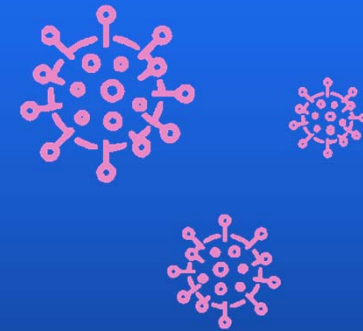


Конференция пользователей Esri в России и странах СНГ
17 – 19 ноября 2020 г.

COVID-19 в России: региональные особенности и географические факторы



Малхазова С.М.¹

Коренной Ф.И.²

Шартова Н.В.¹

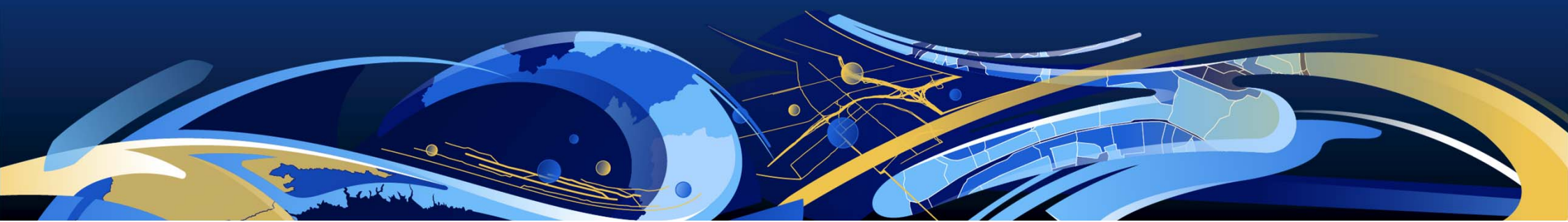
Ватлина Т.В.³



¹ Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, г. Москва

² ФГБУ Федеральный центр охраны здоровья животных (ФГБУ «ВНИИЗЖ»), г. Владимир

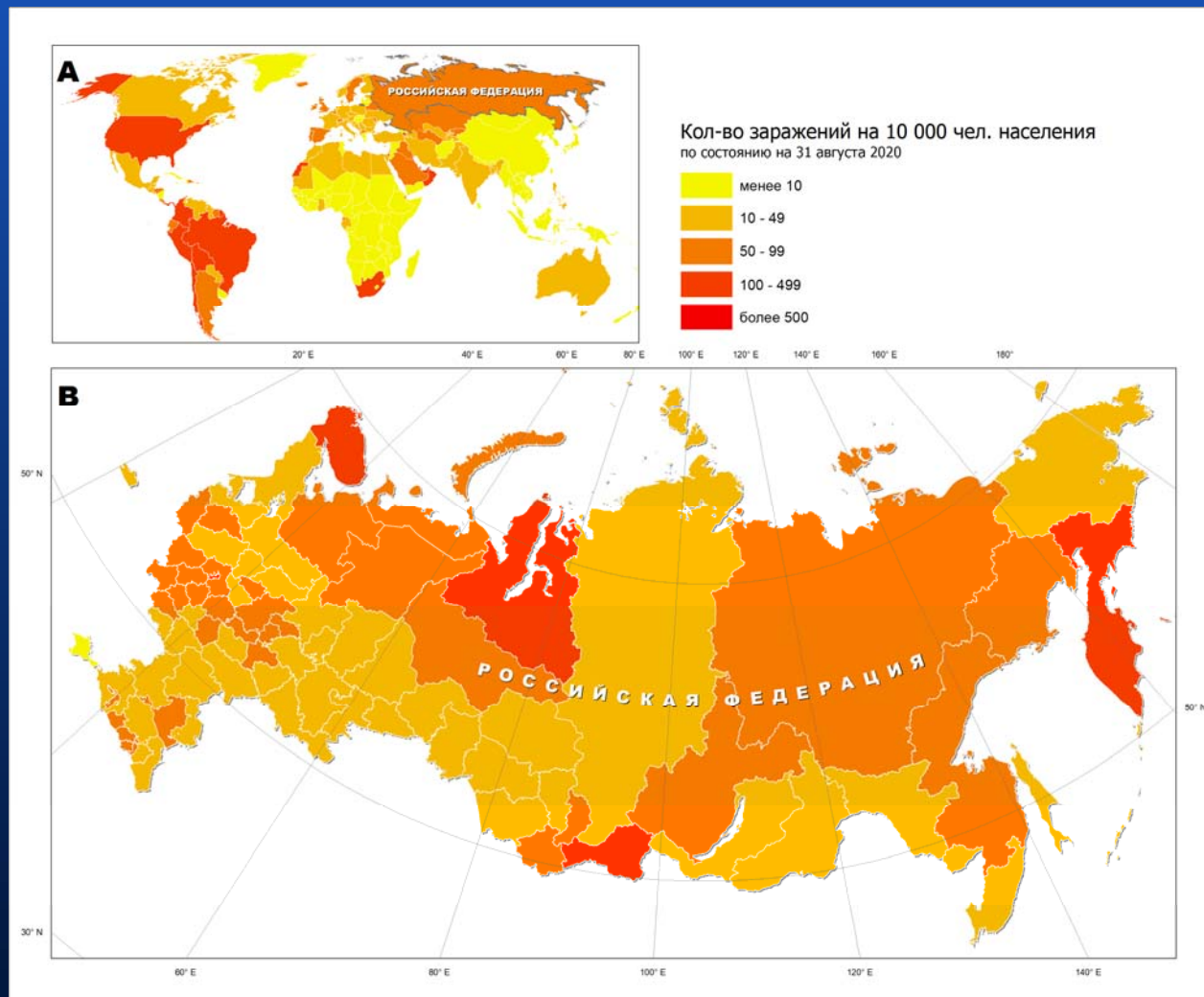
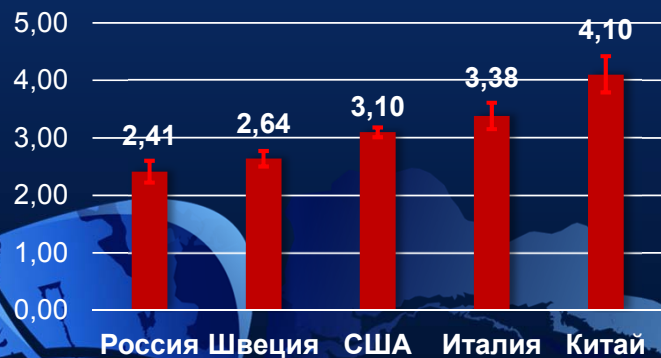
³ Естественно-географический факультет, Смоленский государственный университет, г. Смоленск



COVID-19

- Инфекционное заболевание, вызываемое вирусом SARS-CoV-2
- Впервые зарегистрировано в Китае в конце 2019 г.
- С начала 2020 г. широко распространилось в странах мира, приобретает масштаб пандемии

Базовая скорость репродукции (R_0)



Цель работы

- **Медико-географический анализ региональных особенностей распространения первой волны COVID-19 по территории РФ:**
 1. **Выявление статистически значимых взаимосвязей между эпидемическими показателями и географическими характеристиками субъектов РФ**
 2. **Составление серии аналитических карт для отображения полученных результатов**



Источники данных

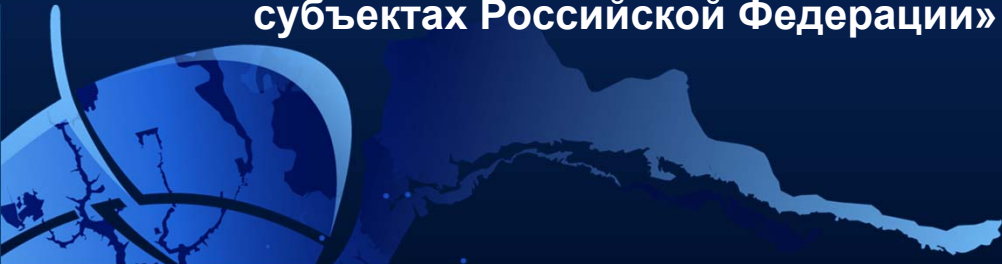
- Эпидемические данные по COVID-19 в России и в мире:

- Коронавирус-статистика Яндекса
- Роспотребнадзор
- Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ)

данные на конец июля 2020 г.

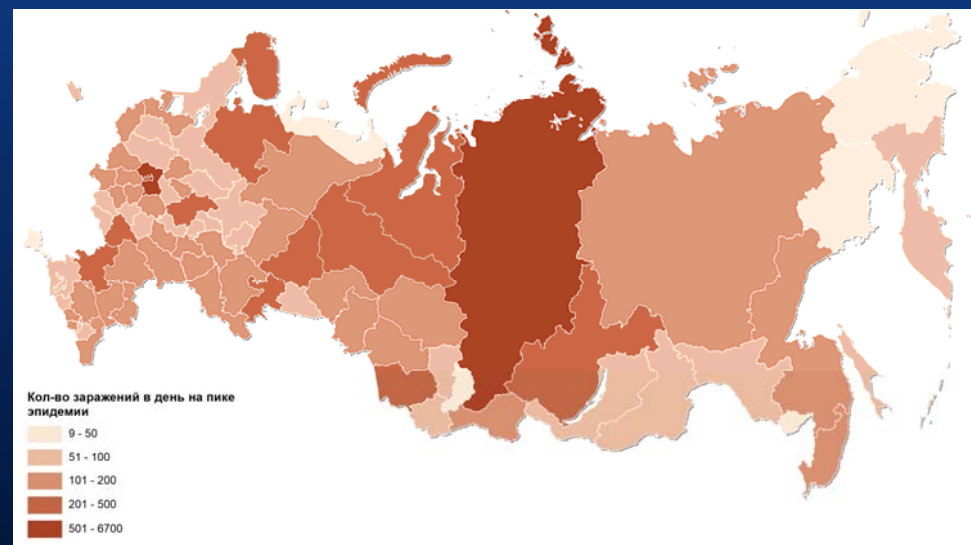
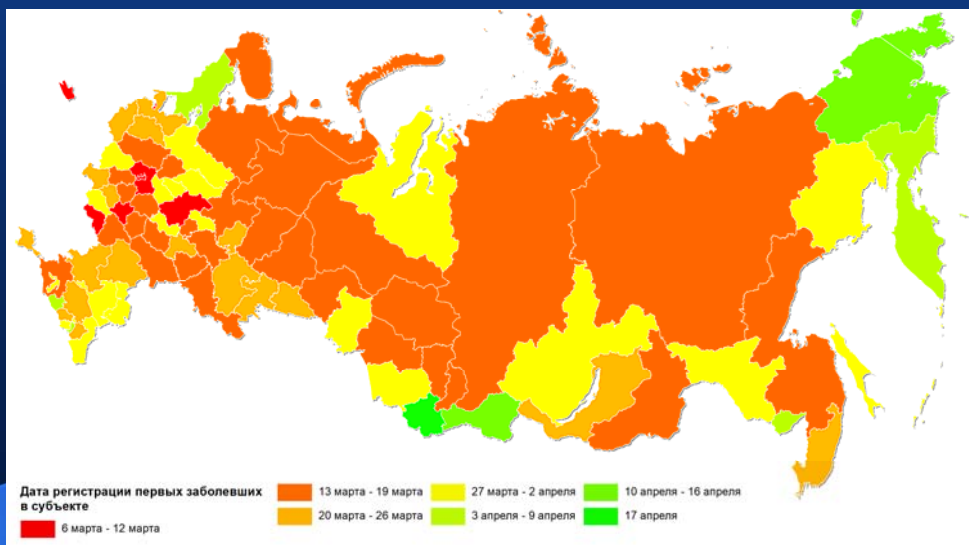
- Географические факторы:

- Росстат
- ФАВТ «Росавиация»
- Esri Data and Maps
- Аналитический доклад ВШЭ «Рейтинг доступности и качества медицинской помощи в субъектах Российской Федерации»



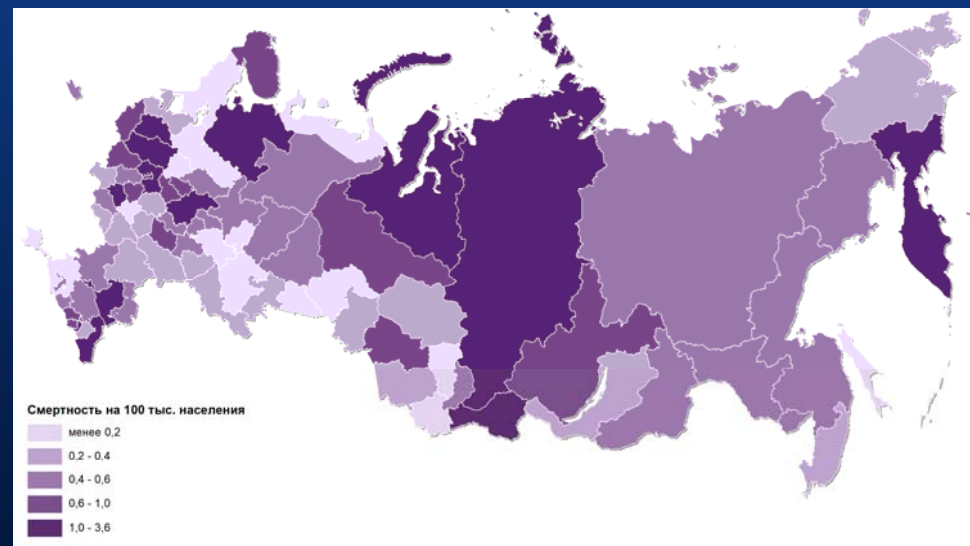
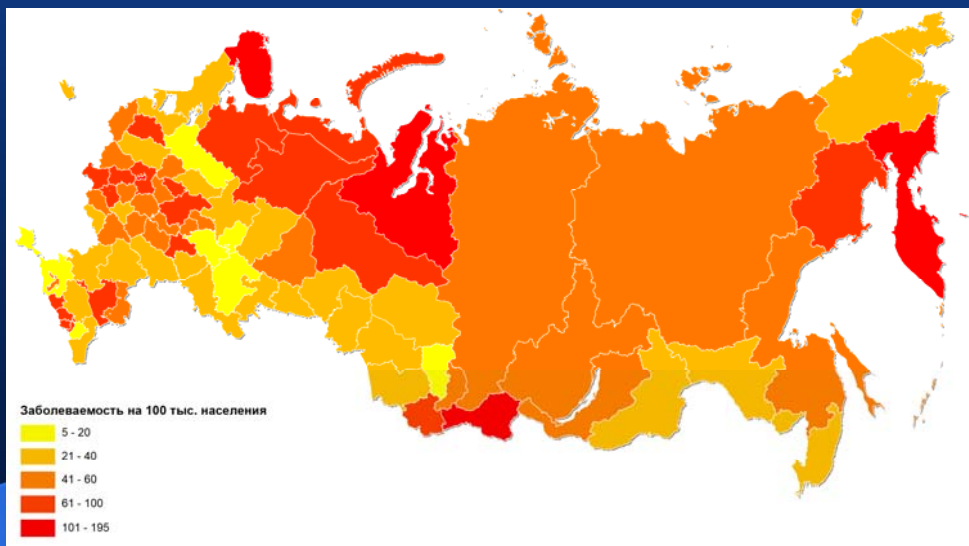
Эпидемические показатели

- Дата регистрации первого случая в субъекте
- Количество заражений в день на пике эпидемии в субъекте



Эпидемические показатели

- Заболеваемость на 100 тыс. населения
- Смертность на 100 тыс. населения



Географические факторы

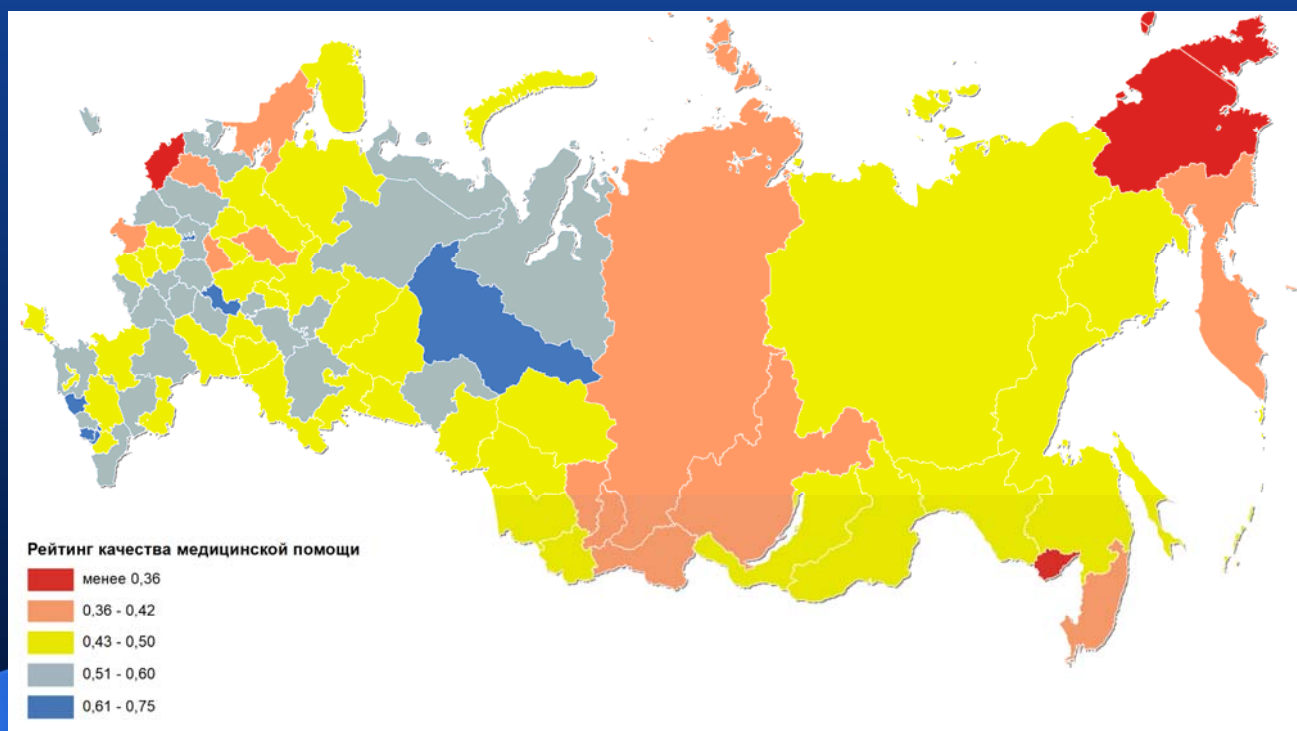
- Численность и плотность населения
- Доля городского населения в субъекте
- Численность и доля населения старше трудоспособного возраста (60 лет для мужчин и 55 лет для женщин)
- Суммарная протяженность автомобильных дорог (км)
- Плотность автомобильных дорог (км⁻¹)
- Обеспеченность населения автодорогами (км/10000 чел.)
- Коэффициент Энгеля (обеспеченность населения дорожной сетью)

- $k = \frac{L}{\sqrt{SH}}$, где L – общая протяженность автодорог, S – площадь субъекта, H – численность населения



Географические факторы

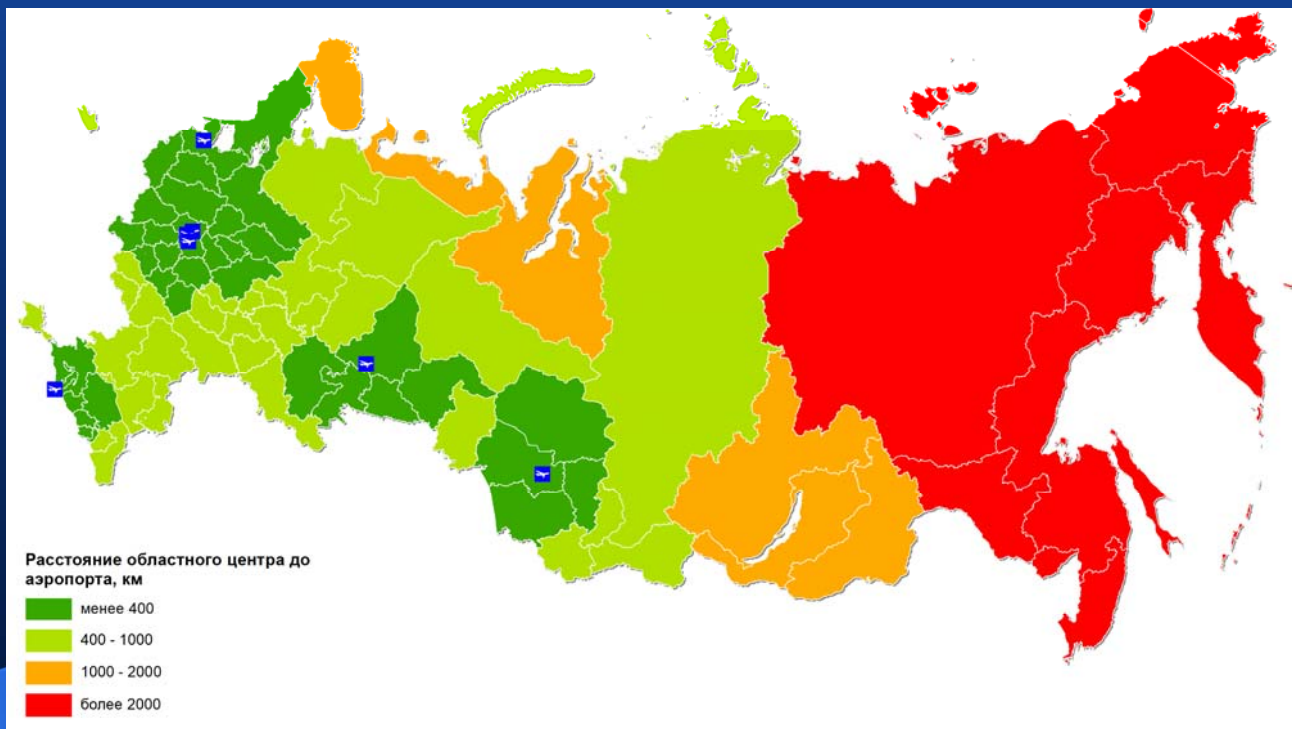
- Рейтинг качества медицинской помощи в субъекте



Интегральный показатель, включающий оценку средней продолжительности жизни, смертность от разных видов заболеваний, обеспеченность населения врачами, койками и т.д.

Географические факторы

- Расстояние до ближайшего международного аэропорта



- Расстояние рассчитывалось до областного центра
- Рассматривались 7 основных международных аэропортов РФ, суммарно обеспечивающих 2/3 общего пассажиропотока:
 - Шереметьево, Домодедово, Внуково, Пулково, Кольцово, Толмачево и Сочи
- Для вычисления применялся инструмент “Ближайший объект” (Near) в ArcMap

Эпидемиологические показатели

- Дата регистрации первого случая в субъекте
- Количество заражений в день на пике эпидемии в субъекте
- Заболеваемость на 100 тыс. населения
- Смертность на 100 тыс. населения

VS

Географические факторы

- Численность и плотность населения
- Доля городского населения в субъекте
- Численность и доля населения старше трудоспособного возраста
- Суммарная протяженность автомобильных дорог
- Плотность автомобильных дорог
- Обеспеченность населения автодорогами
- Коэффициент Энгеля
- Расстояние до ближайшего международного аэропорта
- Рейтинг качества медицинской помощи в субъекте



Предварительный анализ

- Инструмент «Исследовательская регрессия» (Exploratory Regression)
 - строит простые регрессионные модели (по методу наименьших квадратов – OLS) с использованием разных комбинаций предполагаемых переменных
 - на основе полученных регрессионных метрик позволяет выбрать наиболее статистически значимые модели
 - позволяет быстро выявить наиболее выгодное сочетание переменных для построения полноценной регрессионной модели



Исследовательская регрессия

Коэффициент детерминации R^2
 больше - лучше

Информационный критерий Акаике
 меньше - лучше

Критерий нормальности остатков
 больше - лучше

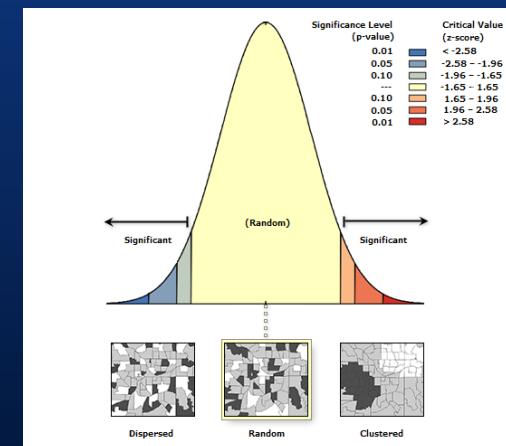
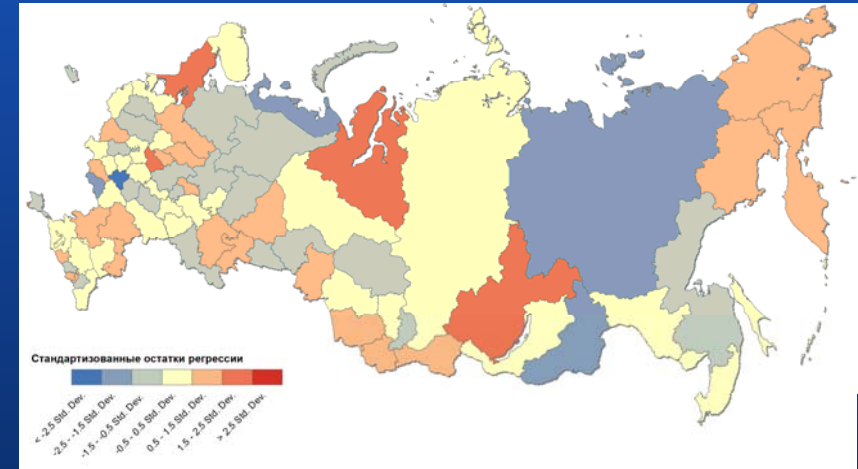
Показатель мультиколлинеарности переменных
 меньше - лучше

Критерий отсутствия пространственной автокорреляции остатков
 больше - лучше

OID	Field1	RunID	AdjR2	AICc	JB	K BP	MaxVIF	SA	NumVars	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
66	0	67	0,597558	141,259981	0,201844	0,041619	1,427481	0,467963	4	POPULATION	AIRP_DIST	URBAN_PRO	EMPL_PROP				
28	0	29	0,59046	141,48447	0,075399	0,09188	1,572022	0,100373	3	POPULATION	AIRP_DIST	ENGEL_COEF					
94	0	95	0,594525	141,898243	0,118003	0,021262	1,411023	0,514928	4	AIRP_DIST	URBAN_PRO	EMPL_NUM	EMPL_PROP				
147	0	148	0,601782	143,028953	0,326829	0,441749	1,742	0,394646	6	POP_DENS	AIRP_DIST	AIR_WEIGHT	ROAD_LEN	ENGEL_COEF	ROAD_POP		
45	0	46	0,582496	143,121702	0,091196	0,061265	1,566301	0,101437	3	AIRP_DIST	EMPL_NUM	ENGEL_COEF					
27	0	28	0,581498	143,324609	0,654739	0,1291	1,235589	0,123222	3	POPULATION	AIRP_DIST	URBAN_PRO					
121	0	122	0,582676	145,654867	0,266572	0,034987	1,714974	0,426802	5	POP_DENS	AIRP_DIST	AIR_WEIGHT	ROAD_LEN	ENGEL_COEF			
152	0	153	0,589394	147,041214	0,462413	0,410793	1,81953	0,726109	7	POP_DENS	AIRP_DIST	URBAN_PRO	EMPL_PROP	AIR_WEIGHT	ROAD_LEN	ROAD_POP	
0	0	1	0,543732	148,278545	0,004003	0,855109	1	0,025091	1	POPULATION							
125	0	126	0,563695	149,435549	0,557999	0,117986	1,736707	0,037063	5	POP_DENS	AIRP_DIST	ROAD_LEN	ENGEL_COEF	ROAD_POP			
90	0	91	0,554189	149,959234	0,815807	0,717959	1,719129	0,075736	4	POP_DENS	AIR_WEIGHT	ROAD_LEN	ROAD_POP				
142	0	143	0,565657	150,409872	0,535458	0,050322	1,805921	0,723311	6	POP_DENS	AIRP_DIST	URBAN_PRO	EMPL_PROP	AIR_WEIGHT	ROAD_LEN		
4	0	5	0,528571	151,057037	0,006964	0,64813	1	0,013379	1	EMPL_NUM							
143	0	144	0,560021	151,505638	0,505586	0,0355	1,570404	0,29337	6	POP_DENS	AIRP_DIST	URBAN_PRO	EMPL_PROP	ROAD_LEN	ROAD_POP		
138	0	139	0,550306	152,004718	0,283405	0,110737	1,880836	0,48366	5	AIRP_DIST	AIR_WEIGHT	ROAD_LEN	ENGEL_COEF	ROAD_DENS			
79	0	80	0,538786	152,846329	0,67197	0,024847	1,523884	0,065132	4	POP_DENS	AIRP_DIST	ROAD_LEN	ENGEL_COEF				

Регрессионный анализ

- Инструмент «Метод наименьших квадратов» (Ordinary Least Squares, OLS)
 - Строит регрессионную модель на основе отобранных переменных
 - Возвращает полный набор диагностических показателей, а также предсказанных значений и регрессионных остатков
- Необходим тест остатков на отсутствие автокорреляции
 - Инструмент «Пространственная автокорреляция (глобальный тест Морана)» (Spatial Autocorrelation [Global Moran's I])



Отрицательная
зависимость

Положительная
зависимость

Выявленные зависимости

Дата регистрации первых заражений в субъекте

Доля городского населения

Общая протяженность автодорог

Расстояние до аэропорта

Количество заражений в день на пике эпидемии

Расстояние до аэропорта

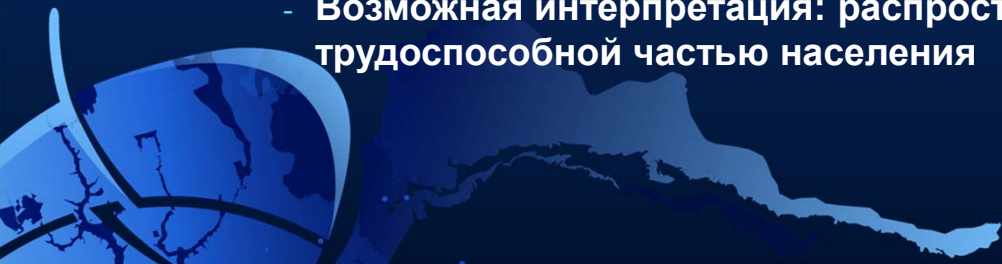
Доля населения старше трудоспособного возраста

Доля городского населения

Численность населения

Выводы

- В целом, проведенный анализ продемонстрировал ожидаемые с эпидемиологической точки зрения закономерности в первоначальном распространении COVID по субъектам РФ:
 - Удаленность от основных международных аэропортов замедляла приход эпидемии в субъект и снижала пиковое число заражений
 - Повышенная доля городского населения способствовала более раннему приходу COVID в субъект и увеличению пикового числа заражений
 - Более развитая транспортная сеть способствовала раннему приходу COVID в субъект
 - Меньшая доля населения старше трудоспособного возраста связана с повышенным пиковым значением заражений
 - Возможная интерпретация: распространение вируса определяется более активной трудоспособной частью населения



Выводы

- Исследование подготовлено к публикации в сборнике **CORONAVIRUS: GEOECOLOGY AND PEOPLE'S BEHAVIOUR** издательства Springer
- Планируется дальнейшая работа по созданию комплексной геопространственной модели распространения COVID в РФ с учетом более широкого спектра географических факторов, включая климатические





Спасибо за внимание!

Email: korennoy@arriah.ru