

# Эконометрический ликбез: вопросы микроэконометрики

## Разрывный дизайн\*

Антон Ниворожкин<sup>†</sup>

*Институт проблем занятости, Нюрнберг, Германия*

В настоящем эссе представлен краткий обзор теории и эмпирического применения разрывного дизайна для оценивания эффекта воздействия программ. На примерах осуществленных исследований рассмотрены основные трудности в применении разрывного дизайна на практике и интерпретации его результатов.

### 1 Введение

Разрывный дизайн впервые был предложен в Thistlethwaite & Campbell (1960) как альтернатива рандомизированным экспериментам для оценивания эффекта воздействия программ. Авторы, анализируя влияние наличия у части студентов именных стипендий на результаты успеваемости, использовали тот факт, что присуждение этих наград было основано на наблюдаемых значениях специального экзаменационного теста. В их исследовании победителями становились все соискатели, получившие оценку выше минимальной. Идея Thistlethwaite & Campbell (1960) состояла в том, что исследователь может использовать информацию об установленном пороге (разрыве) в значениях теста (выше или ниже минимальной оценки теста), чтобы выявить эффект влияния именной стипендии на уровень успеваемости среди лиц, которые получили оценки маргинально выше или ниже пороговой оценки (точки разрыва). При соблюдении некоторых условий распределение в группы воздействия и контрольную может рассматриваться как полностью случайное в непосредственной близости от порогового значения.

При определенных условиях сравнение среднего эффекта воздействия для объектов, находящихся в непосредственной близости от порогового значения, может помочь в выявлении причинно-следственных связей, имеющих социально-экономическое содержание, важное для принятия адекватных управленческих решений.

Несмотря на то, что данная стратегия оценивания известна уже более 50 лет, практическую значимость в социально-экономических исследованиях она приобрела сравнительно недавно. Следуя за Thistlethwaite & Campbell (1960), Angrist & Lavy (1999) использовали правило порога, генерирующее разрыв в величине школьного класса, для оценки влияния количества учеников в классе на результаты успеваемости.

Вслед за ранними статьями в области оценивания эффектов влияния различных факторов на качество образования, литература по разрывному дизайну обратилась и к другим социально-экономическим проблемам, таким как эффекты социальных программ (Lemieux & Milligan, 2008), эффекты воздействия пособий по безработице или пособий по нетрудоспособности на предложение труда (Lalive, 2008; Chen & van der Klaauw, 2008), эффекты воздействия субсидий в медицинском секторе на улучшение здоровья (Card, Dobkin & Maestas,

\* Данное эссе в значительной мере основывается на статье Lee & Lemieux (2009) и Imbens & Lemieux (2008). Цитировать как: Ниворожкин, Антон (2009). «Разрывный дизайн», Квантиль, №7, стр. 1–8. Citation: Nivorozhkin, Anton (2009). "Regression discontinuity design," *Quantile*, No.7, pp. 1–8.

<sup>†</sup> Адрес: Institute for Employment Research (IAB), Regensburger Straße 104, 90478, Nürnberg, Germany. Электронная почта: [anton.nivorozhkin@iab.de](mailto:anton.nivorozhkin@iab.de)

2008), а также эффекты воздействия профсоюзов на заработную плату и трудоустройство (DiNardo & Lee, 2004).

Одним из объяснений возрастающей популярности разрывного дизайна является понимание того, что разрывный дизайн требует менее строгих допущений по сравнению с другими квази-экспериментальными методами. Другой причиной является мнение, высказанное в Lee & Lemieux (2009) и Lee (2008), о том, что разрывный дизайн является не просто дополнительным методом для изучения причинно-следственных связей, но потенциально заслуживает большего доверия, чем другие типичные стратегии, основанные на естественном эксперименте, такие как метод «разность разностей» (см. Вулдридж, 2009) или инструментальные переменные (см. Эббес, 2007). Эта идея получила теоретическое обоснование у Lee (2008), который формально доказал, что нет необходимости в предположении, что разрывный дизайн исключает возможность индивидов влиять на вероятность попадания в группу воздействия или контрольную группу. Однако данный процесс все равно можно рассматривать как случайный как следствие того, что процесс попадания индивидов в некоторую малую область выше или ниже установленного порога не может полностью быть ими контролируемым.

Разрывный дизайн появился относительно недавно в арсенале эмпирических исследований, и число публикаций по его применению пока не столь велико, хотя и быстро растет. В российских публикациях мы пока не нашли примеров его использования. Для заинтересованных читателей можно порекомендовать статьи, опубликованные на английском языке (van der Klaauw, 2008; Imbens & Lemieux, 2008; Lee & Lemieux 2009).

## 2 Определения

Для того чтобы ввести разрывный дизайн в общий контекст современной литературы по вопросам оценивания эффекта воздействия, необходимо знакомство с квази-экспериментальным подходом, предложенным в Rubin (1974) и представленным в Еникилопов (2009). Впервые данный подход в применении к разрывной регрессии был описан в Hahn, Todd & Van der Klaauw (2001).

Пусть для  $N$  объектов, случайно выбранных из генеральной совокупности, где каждый объект обозначен индексом  $i$ ,  $i = 1, \dots, N$ , определено, что каждый из них подвержен одному из двух типов воздействия:  $W_i = 0$ , если объект  $i$  подвергнут контрольному воздействию, и  $W_i = 1$ , если объект  $i$  подвергнут активному воздействию.<sup>1</sup> Предполагается, что для каждого объекта  $i$  определена пара потенциальных исходов,  $Y_i(0)$  и  $Y_i(1)$ , и эффект воздействия определен как  $Y_i(1) - Y_i(0)$ . Основной проблемой, с которой сталкивается исследователь, является то, что невозможно наблюдать одновременно оба исхода  $Y_i(0)$  и  $Y_i(1)$ . Таким образом, для каждого объекта мы наблюдаем исход  $Y_i$ , выраженный как

$$Y_i = (1 - W_i)Y_i(0) + W_iY_i(1) = \begin{cases} Y_i(0) & \text{при } W_i = 0, \\ Y_i(1) & \text{при } W_i = 1, \end{cases}$$

где  $W_i \in \{0, 1\}$ .

Основная идея разрывного дизайна состоит в том, что воздействие определяется полностью или частично значением переменной, определяющей право на участие в программе,  $X_i$ . Эта переменная может коррелировать с потенциальными исходами, но предполагается, что эта корреляция распределена равномерно с каждой стороны разрыва и, таким образом, разрыв в условном распределении исходов, индексированных значением переменной  $X_i$ , можно интерпретировать как причинно-следственный эффект в непосредственной близости от точки разрыва.

Как было отмечено, разрывный дизайн часто возникает как следствие административных решений, при которых число объектов, получающих воздействие, ограничено доступными

<sup>1</sup>Объектами могут быть как индивиды, так и фирмы или даже страны.

ресурсами, и четкие правила, а не субъективное решение чиновника, частично или полностью определяют право на получение воздействия.

### 3 Типы разрывов: четкий и нечеткий дизайн

Для дальнейшей дискуссии будет полезно разделить разрывный дизайн на два типа: четкий (*sharp*) и нечеткий (*fuzzy*) (Trochim, 1984; Hahn, Todd & Van der Klaauw, 2001).

#### 3.1 Четкий дизайн

При четком дизайне распределение  $W_i$  является детерминированной функцией переменной, определяющей право на участие в программе  $X_i$ :

$$W_i = \mathbb{I}\{X_i \geq c\},$$

где  $c$  – пороговое значение. При значениях  $X_i \geq c$  объекты приписываются к группе воздействия (и участие для индивидов в ней является обязательным), а при значениях  $X_i < c$  наблюдения приписываются к группе контроля (и члены этой группы не имеют права на участие в группе воздействия ни при каких обстоятельствах). В случае четкого дизайна при расчете эффекта участия в программе разрыв рассматривается как условное математическое ожидание исхода воздействия таким образом, что

$$\lim_{x \downarrow c} \mathbb{E}[Y_i | X_i = x] - \lim_{x \uparrow c} \mathbb{E}[Y_i | X_i = x] = \lim_{x \downarrow c} \mathbb{E}[Y_i(1) | X_i = x] - \lim_{x \uparrow c} \mathbb{E}[Y_i(0) | X_i = x],$$

и может быть интерпретирован как причинно-следственный эффект в непосредственной близости от точки разрыва:

$$\tau_{SRD} = \mathbb{E}[Y_i(1) - Y_i(0) | X_i = c].$$

Для того чтобы данный эффект являлся причинно-следственным, используется допущение о сглаживаемости.

#### Допущение 1. Непрерывность регрессионных функций:

Если  $\mathbb{E}[Y_i(1) | X_i = x]$  и  $\mathbb{E}[Y_i(0) | X_i = x]$  являются непрерывными по  $x$ , то

$$\tau_{SRD} = \lim_{x \downarrow c} \mathbb{E}[Y_i | X_i = x] - \lim_{x \uparrow c} \mathbb{E}[Y_i | X_i = x].$$

В эмпирической работе всегда есть необходимость экстраполяции, так как не существует наблюдений со значением  $X_i = c$ , для которых можно было бы наблюдать значение  $Y_i(0)$ . Таким образом, необходимо использовать наблюдения со значениями  $X_i$ , произвольно близкими к  $c$ .

Рассмотрим применение точного дизайна на графическом примере, предложенном в Thistlethwaite & Campbell (1960) и Lee (2009) (см. Рис. 1). Представим что для некоего индивида  $i$  переменная  $X_i$  равна  $c$ , экзаменационный балл на право получения стипендии, равен пороговому значению, и, таким образом, данный индивид попадает в группу воздействия. Для того, чтобы получить оценку причинно-следственного эффекта воздействия в данном случае, необходимо знать, каков был бы исход  $Y$  в случае, если бы данный индивид воздействию не подвергался.

В случае, если остальные факторы существенно не менялись, то, вероятно, что  $B$  будет верной аппроксимацией значения  $Y$  в случае получения воздействия, и  $A$  в случае, если воздействие не было оказано. Таким образом, разница  $B - A$  будет являться оценкой эффекта.

Рис. 1 является иллюстрацией того, что в случае применения разрывного дизайна необходимо использовать наблюдения, у которых значение переменной  $X_i$  близко к пороговому. Вместе с тем необходимо отметить, что в практической работе далеко не всегда утверждение

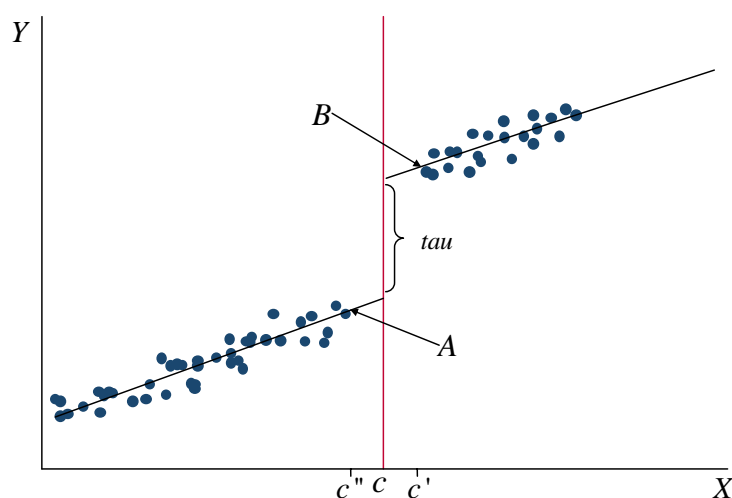


Рис. 1: Графический пример разрывного дизайна

«чем ближе к пороговому значению, тем лучше» оправданно. Чем более узок интервал, на котором оценивается эффект, тем меньше количество данных. К примеру, на Рис. 1 невозможно оценить эффект на интервале уже, чем  $c'$  и  $c''$ , так как такой интервал не содержит наблюдений.

В случае использования ограниченной выборки необходимо полагаться на аппроксимацию, использовать наблюдения на достаточно широком отрезке, таком как  $c'$  и  $c''$ , для того чтобы оценить эффект воздействия в точке  $c$ . В действительности, если взаимосвязь между  $Y$  и  $X$  линейная, то оценка параметра  $\tau$  с помощью простой линейной регрессии в форме  $Y = \alpha + \tau W + \beta X + \varepsilon$  будет являться наилучшей несмещенной оценкой.

Непременным условием для применения разрывного дизайна является то, что все остальные переменные, определяющие  $Y$ , должны быть гладкими функциями по  $X$ . Если одна или несколько переменных, определяющих  $Y$ , резко изменяются в точке  $c$ , то параметр  $\tau$  будет смещенной оценкой воздействия. К примеру, если доходы родителей связаны с результатами сдачи теста и получением стипендии (поскольку дети из более состоятельных семей заканчивают школы с лучшим качеством подготовки), то проведенный анализ эффекта получения стипендии на академическую успеваемость будет, безусловно, смещен. Неизвестно, является ли успеваемость следствием получения стипендии или высоких доходов родителей, или же это – комбинация двух факторов.

### 3.2 Взаимосвязь разрывного дизайна и мэтчинга

Точный дизайн можно рассматривать как специальный случай отбора по наблюдаемым характеристикам, как поступили Heckman, Lalonde & Smith (1999) и Heckman & Robb (1985). Вместе с тем, разрывный дизайн существенно отличается от стандартных подходов к отбору по наблюдаемым характеристикам, таких как мэтчинг (см. Ениколопов, 2009). Допущение о несмешиваемости, являющееся нетестируемым в большинстве методов, тривиально выполняется в разрывном дизайне, так как при  $X_i \geq c$  переменная  $W_i$  всегда будет равняться единице, а при  $X_i < c$  переменная  $W_i$  будет всегда равна нулю. Таким образом, при условии наблюдения значений  $X_i$  вариации в  $W_i$  нет, и других ненаблюдаемых факторов не существует.

В то же время другое стандартное допущение о пересечении оказывается нарушенным, так как невозможно найти наблюдение с  $W_i = 0$  или  $W_i = 1$  для одного и того же значения переменной  $X_i$ . Это является причиной необходимости введения допущения о непрерывности в точке. И хотя нельзя наблюдать  $W_i = 0$  и  $W_i = 1$  для одного и того же значения переменной

$X_i$ , можно наблюдать исходы для приблизительно одинаковых значений в непосредственной близости от порогового значения.

Приведем пример применения точного дизайна. Black (1999) предпринял попытку оценить готовность родителей платить за улучшение качества образования детей. В США качество школ зачастую тесно связано с ценами на недвижимость, так как родители нередко предпочитают селиться в районах, где качество школ лучше. Стандартная регрессионная модель не может справиться с решением данной проблемы, поскольку велика вероятность того, что некоторые переменные, связанные с качеством школ в районе или с качеством жилья, будут опущены. Black (1999) для исследования отобрал только те домовладения, которые находились непосредственно на границе районов, соседствовали друг с другом и, следовательно, должны быть похожи. Единственным отличием являлось то, к какой школе был приписан дом. В терминах разрывной регрессии это представляется двумя школами по обе стороны границы (хорошая школа с правой стороны,  $W_i = 1$ , и плохая – с левой,  $W_i = 0$ ) и ценами на недвижимость, плавно изменяющимися по мере отдаления от границы.

### 3.3 Нечеткий дизайн

В нечетком дизайне вероятность воздействия не меняется с нуля на единицу в точке разрыва. Вместо этого при нечетком дизайне вероятность изменения воздействия в точке разрыва всегда меньше единицы. Таким образом,

$$\lim_{x \downarrow c} \Pr\{W_i = 1 | X_i = x\} \neq - \lim_{x \uparrow c} \Pr\{W_i = 1 | X_i = x\}.$$

Данная ситуация возникает, когда стимул для участия в программе присутствует, но он недостаточно силен, чтобы все индивиды захотели участвовать в программе. В таком дизайне мы интерпретируем отношение изменения исхода к изменению в доле участников:

$$\tau_{FRD} = \frac{\lim_{x \downarrow c} \mathbb{E}[Y_i | X_i = x] - \lim_{x \uparrow c} \mathbb{E}[Y_i | X_i = x]}{\lim_{x \downarrow c} \mathbb{E}[W_i | X_i = x] - \lim_{x \uparrow c} \mathbb{E}[W_i | X_i = x]}.$$

Рассмотрим применение нечеткого дизайна на примере эффекта конкурса на получение стипендии для поступления в определенный университет, изученный van der Klaauw (2002). Определим  $X_i$  как оценку, данную университетом абитуриенту на основе его школьного аттестата и позволяющую университету разделить студентов согласно их успеваемости на  $L$  групп. Допустим, что в нашем случае существует только одна точка разрыва  $c$  и соответственно две группы. Получение оценки немного выше, чем  $c$ , позволяет абитуриенту войти в первую группу и существенно увеличить шансы на получение стипендии по сравнению со случаем, когда его оценка слегка ниже  $c$ , и он во второй группе.

В описанном случае связь между поступлением в университет и получением стипендии не является однозначной. С одной стороны, финансовая помощь, предложенная университетом, делает его более привлекательным для студента. С другой стороны, студент, который набрал достаточную сумму баллов для получения стипендии в одном университете, с большей вероятностью, чем не набравший баллов, получит помощь и в другом университете. В примере van der Klaauw (2002) решение университета о помощи не является детерминированной функцией оценок. Другие факторы, такие как грамотно составленное резюме и рекомендационные письма играют, несомненно, важную роль. Несмотря на это, автор нашел значительный разрыв в вероятности получения финансовой помощи в зависимости от оценок в аттестате, но данный разрыв не является четким, а скорее размытым, нечетким.

Перейдем к интерпретации  $\tau_{FRD}$ . Эффект нечеткого дизайна может быть интерпретирован сквозь призму инструментальных переменных, когда эффект участия варьируется среди участников. Пусть  $W_i(x)$  – потенциальный статус участника при условии наличия точки отсечения  $c$  для  $x$  в некоторой малой области вокруг  $x$ .  $W_i(x)$  равен единице для всех  $i$ ,

которые могут получать или получают воздействие, если точка разрыва  $c$  равна  $x$ . Это, вообще говоря, означает, что существует возможность манипуляций с точкой  $c$ . Например, если  $X$  – возраст, по которому индивид отбирается для участия в программе, то можно представить ситуацию, при которой возраст изменится таким образом, что для индивида право на участие в программе изменится с  $c$  на  $c + \varepsilon$ . В этом случае необходимо принять допущение о монотонности.

**Допущение 2:**  $W_i(x)$  – невозрастающая функция в точке  $x$  при условии, что  $x = c$ .

Определим статус соответствия (complier). Данная концепция схожа с концепцией инструментальных переменных, предложенных в Imbens & Angrist (1994). Наблюдение имеет статус соответствия, если

$$\lim_{x \downarrow X_i} W_i(x) = 0, \quad \lim_{x \uparrow X_i} W_i(x) = 1.$$

Соответствующий индивид – это тот, кто попадет под воздействие, если пороговое значение установлено на уровне  $X_i$  или ниже, и не попадет, если пороговое значение – выше, чем  $X_i$ . Таким образом,

$$\tau_{FRD} = \mathbb{E}[Y_i(1) - Y_i(0) | X_i = x \text{ и наблюдение } i \text{ имеет статус соответствия}].$$

Эта формула позволяет оценить средний эффект участия для объектов с  $X_i = c$  и только для наблюдений со статусом соответствия.

Вернемся к примеру о назначении финансовой помощи студентам. Допустим, что присуждение стипендии основано не только на академической успеваемости, но и на национальном признаке поступающего таким образом, что студенты национальностей, не представленных в университете, всегда получают стипендию, в то время как остальные студенты могут получить стипендию только при условии, если они набрали пороговое или выше число баллов. В случае, если национальный статус студентов является ненаблюдаемой характеристикой, дизайн исследования будет нечеткий. Эффект воздействия в свою очередь будет оценен только для подгруппы студентов, которые набрали балл, близкий к пороговому значению. В нашем случае это подгруппа студентов, не являющихся национальным меньшинством.

#### 4 Ситуации, когда разрывный дизайн таковым не является

Критическим вопросом, на который необходимо ответить исследователю, является вопрос о том, насколько значимо индивиды могут влиять на параметры, определяющие право на участие в программе. Если программа очень привлекательная, а индивиды могут манипулировать параметрами таким образом, чтобы получить возможность участвовать в программе, то очень вероятно, что индивиды по обе стороны от порогового значения будут существенно различаться.

Приведем пример. Представим что существуют два типа студентов, А и Б, проходящих тест. В нашем примере студенты А обладают большими способностями для успешной сдачи теста (50 процентов правильных ответов на вопросы письменного теста), чем студенты Б. Предположим также, что студенты Б не заинтересованы в материальной помощи университета. Более того, предположим, что ответы на 50 процентов теста являются тривиальными и ошибки в ответах на эти вопросы могут быть допущены лишь случайно и исправлены при перепроверке перед сдачей результатов. В данном случае, если студенты типа А перед сдачей экзамена проверят свои работы, они тем самым могут гарантированно успешно пройти тест. Таким образом, и А-, и Б-студенты могут сдать экзамен, в то время как студенты, которые не сдадут экзамен, будут всегда только типа Б. Сравнение группы студентов, которые маргинально не сдали экзамен, и студентов, которые маргинально экзамен сдали, не будет являться корректным, и, следовательно, в этом случае применять разрывную регрессию неправильно.

Внесем изменения в предыдущий пример. Пусть задания для экзамена не являются тривиальными, и нет гарантии того, что студент сдаст экзамен, несмотря на то, что он его перепроверит перед сдачей. В данном случае распределение студентов на маргинально сдавших и не сдавших экзамен является случайным.

Безусловно, студенты типа А могут лучше подготовиться к экзамену, потому что они знают, что их стипендия зависит от этого, но вместе с тем они не могут гарантированно успешно сдать экзамен. В данном случае можно сравнивать группы студентов, которые маргинально сдали и не сдали экзамен, и применение разрывной регрессии оправдано.

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что у исследователя должно присутствовать адекватное понимание механизма и экономического смысла функционирования программы. Основная идея состоит в том, что необходимо понять, имеют ли объекты полный контроль над тем, в какую группу они входят (контрольную или воздействия), или же они могут лишь влиять на свое пороговое значение, но при этом распределение между контрольной группой и группой воздействия все равно случайно в непосредственной близости от порогового значения.

## 5 Интерпретация разрывной регрессии

Как было видно из приведенного анализа, четкий и нечеткий дизайн дают в лучшем случае оценку среднего эффекта воздействия для подгруппы из группы воздействия, такую, что  $X_i = c$ . Более того, нечеткий дизайн дает оценку среднего эффекта воздействия только для подгруппы индивидов, имеющих статус соответствия. Без дополнительных допущений (к примеру, допущения об однородности эффекта) экстраполяция результатов на другие подгруппы невозможна. Разрывный дизайн ни в каком случае не позволит получить оценку среднего эффекта для генеральной совокупности. В этом смысле разрывный дизайн имеет достаточно ограниченную интерпретацию. Несмотря на это, средние эффекты воздействия, которые можно получить, корректно применяя разрывный дизайн, могут быть полезны лицам, принимающим управленческие, политические решения, в случаях, когда возникает необходимость изменений пороговых значений, к примеру, возраста выхода на пенсию. Главным же преимуществом применения разрывного дизайна по сравнению с другими методами является то, что он не основывается на допущении о несмешиваемости и, следовательно, имеет более высокую степень достоверности.

## Благодарности

Автор благодарит Людмилу и Евгения Ниворожкиных за комментарии.

## Список литературы

- Вулдридж, Дж. (2009). Оценивание методом «разность разностей». *Квантиль* 6, 15–23.
- Ениколопов, Р. (2009). Оценивание эффекта воздействия. *Квантиль* 6, 3–14.
- Эббес, П. (2007). Инструментальные переменные и эндогенность: Нетехнический обзор. *Квантиль* 2, 3–20.
- Angrist, J.D. & V. Lavy (1999). Using Maimonides' rule to estimate the effect of class size on scholastic achievement. *Quarterly Journal of Economics* 114, 533–575.
- Black, S. (1999). Do better schools matter? Parental valuation of elementary education. *Quarterly Journal of Economics* 114, 577–599.
- Card, D., C. Dobkin & N. Maestas (2008). The impact of nearly universal insurance coverage on health care utilization: Evidence from Medicare. *American Economic Review* 98, 2242–2258.
- Chen, S. & W. van der Klaauw (2008). The work disincentive effects of the disability insurance program in the 1990s. *Journal of Econometrics* 142, 757–784.

- DiNardo, J. & D.S. Lee (2004). Economic impacts of new unionisation on private sector employers: 1984–2001. *Quarterly Journal of Economics* 142, 1383–1441.
- Hahn, J., P. Todd, & W. Van der Klaauw (2001). Identification and estimation of treatment effects with a regression-discontinuity design. *Econometrica* 69, 201–209.
- Heckman, J.J., R.J. Lalonde & J.A. Smith (1999). The economics and econometrics of active labor market programs. Глава в *Handbook of Labor Economics*, том 3А (под редакцией Ashenfelter, O. & D. Card). Elsevier Science.
- Heckman, J. & R. Robb (1985). Alternative methods for evaluating the impact of interventions. Глава в *Longitudinal Analysis of Labor Market Data* (под редакцией Heckman, J.J. & B.S. Singer). Cambridge University Press.
- Imbens, G. & J.D. Angrist (1994). Identification and estimation of local average treatment effects. *Econometrica* 61, 467–476.
- Imbens, G. & T. Lemieux (2008). Regression discontinuity designs: A guide to practice. *Journal of Econometrics* 142, 615–635.
- Lalive, R. (2008). How do extended benefits affect unemployment duration? A regression discontinuity approach. *Journal of Econometrics* 142, 785–806.
- Lee, D.S. (2008). Randomized experiments from non-random selection in U.S. House elections. *Journal of Econometrics* 142, 675–697.
- Lee, D.S. & T. Lemieux (2009). Regression discontinuity designs in economics. NBER Working Paper 14723.
- Lemieux, T. & K. Milligan (2008). Incentive effects of social assistance: A regression discontinuity approach. *Journal of Econometrics* 119, 807–829.
- Rubin, D. (1974). Estimating causal effects of treatments in randomized and non-randomized studies. *Journal of Educational Psychology* 66, 688–701.
- Thistlethwaite, D.L. & D.T. Campbell (1960). Regression-discontinuity analysis: An alternative to the ex-post facto experiment. *Journal of Educational Psychology* 51, 309–317.
- Trochim, W.M.K. (1984). *Research Design for Program Evaluation: The Regression-Discontinuity Approach*. Beverly Hills: Sage Publications.
- van der Klaauw, W. (2002). Estimating the effect of financial aid offers on college enrollment: A regression-discontinuity approach. *International Economic Review* 43, 1249–1287.
- van der Klaauw, W. (2008). Regression-discontinuity analysis: A survey of recent developments in economics. *Labour* 22, 219–245.

## Regression discontinuity design

Anton Nivorozhkin

*Institute for Employment Research (IAB), Nürnberg, Germany*

This essay presents a brief review of the theory and empirical implementation of the discontinuity design for estimation of treatment effects of programs. Using published studies as examples, we consider the main difficulties in applications of the discontinuity design in practice and interpretation of results.