

Анализ статьи по влиянию мер общественного здравоохранения на сдерживание Covid-19

Александр Алгазинов

Высшая школа экономики

5 июня 2023

Все, что нужно знать

Мотивация

Некоторые меры, которые предпринимались для снижения роста заболеваемости, могли быть скорее дискомфортными, нежели эффективными. Соответственно, полезно провести анализ с целью подготовки к возможным будущим эпидемиям

Коротко о статье

Написана четырьмя исследователями, опубликована весной 2021 года в Journal of Regional Science, есть в открытом доступе

Абстрактно о работе

Авторы выявили, какие меры общественного здравоохранения способствовали сдерживанию распространения вируса, а какие оказались бесполезными, либо их польза под сомнением. Для этого они с помощью пространственного DiD проанализировали ситуацию во время первой волны пандемии весной 2020 года в Германии

Что авторы сделали:

- 1. Провели пространственный панельный анализ данных по 401 региону Германии NUTS-3
- 2. Проанализировали эффективность шести мер по сдерживанию, учитывая временные и региональные различия в их реализации
- 3. Выявили значительные различия в эффективности проводимых мероприятий в области общественного здравоохранения

Авторы использовали:

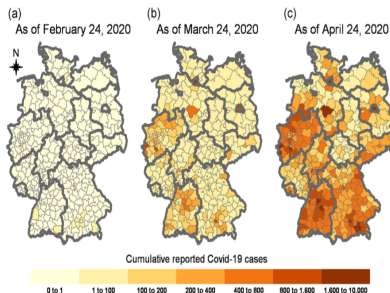
- 1. Пространственный DiD для определения последствий мер общественного здравоохранения
- 2. Пространственную модель Дурбина (SDM) для учета региональных побочных эффектов
- 3. Альтернативные модели пространственных панельных данных для проверки надежности определения взаимосвязей

Ключевые идеи, или почему обычный DiD не работает

- Чисто пространственные регрессии не позволяют установить причинно-следственные связи.
- Существенные пространственные побочные эффекты приводят к смещенным и несостоятельным оценкам эффектов воздействий.
- Когда меры принимаются в разные моменты времени, воздействие политики может быть получено не только за счет различий между различными субъектами в одно и то же время, но и за счет временных изменений интересующей переменной.
- Предположение SUTVA явно нарушается, когда люди взаимодействуют друг с другом через региональные границы.
- Параллельного тренда тоже явно нет, поэтому нужно учитывать региональные особенности в анализе.
- Checkpoint: авторы объяснили, почему классический DiD использовать не стоит, и почему их подход валиден.

- Закрытие учебных заведений
- Закрытие общественных учреждений
- Закрытие магазинов не первой необходимости
- Закрытие ресторанов
- Ограничения на контакты
- Обязанность носить медицинскую маску

- Авторы используют официальную региональную статистику Германии по зарегистрированным случаям Covid-19:



- Затем они считают логарифмические совокупные показатели заболеваемости для района r в день t :

$$\log(\text{Cumulative incidence rate})_{r,t} = \log\left(\frac{\text{Cumulative cases}_{r,t+1}}{\text{Population}_r} * 1e5\right) = cit_{r,t}.$$

$$\Delta cit_{r,t} = cit_{r,t} - cit_{r,t-1}.$$

Эконометрическое моделирование (обозначения)

- $\Delta cit_{r,t}$ - зависимая переменная модели панельных данных.
- D_{rt}^k = [действие k введено в регионе r в день t].
- $W^* \in R^{n \times n}$ - матрица смежности графа связности регионов в пространстве, то есть $w_{rs}^* = [\exists \text{ ребро}(r, s) \mid r \neq s]$.
- $w_{rs} = \frac{w_{rs}^*}{\sum_{l=1}^n w_{rl}^*}$ - стандартизированные по строкам веса.
- $SL(D_{rt}^k) = \sum_{s=1}^n w_{rs} D_{rt}^k$ - пространственный лаг, или как предпринятые в других регионах меры влияют на распространение болезни в рассматриваемом регионе.
- У нас явно нарушается предположение DiD об однородности траекторий. При этом мы можем учесть это в модели:
- $\beta_r t$ - специфичные тренды региона, α_r - региональные фиксированные эффекты, δ_t - временные фиксированные эффекты, day_j - краткосрочные сезонности.

Эконометрическое моделирование (модель)

Из-за инкубационного периода и задержки в информировании о заражении, переменные воздействия вводятся в модель с временной задержкой в τ дней:

$$\Delta cir_{rt} = \sum_{k=1}^K \gamma_k D_{r,t-\tau}^k + \sum_{k=1}^K \theta_k SL(D_{r,t-\tau}^k) + \beta_r t + \sum_{j=1}^J day_j + \alpha_r + \delta_t + u_{rt}. \quad (1)$$

$$u_{rt} = \rho SL(u_{rt}) + v_{rt}. \quad (2)$$

У нас нет наблюдаемых региональных особенностей, изменяющихся во времени, в качестве объясняющих переменных. Оценим их, то есть $SL(u_{rt}) = \sum_{s=1}^n w_{rs} u_{st}$ - процесс пространственных ошибок, предотвращающий потенциальное смещение пропущенной переменной. (1) + (2) - SDEM; $\theta = 0 \Rightarrow$ SEM; $\rho = 0 \Rightarrow u_{rt} = v_{rt} \Rightarrow$ SLX.

Анализ бейзлайна и его улучшения

Пользуясь опытом коллег, авторы оценили, что:

$$ATET(SDEM) = \gamma_k + \theta_k \overline{SL(D^k)}.$$

Когда регионы последовательно включаются в программу, $ATET(SDEM) \rightarrow \gamma_k + \theta_k$. Этот результат не зависит от принятых в рассматриваемом регионе мер \Rightarrow мы можем лучше:

$$\Delta cir_{rt} = \lambda SL(\Delta cir_{rt}) + \sum_{k=1}^K \gamma_k D_{r,t-\tau}^k + \sum_{k=1}^K \theta_k SL(D_{r,t-\tau}^k) + \beta_r t + \sum_{j=1}^J day_j + \alpha_r + \delta_t + u_{rt}.$$

$SL(\Delta cir_{rt})$ - пространственный лаг (средняя логарифмическая разница кумулятивных заражений на 1e5 жителей в приграничных районах r).
Оценим воздействия, включающие побочные эффекты (SDM):

$$S_t(W) = (I - \lambda W)^{-1}(\gamma I + \theta W) \Rightarrow ATET(SDM)_k = (1 - \lambda)^{-1}(\gamma_k + \theta_k \overline{SL(D^k)}).$$

- Показатели инфицирования пространственно автокоррелированы в регионах (коэффициент Морана = 0,3223 ($p < 0,001$)).
- За некоторыми исключениями расчетные коэффициенты тренда являются статистически значимыми на уровне 5%.
- Возникла необходимость включения ежедневной сезонности.
- Policy dummies вводятся в модель с лагом в неделю.
- Модели SEM и SDEM оцениваются как baseline для проверки робастности и гипотезы об общем факторе.
- Необходимость учета пространственных эффектов подтверждается тестом Бройша-Пагана.
- Наибольший эффект вносят ограничения на контакты и маски.

Эффекты воздействия в таблицах

TABLE 2 ML estimated spatial panel data models

Containment measure	Spatial panel models without endogenous spillovers		Spatial panel model with endo-genous spillovers
	SEM	SDM	SDM
School closure	-0.0436** (0.0099)	-0.0526** (0.0108)	-0.0487** (0.0108)
Establishment closure	-0.0252*** (0.0131)	-0.0213 (0.0147)	-0.0216 (0.0147)
Shopping mall closure	-0.0233* (0.0110)	-0.0177 (0.0119)	-0.0163 (0.0119)
Restaurant closure	-0.0234** (0.0087)	-0.0212* (0.0096)	-0.0206* (0.0096)
Contact restrictions	-0.1193** (0.0075)	-0.1269** (0.0082)	-0.1261** (0.0081)
Face mask duty	-0.1223* (0.0555)	-0.1233* (0.0555)	-0.1255* (0.0551)
Spatial autoregressive parameter	0.0803** (0.0093)	0.0787** (0.0093)	0.0802** (0.0089)
Region-specific time trends	Yes	Yes	Yes
Regional FE	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes
LogLik	7877.9	7895.7	7901.5
Local CD	12.126	12.118	12.118
Local BSCLM	61.760	61.760	61.760

Note: Standard errors are given in parentheses.

Abbreviations: HC, heteroscedasticity consistent; Local BSCLM, Breusch and Pagan's bias-corrected scaled LM test for spatial autocorrelation; Local CD, Pesaran's CD test for spatial autocorrelation; LogLik, logarithmic likelihood; ML, maximum likelihood; SDEM, spatial error Durbin model; SDM, spatial Durbin model; SEM, spatial error model.

*5% significance level, **1% significance level, ***10% significance level.

TABLE 3 Impact decomposition of containment measures

	Combined localized impacts	Feedback impacts	Total impacts
SDM panel model			
School closure	-0.0487** (0.0102)	-0.0042** (0.0010)	-0.0529** (0.0111)
Establishment closure	-0.0216 (0.0148)	-0.0019 (0.0013)	-0.0235 (0.0161)
Shopping mall closure	-0.0163 (0.0116)	-0.0010 (0.0012)	-0.0177 (0.0126)
Restaurant closure	-0.0206* (0.0098)	-0.0018* (0.0009)	-0.0224* (0.0106)
Contact restrictions	-0.1261** (0.0082)	-0.0110** (0.0015)	-0.1371** (0.0090)
Face mask duty	-0.1255* (0.0551)	-0.0109* (0.0051)	-0.1364* (0.0599)

Note: Simulated standard errors are given in parentheses: Monte Carlo simulation.

*5% significance level, **1% significance level.

Влияние эффектов на кривую заражения

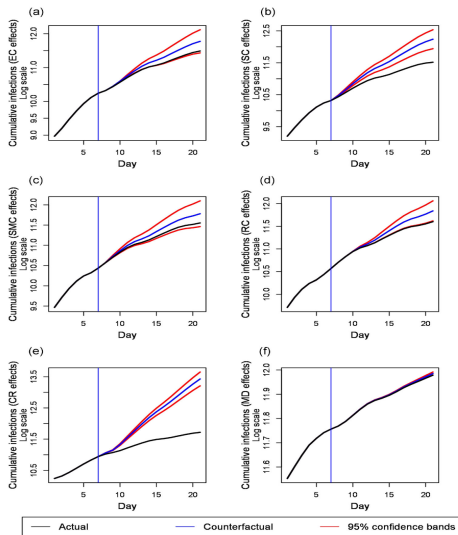


FIGURE 3 Temporal impacts of health measures on the German pandemic curve. (a) Establishments closure, (b) school closure, (c) shopping malls closure, (d) restaurants closure, (e) contact restrictions, and (f) mask duty. Vertical line: Separation between pretreatment period and treatment period; Length of pretreatment period: 1 week; length of treatment period: 2 weeks [Color figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

Проверка на робастность (SAR, GNS, изменения в лагах)

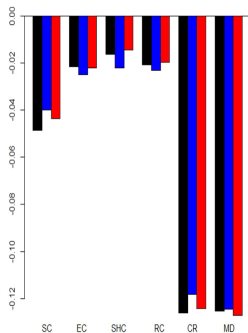


FIGURE 4 Comparison of response coefficients of SDM, SAR, and GNS models. Horizontal axis: Public health measures, vertical axis: Response coefficients of spatial panel data models, Black bars: SDM model, blue bars: SAR model, red bars: GNS model. CR, contact restrictions; EC, establishment closure; GNS, general nested spatial; MD, face mask duty; RC, restaurant closure; SAR, spatial autoregressive; SC, school and daycare facilities closure; SDM, spatial Durbin model; SHC, shopping mall closure [Color figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

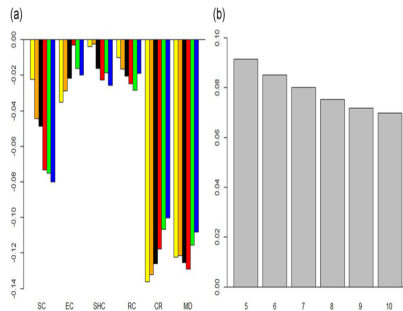


FIGURE 5 Comparison of response and spillover coefficients for varying lags. (a) Response coefficients for lags between 5 and 10 days and (b) Spatial spillover coefficient for lags between 5 and 10 days. Horizontal axis: Public health measures, vertical axis: Response coefficients of spatial panel data models, Yellow bars: Lag 5, Orange bars: Lag 6, Black bars: Lag 7, Red bars: Lag 8, Green bars: Lag 9, Blue bars: Lag 10. CR, contact restrictions; EC, establishment closure; MD, face mask duty; RC, restaurant closure; SC, school and daycare facilities closure; SHC, shopping mall closure [Color figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

- Авторы убеждены, что построили дизайн исследования, достаточный для выявления причинно-следственных связей.
- Были учтены эффекты межрегиональной политики, побочные эффекты эндогенных пространственных инфекций.
- Были отслежены пропущенные переменные, не зависящие от времени, и общенациональные тенденции заражения.
- Наибольший эффект - ограничения на контакты (14 п. п), и маски (13.5 п. п).
- Другой значимый эффект - закрытие школ (5.5 п. п).
- Закрытие ресторанов - значимый, но не робастный эффект.
- Эффекты от закрытия общественных учреждений и магазинов не первой необходимости не являются статистически значимыми.
- Авторы указывают, что их исследование не является идеальным и полным (например, не все меры были рассмотрены).

Что нам понравилось

- 1. Уникальность - ни в одном другом исследовании, связанном с Covid-19, не использовались преимущества пространственного подхода DiD (по словам авторов)
- 2. Старательность при моделировании, внимание к деталям
- 3. Проверка робастности, построение нескольких моделей
- 4. Каждый шаг тщательно обоснован / подтвержден тестами
- 5. Много (нет, даже так - МНОГО) источников

Наши замечания

- 1. Плохое описание таблиц (в некоторых случаях пришлось гадать, что же там написано)
- 2. Плохое качество оформления, когда речь идет про математические формулировки (затрудняло разбор и анализ статьи)

Лекция по Введению в пространственную эконометрику, Вакуленко Е.С, д.э.н., профессор департамента прикладной экономики НИУ ВШЭ



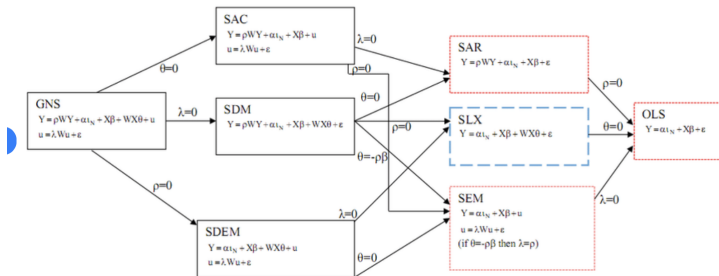
Reinhold Kosfeld, Timo Mitze, Johannes Rode, Klaus Wälde (2021)

The Covid-19 containment effects of public health measures: A spatial difference-in-differences approach

Journal of Regional Science 61(4), 687 – 881.

Спасибо за внимание!

Приложение: общая схема пространственных моделей



Different stipulations of spatial econometric(SDM: Spatial Durbin Model; SDEM: Spatial Durbin Error Model; SAR: Spatial Autoregressive Model; SEM: Spatial Error Model; OLS: Ordinary Least Squares Model; SLX: Spatial Lag of X Model; SAC: Spatial Autoregressive Combined; GNS: General Nesting Spatial Model)