *Одинокое жители крупных городов, не имевшие или потерявшие супруга, без детей*. Результаты оценивания предельных эффектов семейного статуса и наличия детей свидетельствуют о том, что одинокие индивиды значительно более сильно подвержены аддитивным зависимостям, в то время как наличие семейных и родительских обязательств мотивирует респондентов к более социально ответственному поведению (Приложение 2). Можно предположить, что отсутствие поддержки со стороны близких способно усугублять проявления стресса и провоцировать склонность к аддитивному поведению. Данная проблема наиболее остро выражена среди городских жителей в силу быстрого темпа жизни и социальной изоляции, присущей урбанистической среде (Lederbogen et al., 2011). По мере увеличения стресса значительно возрастает риск участия в потреблении марихуаны★, а также курении традиционных и электронных сигарет (табл. 1). Среди одиноких женщин стресс также провоцирует злоупотребление алкогольными напитками — при наличии признаков серьезного психологического неблагополучия вероятность тяжелого потребления алкоголя увеличивается примерно на 5 п.п.

## 5. Заключение

Настоящее исследование посвящено проблеме оценивания эффектов воздействия на дискретные показатели при нарушении предположения об условной независимости переменной воздействия и зависимой переменной. Работа расширяет существующие подходы на случай, когда рассматриваемые переменные имеют порядковый тип и предлагает параметрический метод оценивания средних эффектов воздействия с использованием многомерных порядковых пробит-моделей. Эндогенность переменной воздействия учитывается в модели за счет коррелированности случайных ошибок в уравнениях, что позволяет скорректировать смещение, возникающее из-за наличия ненаблюдаемых факторов, влияющих и на получение воздействия, и на зависимую переменную. Кроме того, подход дает возможность учесть неслучайный отбор среди объектов с помощью включения в систему отдельных уравнений для бинарной переменной участия и порядковой переменной исхода. Разработанная методология имеет широкую применимость и может быть использована для анализа эффектов воздействия в различных социально-экономических контекстах, где основные переменные имеют порядковую природу и потенциально эндогенны. Описанная модель потенциально может быть расширена на случай множественного воздействия, а также адаптирована для моделирования более сложных зависимостей между переменными интереса, в том числе при наличии переменных-медиаторов.

★ См. сноску на с. 70.

Основным методологическим новшеством работы является получение формул средних эффектов воздействия, а также средних предельных эффектов объясняющих переменных в рамках рассмотренной иерархической модели. Приведенные формулы позволяют оценивать средние эффекты воздействия для отдельных уровней порядковой зависимой переменной и сравнивать соответствующие эффекты между различными уровнями переменной воздействия. Сравнение оценок предложенной модели с оценками, полученными при использовании традиционной регрессионной модели, не учитывающей эндогенность переменной воздействия, показывает, что игнорирование данной проблемы ведет к искаженным оценкам АТЕ, а следовательно, к неверной интерпретации влияния переменной воздействия.

Особенности применения предложенного метода продемонстрированы на примере анализа влияния психологического стресса на потребление аддитивных веществ среди жителей США. Были оценены средние эффекты воздействия различных уровней стресса на вероятность потребления и частоту потребления алкоголя, сигарет, марихуаны★ и электронных сигарет. Оценки эффектов воздействия позволяют утверждать, что стресс значительно повышает риск потребления рассмотренных аддитивных веществ, в особенности среди женщин и социально-уязвимых групп. Сильнее всего в ответ на серьезный стресс возрастает потребление марихуаны★ и электронных сигарет: для женщин вероятность потребления данных веществ в условиях стресса оказывается более чем в три раза выше по сравнению с базовым уровнем, превосходя соответствующую вероятность для мужчин.

Практическая значимость настоящей работы заключается в выделении групп повышенного риска, для которых стресс наиболее сильно связан с развитием зависимостей. Показано, что молодые одинокие индивиды, не осознающие рисков потребления аддитивных веществ, находятся в зоне повышенного риска формирования зависимости от марихуаны★ и электронных сигарет в условиях стресса, что вызывает особенную озабоченность ввиду стремительного распространения данных аддитивных благ в последние годы. Жители малых населенных пунктов среднего и старшего возраста под воздействием стресса демонстрируют повышенную уязвимость к курению сигарет. Влияние стресса на аддитивное поведение также более остро выражено среди безработных индивидов с низким доходом и без высшего образования, а также среди жителей крупных городов без семьи и детей. Данные результаты могут быть актуальны в контексте разработки адресных мер профилактики, направленных на снижение уровня стресса и предотвращение аддитивных расстройств.

### Список литературы

- Коссова Е. В., Слаболицкий И. С., Потанин Б. С. (2023). Оценивание вероятностей, предельных эффектов и эффектов воздействия в иерархических системах бинарных уравнений. *Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика*, 58 (4), 23–49. DOI: 10.55959/MSU0130-0105-6-58-4-2.
- Коссова Е., Потанин Б. (2018). Обобщение метода Хекмана и модели с переключением на случай произвольного числа уравнений отбора. *Прикладная эконометрика*, 50, 114–143.
- Фенько А., Левин М. (2008). Теории аддитивного поведения. *Финансы и бизнес*, 4 (3), 10–22.
- Abadie A., Imbens G. W. (2006). Large sample properties of matching estimators for average treatment effects. *Econometrica*, 74 (1), 235–267. DOI: 10.1111/j.1468-0262.2006.00655.x.

★ См. сноску на с. 70.

- Angrist J. (1991). Instrumental variables estimation of average treatment effects in econometrics and epidemiology. *NBER Working Paper* t0115. DOI: 10.3386/t0115.
- Boden J. M., Fergusson D. M., Horwood L. J. (2010). Cigarette smoking and depression: Tests of causal linkages using a longitudinal birth cohort. *The British Journal of Psychiatry*, 196 (6), 440–446. DOI: 10.1192/bjp.bp.109.065912.
- Chernozhukov V., Chetverikov D., Demirer M., Duflo E., Hansen C., Newey W., Robins J. (2018). Double/debiased machine learning for treatment and structural parameters. *The Econometrics Journal*, 21 (1), 1–68. DOI: 10.1111/ectj.12097.
- Chesher A., Rosen A. M., Siddique Z. (2025). Estimating endogenous effects on ordinal outcomes. *Review of Economics and Statistics*, 107 (6), 1667–1683. DOI: 10.1162/rest\_a\_01348.
- Chesher A., Smolinski K. (2012). IV models of ordered choice. *Journal of Econometrics*, 166 (1), 33–48. DOI: 10.1016/j.jeconom.2011.06.004.
- Cleck J. N., Blendy J. A. (2008). Making a bad thing worse: Adverse effects of stress on drug addiction. *The Journal of Clinical Investigation*, 118 (2), 454–461. DOI: 10.1172/JCI33946.
- De Goeij M. C., Suhrcke M., Toffolutti V., van de Mheen D., Schoenmakers T. M., Kunst A. E. (2015). How economic crises affect alcohol consumption and alcohol-related health problems: A realist systematic review. *Social Science & Medicine*, 131, 131–146. DOI: 10.1016/j.socscimed.2015.02.025.
- Fergusson D. M., Boden J. M., Horwood L. J. (2011). Structural models of the comorbidity of internalizing disorders and substance use disorders in a longitudinal birth cohort. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 46 (10), 933–942. DOI: 10.1007/s00127-010-0268-1.
- Gfroerer J. C., Larson S. L., Colliver J. D. (2007). Drug use patterns and trends in rural communities. *The Journal of Rural Health*, 23 (1), 10–15. DOI: 10.1111/j.1748-0361.2007.00118.x.
- Gregory C. A. (2015). Estimating treatment effects for ordered outcomes using maximum simulated likelihood. *The Stata Journal*, 15 (3), 756–774.
- Han S., Vytlačil E. J. (2017). Identification in a generalization of bivariate probit models with dummy endogenous regressors. *Journal of Econometrics*, 199 (1), 63–73. DOI: 10.1016/j.jeconom.2017.04.001.
- Horwood L. J., Fergusson D. M., Coffey C., Patton G. C., Tait R., Smart D., Letcher P., Silins E., Hutchinson D. M. (2012). Cannabis and depression: An integrative data analysis of four Australasian cohorts. *Drug and Alcohol Dependence*, 126 (3), 369–378. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2012.06.002.
- Imbens G. W. (2004). Nonparametric estimation of average treatment effects under exogeneity: A review. *Review of Economics and Statistics*, 86 (1), 4–29.
- Imbens G., Angrist J. (1994). Identification and estimation of local average treatment effects. *Econometrica*, 62 (2), 467–475. DOI: 10.2307/2951620.
- Knaus M. C., Lechner M., Strittmatter A. (2021). Machine learning estimation of heterogeneous causal effects: Empirical Monte Carlo evidence. *The Econometrics Journal*, 24 (1), 134–161. DOI: 10.1093/ectj/utaa014.
- Lederbogen F., Kirsch P., Haddad L., Streit F., Tost H., Schuch P., Wüst S., Pruessner J. C., Rietschel M., Deuschle M., Meyer-Lindenberg A. (2011). City living and urban upbringing affect neural social stress processing in humans. *Nature*, 474 (7352), 498–501. DOI: 10.1038/nature10190.
- Madden D. (2008). Sample selection versus two-part models revisited: The case of female smoking and drinking. *Journal of Health Economics*, 27 (2), 300–307. DOI: 10.1016/j.jhealeco.2007.07.001.

- Manthey J., Hassan S. A., Carr S., Kilian C., Kuitunen-Paul S., Rehm J. (2021). Estimating the economic consequences of substance use and substance use disorders. *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research*, 21 (5), 869–876. DOI: 10.1080/14737167.2021.1916470.
- Mitrou F., Nguyen H. T., Le H. T., Zubrick S. R. (2024). The causal impact of mental health on tobacco and alcohol consumption: an instrumental variables approach. *Empirical Economics*, 66 (3), 1287–1310. DOI: 10.1007/s00181-023-02483-x.
- Mourifié I., Méango R. (2014). A note on the identification in two equations probit model with dummy endogenous regressor. *Economics Letters*, 125 (3), 360–363. DOI: 10.1016/j.econlet.2014.10.006.
- Negrao A., Deuster P., Gold P., Singh A., Chrousos G. (2000). Individual reactivity and physiology of the stress response. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 54 (3), 122–128. DOI: 10.1016/S0753-3322(00)89044-7.
- Peltier M. R., Verplaetse T. L., Mineur Y. S., Petrakis I. L., Cosgrove K. P., Picciotto M. R., McKee S. A. (2019). Sex differences in stress-related alcohol use. *Neurobiology of Stress*, 10, 100149. DOI: 10.1016/j.ynstr.2018.100149.
- Rubin D. B. (1974). Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies. *Journal of Educational Psychology*, 66 (5), 688–701. DOI: 10.1037/H0037350.
- Ruhm C. J., Black W. E. (2002). Does drinking really decrease in bad times? *Journal of Health Economics*, 21 (4), 659–678. DOI: 10.1016/s0167-6296(02)00033-4.
- Ruisoto P., Contador I. (2019). The role of stress in drug addiction. An integrative review. *Physiology & Behavior*, 202, 62–68. DOI: 10.1016/j.physbeh.2019.01.022.
- SAMHSA (2024). Key substance use and mental health indicators in the United States: Results from the 2023 National Survey on Drug Use and Health. *HHS Publication No. PEP24-07-021, NSDUH Series H-59*. Center for Behavioral Health Statistics and Quality. <https://www.samhsa.gov/data/report/2023-nsduh-annual-national-report>.
- Sinha R. (2008). Chronic stress, drug use, and vulnerability to addiction. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1141 (1), 105–130. DOI: 10.1196/annals.1441.030.
- Smith V. K., Taylor Jr. D. H., Sloan F. A., Johnson F. R., Desvousges W. H. (2001). Do smokers respond to health shocks? *Review of Economics and Statistics*, 83 (4), 675–687.
- Sorge J. T., Young M., Maloney-Hall B., Sherk A., Kent P., Zhao J., Stockwell T., Perlova K., Macdonald S., Ferguson B. (2020). Estimation of the impacts of substance use on workplace productivity: A hybrid human capital and prevalence-based approach applied to Canada. *Canadian Journal of Public Health*, 111 (2), 202–211. DOI: 10.17269/s41997-019-00271-8.
- Torres O. V., O'Dell L. E. (2016). Stress is a principal factor that promotes tobacco use in females. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 65, 260–268. DOI: 10.1016/j.pnpbp.2015.04.005.
- Verplaetse T. L., Peltier M. R., Roberts W., Pittman B., McKee S. A. (2021). Gender and past year serious psychological distress are associated with past year AUD: Time-varying results from the National Survey on Drug Use and Health (NSDUH; 2008–2017). *Addictive Behaviors*, 116, 106815. DOI: 10.1016/j.addbeh.2020.106815.
- Vytlačil E. (2006). Ordered discrete-choice selection models and local average treatment effect assumptions: Equivalence, nonequivalence, and representation results. *The Review of Economics and Statistics*, 88 (3), 578–581. DOI: 10.1162/rest.88.3.578.

Поступила в редакцию 12.10.2025;  
принята в печать 12.12.2025

## Приложение 1. Дескриптивная статистика

| Переменные                                 | Описание                                                                                                              | Число наблюдений<br>(доля единиц/среднее) |             |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------|
|                                            |                                                                                                                       | Женщины                                   | Мужчины     |
| Возраст (учитывался линейно и квадратично) | Возраст индивида в годах: от 18 до 70 лет                                                                             | 103417 (34)                               | 87536 (33)  |
| <i>Раса</i>                                |                                                                                                                       |                                           |             |
| Белые*                                     |                                                                                                                       | 61713 (61%)                               | 52275 (61%) |
| Темнокожие                                 |                                                                                                                       | 11874 (11%)                               | 9413 (11%)  |
| Латиноамериканцы                           |                                                                                                                       | 5238 (5%)                                 | 4743 (5%)   |
| Азиаты                                     |                                                                                                                       | 18327 (18%)                               | 15580 (18%) |
| Коренные американцы                        |                                                                                                                       | 6265 (6%)                                 | 5525 (6%)   |
| <i>Семейное положение</i>                  |                                                                                                                       |                                           |             |
| В браке*                                   |                                                                                                                       | 35904 (35%)                               | 29281 (33%) |
| Не в браке                                 |                                                                                                                       | 54319 (53%)                               | 51619 (59%) |
| В разводе                                  |                                                                                                                       | 9866 (10%)                                | 5524 (6%)   |
| Вдовец/вдова                               |                                                                                                                       | 3328 (3%)                                 | 1112 (1%)   |
| Дети                                       | Факт наличия по крайней мере одного ребенка                                                                           | 53656 (52%)                               | 42264 (48%) |
| Религиозность                              | Ответ на вопрос: «Играют ли религиозные убеждения важную роль в Вашей жизни?» (1 — да, 0 — нет)                       | 64141 (62%)                               | 50224 (57%) |
| <i>Образование</i>                         |                                                                                                                       |                                           |             |
| Неполное среднее*                          |                                                                                                                       | 25152 (24%)                               | 25855 (30%) |
| Старшая школа                              |                                                                                                                       | 18593 (18%)                               | 18507 (21%) |
| Неполное высшее                            |                                                                                                                       | 26960 (26%)                               | 19386 (22%) |
| Высшее                                     |                                                                                                                       | 32712 (32%)                               | 23788 (27%) |
| Текущее обучение                           | Факт текущего обучения в учебном заведении                                                                            | 30516 (30%)                               | 27254 (31%) |
| Хорошее здоровье                           | Субъективная оценка здоровья: 1 — хорошее или отличное, 0 — иначе                                                     | 60438 (60%)                               | 54367 (63%) |
| Психотерапия                               | Факт прохождения психотерапевтического лечения, не связанного с аддиктивными расстройствами, в течение года до опроса | 31045 (30%)                               | 14972 (17%) |
| Занятость                                  | Статус занятости                                                                                                      | 56406 (55%)                               | 50026 (57%) |
| <i>Доход</i>                               |                                                                                                                       |                                           |             |
| 20000*                                     | Доход индивида (в долл. США)                                                                                          | 18220 (18%)                               | 12430 (14%) |
| > 20000                                    |                                                                                                                       | 28122 (27%)                               | 21796 (25%) |
| > 50000                                    |                                                                                                                       | 15032 (15%)                               | 13199 (15%) |
| > 75000                                    |                                                                                                                       | 42043 (41%)                               | 40111 (46%) |
| <i>Население</i>                           |                                                                                                                       |                                           |             |
| < 10000 человек*                           | Численность населения в пункте проживания индивида                                                                    | 6072 (6%)                                 | 4966 (6%)   |
| > 10000 человек                            |                                                                                                                       | 53651 (52%)                               | 45011 (51%) |
| > 1000000 человек                          |                                                                                                                       | 43694 (42%)                               | 37559 (43%) |
| Переезд                                    | Факт недавнего переезда                                                                                               | 25630 (25%)                               | 20662 (24%) |

Окончание Табл. Прил. 1

| Переменные                                     | Описание                                                                                                                         | Число наблюдений<br>(доля единиц/среднее) |             |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------|
|                                                |                                                                                                                                  | Женщины                                   | Мужчины     |
| Год                                            |                                                                                                                                  |                                           |             |
| 2020*                                          |                                                                                                                                  | 16284 (16%)                               | 13908 (16%) |
| 2021                                           |                                                                                                                                  | 29149 (28%)                               | 24295 (28%) |
| 2022                                           |                                                                                                                                  | 29772 (29%)                               | 25084 (29%) |
| 2023                                           |                                                                                                                                  | 28212 (27%)                               | 24249 (28%) |
| Осознание риска потребления аддитивных веществ |                                                                                                                                  |                                           |             |
| Риск от сигарет                                | Ответ респондента о риске потребления аддитивного вещества: 1 — умеренный или высокий риск; 0 — слабый риск или отсутствие риска | 72315 (70%)                               | 56017 (64%) |
| Риск от марихуаны★                             |                                                                                                                                  | 25014 (24%)                               | 18157 (21%) |
| Риск от тяжелого алкоголя                      |                                                                                                                                  | 47619 (46%)                               | 32647 (37%) |

Примечание. \* — базовая категория.

## Приложение 2. Средние предельные эффекты объясняющих переменных на вероятность потребления аддитивных благ

|                             | Мужчины    |            |            |                  | Женщины    |            |            |                  |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------------|------------|------------|------------|------------------|
|                             | Алкоголь   | Сигареты   | Марихуана★ | Электр. сигареты | Алкоголь   | Сигареты   | Марихуана★ | Электр. сигареты |
| Возраст                     | 0.0013***  | 0.0037***  | -0.0002    | -0.0037***       | 0.0006***  | 0.0034***  | <0.0001    | -0.0028***       |
| Темнокожие                  | -0.0201*** | -0.0106**  | 0.037***   | -0.051***        | -0.0091*** | -0.0423*** | 0.0161***  | -0.0584***       |
| Латино-американцы           | -0.0527*** | -0.0237*** | -0.0927*** | -0.0426***       | -0.0407*** | -0.0692*** | -0.0714*** | -0.054***        |
| Азиаты                      | -0.0113*** | -0.0369*** | -0.0095**  | -0.0364***       | -0.0145*** | -0.068***  | -0.0105*** | -0.0474***       |
| Коренные американцы         | -0.0128*** | 0.0225***  | 0.0468***  | 0.0075           | -0.0007    | 0.0148***  | 0.0333***  | -0.0087**        |
| Не в браке                  | 0.0291***  | 0.047***   | 0.0603***  | 0.0293***        | 0.0211***  | 0.0455***  | 0.0441***  | 0.0273***        |
| В разводе                   | 0.0331***  | 0.0923***  | 0.0689***  | 0.0542***        | 0.0189***  | 0.0704***  | 0.0393***  | 0.0502***        |
| Вдовец/вдова                | -0.0026    | 0.0608***  | 0.0229*    | 0.0481***        | -0.0036    | 0.0355***  | -0.0115    | 0.0177**         |
| Старшая школа               | 0.0001     | -0.0526*** | -0.0154*** | 0.001            | 0.0072**   | -0.0329*** | 0.0007     | 0.007*           |
| Неполное высшее образование | 0.003      | -0.0999*** | -0.015***  | -0.0008          | 0.0156***  | -0.0636*** | 0.0144***  | 0.0036           |
| Высшее образование          | -0.0137*** | -0.1738*** | -0.039***  | -0.0543***       | 0.0054*    | -0.1366*** | -0.0259*** | -0.0532***       |
| Доход: > 20000              | -0.0084**  | -0.0356*** | -0.0106**  | 0.0014           | -0.0052**  | -0.0389*** | -0.015***  | -0.0071***       |
| Доход: > 50000              | -0.0045    | -0.0634*** | -0.0363*** | -0.0059          | -0.0062**  | -0.0601*** | -0.025***  | -0.0195***       |
| Доход: > 75000              | -0.0047    | -0.0988*** | -0.0426*** | -0.0118***       | -0.0034    | -0.0815*** | -0.0366*** | -0.0259***       |
| Занятость                   | 0.0138***  | -0.0055*   | -0.0026    | 0.0253***        | 0.0104***  | -0.0086*** | 0.0104***  | 0.0158***        |
| Текущее обучение            | -0.0019    | -0.0334*** | -0.0397*** | -0.0162***       | -0.0041*   | -0.0307*** | -0.0284*** | -0.015***        |
| Дети                        | -0.0164*** | -0.0031    | -0.0183*** | -0.0054**        | -0.0175*** | -0.0053**  | -0.0237*** | -0.0011          |
| Хорошее здоровье            | -0.0164*** | -0.0401*** | -0.0194*** | -0.0162***       | -0.0035*   | -0.0339*** | -0.0067**  | -0.0067***       |
| Население: > 10000          | 0.0013     | -0.0097*   | 0.0119*    | 0.0244***        | 0.0048     | -0.03***   | 0.0101**   | -0.0011          |
| Население: > 1000000        | -0.0053    | -0.0211*** | 0.0326***  | 0.0207***        | 0.0096***  | -0.0381*** | 0.029***   | -0.006           |
| Религиозность               | -0.0192*** | -0.0285*** | -0.0701*** | -0.0157***       | -0.0159*** | -0.0233*** | -0.0557*** | -0.0122***       |
| Осознание риска             | -0.0778*** | -0.1004*** | -0.1994*** | -0.0367***       | -0.0505*** | -0.101***  | -0.1651*** | -0.0385***       |
| Год: 2021                   | 0.0004     | -0.0043    | 0.0186***  | 0.0082***        | 0.0042*    | -0.0021    | 0.0128***  | 0.0150***        |

★ См. сноску на с. 70.

Окончание Табл. Прил. 2

|           | Мужчины  |           |            |                  | Женщины  |            |            |                  |
|-----------|----------|-----------|------------|------------------|----------|------------|------------|------------------|
|           | Алкоголь | Сигареты  | Марихуана★ | Электр. сигареты | Алкоголь | Сигареты   | Марихуана★ | Электр. сигареты |
| Год: 2022 | −0.0029  | −0.0069*  | 0.0381***  | 0.0663***        | −0.0008  | −0.0095*** | 0.0334***  | 0.0629***        |
| Год: 2023 | −0.006*  | −0.0096** | 0.0473***  | 0.0764***        | 0.0022   | −0.0158*** | 0.0461***  | 0.0799***        |

Примечание. \*\*\* —  $p < 0.01$ , \*\* —  $p < 0.05$ , \* —  $p < 0.1$ .

Gergenreter A. O. Estimation of treatment effects on ordinal variables in multivariate ordered choice models. *Applied Econometrics*, 2026, v. 81, pp. 68–92.

DOI: 10.22394/1993-7601-2026-81-68-92.

### Anastasia Gergenreter

HSE University, Moscow, Russian Federation;  
agergenreter@hse.ru

## Estimation of treatment effects on ordinal variables in multivariate ordered choice models

The current study examines the estimation of treatment effects on ordinal variables when the conditional independence assumption between the treatment variable and the outcome variable is violated. An extension of existing approaches is proposed through a parametric method based on a hierarchical system of ordered choice equations. The key methodological contribution involves deriving analytical formulas for calculating average treatment effects and average marginal effects of explanatory variables within multivariate ordered probit models that account for endogenous treatment and non-random selection in ordinal outcomes. Using NSDUH survey data (2020–2023), we empirically analyze stress effects on addictive goods consumption. The analysis demonstrates a significant impact of stress on the propensity for addictive behavior. It also assesses the treatment effects of different levels of stress on the probability and frequency of substance use. A comparative analysis with models that ignore endogeneity confirms the necessity of an estimation hierarchical system for exact measurement of the stress effect. Substance use probability increases consistently with stress levels, with women exhibiting greater vulnerability to these effects. The study shows that stress impact varies across socioeconomic groups, identifying specific high-risk populations for substance use initiation.

**Keywords:** hierarchical system of equations; multivariate ordered probit model; endogeneity; non-random selection; treatment effects; addictive goods; stress.

**JEL classification:** C18; C31; C35; I12.

## References

- Abadie A., Imbens G. W. (2006). Large sample properties of matching estimators for average treatment effects. *Econometrica*, 74 (1), 235–267. DOI: 10.1111/j.1468-0262.2006.00655.x.
- Angrist J. (1991). Instrumental variables estimation of average treatment effects in econometrics and epidemiology. *NBER Working Paper* t0115. DOI: 10.3386/t0115.

★ См. сноску на с. 70.

- Boden J. M., Fergusson D. M., Horwood L. J. (2010). Cigarette smoking and depression: Tests of causal linkages using a longitudinal birth cohort. *The British Journal of Psychiatry*, 196 (6), 440–446. DOI: 10.1192/bjp.bp.109.065912.
- Chernozhukov V., Chetverikov D., Demirer M., Duflo E., Hansen C., Newey W., Robins J. (2018). Double/debiased machine learning for treatment and structural parameters. *The Econometrics Journal*, 21 (1), 1–68. DOI: 10.1111/ectj.12097.
- Chesher A., Rosen A. M., Siddique Z. (2025). Estimating endogenous effects on ordinal outcomes. *Review of Economics and Statistics*, 107 (6), 1667–1683. DOI: 10.1162/rest\_a\_01348.
- Chesher A., Smolinski K. (2012). IV models of ordered choice. *Journal of Econometrics*, 166 (1), 33–48. DOI: 10.1016/j.jeconom.2011.06.004.
- Cleck J. N., Blendy J. A. (2008). Making a bad thing worse: Adverse effects of stress on drug addiction. *The Journal of Clinical Investigation*, 118 (2), 454–461. DOI: 10.1172/JCI33946.
- De Goeij M. C., Suhrcke M., Toffolutti V., van de Mheen D., Schoenmakers T. M., Kunst A. E. (2015). How economic crises affect alcohol consumption and alcohol-related health problems: A realist systematic review. *Social Science & Medicine*, 131, 131–146. DOI: 10.1016/j.socscimed.2015.02.025.
- Fenko A., Levin M. (2008). Theories of addictive behavior. *Finance and Business*, 4 (3), 10–22 (in Russian).
- Fergusson D. M., Boden J. M., Horwood L. J. (2011). Structural models of the comorbidity of internalizing disorders and substance use disorders in a longitudinal birth cohort. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 46 (10), 933–942. DOI: 10.1007/s00127-010-0268-1.
- Gfroerer J. C., Larson S. L., Colliver J. D. (2007). Drug use patterns and trends in rural communities. *The Journal of Rural Health*, 23 (1), 10–15. DOI: 10.1111/j.1748-0361.2007.00118.x.
- Gregory C. A. (2015). Estimating treatment effects for ordered outcomes using maximum simulated likelihood. *The Stata Journal*, 15 (3), 756–774.
- Han S., Vytlačil E. J. (2017). Identification in a generalization of bivariate probit models with dummy endogenous regressors. *Journal of Econometrics*, 199 (1), 63–73. DOI: 10.1016/j.jeconom.2017.04.001.
- Horwood L. J., Fergusson D. M., Coffey C., Patton G. C., Tait R., Smart D., Letcher P., Silins E., Hutchinson D. M. (2012). Cannabis and depression: An integrative data analysis of four Australasian cohorts. *Drug and Alcohol Dependence*, 126 (3), 369–378. DOI: 10.1016/j.drugalcdep.2012.06.002.
- Imbens G. W. (2004). Nonparametric estimation of average treatment effects under exogeneity: A review. *Review of Economics and Statistics*, 86 (1), 4–29.
- Imbens G., Angrist J. (1994). Identification and estimation of local average treatment effects. *Econometrica*, 62 (2), 467–475. DOI: 10.2307/2951620.
- Knaus M. C., Lechner M., Strittmatter A. (2021). Machine learning estimation of heterogeneous causal effects: Empirical Monte Carlo evidence. *The Econometrics Journal*, 24 (1), 134–161. DOI: 10.1093/ectj/utaa014.
- Kossova E. V., Potanin B. S. (2018). Heckman method and switching regression model multivariate generalization. *Applied Econometrics*, 50, 114–143 (in Russian).
- Kossova E. V., Slabolitskiy I. S., Potanin B. S. (2023). Estimating probabilities, marginal effects and treatment effects in recursive bivariate probit models. *Lomonosov Economics Journal*, 58 (4), 23–49 (in Russian). DOI: 10.55959/MSU0130-0105-6-58-4-2.
- Lederbogen F., Kirsch P., Haddad L., Streit F., Tost H., Schuch P., Wüst S., Pruessner J. C., Rietschel M., Deuschle M., Meyer-Lindenberg A. (2011). City living and urban upbringing affect neural social stress processing in humans. *Nature*, 474 (7352), 498–501. DOI: 10.1038/nature10190.

- Madden D. (2008). Sample selection versus two-part models revisited: The case of female smoking and drinking. *Journal of Health Economics*, 27 (2), 300–307. DOI: 10.1016/j.jhealeco.2007.07.001.
- Manthey J., Hassan S.A., Carr S., Kilian C., Kuitunen-Paul S., Rehm J. (2021). Estimating the economic consequences of substance use and substance use disorders. *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research*, 21 (5), 869–876. DOI: 10.1080/14737167.2021.1916470.
- Mitrou F., Nguyen H. T., Le H. T., Zubrick S. R. (2024). The causal impact of mental health on tobacco and alcohol consumption: an instrumental variables approach. *Empirical Economics*, 66 (3), 1287–1310. DOI: 10.1007/s00181-023-02483-x.
- Mourifié I., Méango R. (2014). A note on the identification in two equations probit model with dummy endogenous regressor. *Economics Letters*, 125 (3), 360–363. DOI: 10.1016/j.econlet.2014.10.006.
- Negrao A., Deuster P., Gold P., Singh A., Chrousos G. (2000). Individual reactivity and physiology of the stress response. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 54 (3), 122–128. DOI: 10.1016/S0753-3322(00)89044-7.
- Peltier M. R., Verplaetse T. L., Mineur Y. S., Petrakis I. L., Cosgrove K. P., Picciotto M. R., McKee S. A. (2019). Sex differences in stress-related alcohol use. *Neurobiology of Stress*, 10, 100149. DOI: 10.1016/j.ynstr.2018.100149.
- Rubin D. B. (1974). Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies. *Journal of Educational Psychology*, 66 (5), 688–701. DOI: 10.1037/H0037350.
- Ruhm C. J., Black W. E. (2002). Does drinking really decrease in bad times? *Journal of Health Economics*, 21 (4), 659–678. DOI: 10.1016/S0167-6296(02)00033-4.
- Ruisoto P., Contador I. (2019). The role of stress in drug addiction. An integrative review. *Physiology & Behavior*, 202, 62–68. DOI: 10.1016/j.physbeh.2019.01.022.
- SAMHSA (2024). Key substance use and mental health indicators in the United States: Results from the 2023 National Survey on Drug Use and Health. *HHS Publication No. PEP24-07-021, NSDUH Series H-59*. Center for Behavioral Health Statistics and Quality. <https://www.samhsa.gov/data/report/2023-nsduh-annual-national-report>.
- Sinha R. (2008). Chronic stress, drug use, and vulnerability to addiction. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1141 (1), 105–130. DOI: 10.1196/annals.1441.030.
- Smith V. K., Taylor Jr. D. H., Sloan F. A., Johnson F. R., Desvousges W. H. (2001). Do smokers respond to health shocks? *Review of Economics and Statistics*, 83 (4), 675–687.
- Sorge J. T., Young M., Maloney-Hall B., Sherk A., Kent P., Zhao J., Stockwell T., Perlova K., Macdonald S., Ferguson B. (2020). Estimation of the impacts of substance use on workplace productivity: A hybrid human capital and prevalence-based approach applied to Canada. *Canadian Journal of Public Health*, 111 (2), 202–211. DOI: 10.17269/s41997-019-00271-8.
- Torres O. V., O'Dell L. E. (2016). Stress is a principal factor that promotes tobacco use in females. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 65, 260–268. DOI: 10.1016/j.pnpbp.2015.04.005.
- Verplaetse T. L., Peltier M. R., Roberts W., Pittman B., McKee S. A. (2021). Gender and past year serious psychological distress are associated with past year AUD: Time-varying results from the National Survey on Drug Use and Health (NSDUH; 2008–2017). *Addictive Behaviors*, 116, 106815. DOI: 10.1016/j.addbeh.2020.106815.
- Vytlačil E. (2006). Ordered discrete-choice selection models and local average treatment effect assumptions: Equivalence, nonequivalence, and representation results. *The Review of Economics and Statistics*, 88 (3), 578–581. DOI: 10.1162/rest.88.3.578.

Received 12.10.2025; accepted 12.12.2025