

Санкт-Петербургский государственный университет

БУЗМАКОВ Григорий Александрович

Выпускная квалификационная работа

Анализ и прогнозирование рынка труда в Российской Федерации в условиях пандемии коронавирусной инфекции

Уровень образования: Магистратура

Направление *01.04.02 «Прикладная математика и информатика»*

Основная образовательная программа *ВМ.5505.2019*

«Математическое и информационное обеспечение экономической деятельности»

Научный руководитель:

кандидат физ.-мат. наук,

доцент, кафедра математического моделирования энергетических систем

Свиркин Михаил Владимирович

Рецензент:

Директор департамента разработки программного обеспечения,

ООО НПК «КАТАРСИС»,

Специалист,

Павлова Татьяна Борисовна

Санкт-Петербург
2021

Содержание

Введение	3
Глава 1. Анализ данных рынка труда в РФ	5
1. Описание предметной области.....	5
2. Информационно-логическая модель рынка труда.....	9
3. Обзор литературы и постановка задачи	12
Глава 2. Математическая модель анализа и прогнозирования рынка труда.....	17
1. Математические методы	17
2. Математическая модель.....	20
3. Схема данных.....	23
Глава 3. Анализ данных и прогнозирование рынка труда на примере регионов	27
1. Сбор и обработка данных	27
2. Проведение анализа данных и прогнозирование	30
3. Анализ полученных результатов	48
Заключение.....	51
Литература.....	53
Приложения.....	57

Введение

На протяжении долгого промежутка времени после начала промышленной революции тенденциями в экономике являлись инвестиции в физический капитал и увеличение объемов используемой рабочей силы. Уже в 20 веке первостепенную роль начинает играть не количество труда, а его качество, т.е. знания, умения, компетенции, а также способности к обучению и сложноорганизованной совместной деятельности людей, занятых в экономике. Так, например, в статье [1] авторы называют это время веком «человеческого капитала».

На сегодняшний день развитие экономики многих стран зависит от такого ресурса, как труд, от умения эффективно использовать имеющийся в их распоряжении человеческий капитал, от грамотного инвестирования в его развитие, которое способствует не только его росту и накоплению в виде компетенций, а также поддержанию его производственного потенциала и росту его рыночной стоимости. Не случайно, в Стратегии развития Российской Федерации на 2018–2024 гг. [2], разработанной Центром стратегических разработок, утверждается, что основа будущего роста — это «творческая инициатива людей, которые видят и используют новые возможности», а одними из основных приоритетов данной стратегии ставятся «Важен каждый», «Страна возможностей» и «Технологическая революция».

Сфера труда играет одну из ключевых ролей в современной экономической и социальной жизни общества. Данная область, охватывает как сам рынок рабочей силы, так и ее использование в производстве. В свою очередь, рынок труда — это совокупность сделок купли-продажи, где основными субъектами являются работодатель и соискатель, т.е. лицо, которое намерено устроиться, а объектом является право на использование рабочей силы определенного качества при определенных условиях (величина заработной платы, условия труда и т.д.) в определенный отрезок времени.

В настоящее время экономика всего мира, в том числе и российская, находится в сложном положении, основной причиной которого является распространение новой коронавирусной инфекции, в частности, карантинные меры по его сдерживанию. В условиях экономического кризиса, как правило, наблюдается усиление дифференциации населения, значительный рост уровня безработицы и ухудшение социально-психологического климата в обществе.

Цель данной работы провести исследование состояния рынка труда в сложившейся ситуации и построить математическую модель для прогнозирования. Используемые статистические данные собраны государственными учреждениями службы занятости населения в различных регионах, т.е. учреждениями органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, осуществляющими полномочия в области содействия занятости населения и переданное полномочие по осуществлению социальных выплат гражданам, признанным в установленном порядке безработными.

Глава 1. Анализ данных рынка труда в РФ

1. Описание предметной области

Актуальности проблематики исследования рынка труда посвящено достаточно много научных публикаций. Современная модель российского рынка труда основывается на трудовом законодательстве, регулирующем вопросы найма и увольнения, тем самым, поддерживая относительную стабильность занятости, минимальном размере оплаты труда (МРОТ), политике службы занятости, занимающейся поддержкой безработных граждан, и механизмах зарплатообразования. Ключевой особенностью такой модели, как показано в работе [3], является приспособление к колебаниям экономической ситуации за счет изменений в цене труда, вместо изменений в занятости и безработице как в большинстве других стран, что обеспечивает высокий и стабильный уровень занятости при различных случайных отклонениях в оплате труда. Такой результат достигается за счет настройки описанных выше институтов, позволяющей выдерживать большие изменения на рынке труда, сохраняя общую занятость и предотвращая быстрый рост безработицы, благодаря переключению издержек адаптации в цену труда.

Однако, авторы также выделяют ряд минусов действующей модели, например, распространение бедности среди работающего населения, неравенство в распределении доходов из-за высокой гибкости заработной платы. Также, в статье подчеркивается, что российский рынок труда является системой региональных рынков, которые слабо связаны между собой и имеют большие различия по всему спектру количественных и ценовых показателей: уровню занятости и безработицы, уровню вакансий и распространенности неформальной занятости, уровню оплаты труда и т.д. Причем группы регионов-лидеров и аутсайдеров почти по всем показателям рынка слабо менялся во времени. Авторы замечают, что такие группы образуют кластеры территориально близких, которые часто даже граничат между собой, регионов. Так, например, среди лидеров они выделяют две группы регионов:

северную, в которую входят Мурманская и Магаданская области, а также Чукотский, Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский автономные округа, и условно центрально-европейскую, включающую Москву, Санкт-Петербург, Московскую и Ярославскую области. Среди регионов-аутсайдеров также выделяется два кластера – это группы южных республик и группа регионов Южной Сибири.

В статье [4] рассматриваются актуальные на 2017 год проблемы рынка труда Российской Федерации, решение которых позволит улучшить использование трудового потенциала страны и повысить ее конкурентоспособность на международном рынке труда. Автор выявил ряд проблем и тенденций: отсутствие части информации, предоставляемой органами государственной статистики, для создания более подробной картины о состоянии внутренних трудовых ресурсов, в частности реальных расходов домохозяйств; склонность к сокращению персонала, преимущественно в крупных отечественных компаниях, усугубляющая проблему безработицы. Также в статье выдвигается необходимость изменений на рынке труда, а именно, создания более благоприятных условий для незащищенных слоев населения: упрощение постановки на учет в центры занятости, повышение пособия по безработице и совершенствование системы подбора вакансии; и необходимость проведения реформ на рынке труда в соответствии с демографической политикой страны.

Попова Н. в своей работе [5] рассматривает проблему формирования стоимости рабочей силы, т.е. суммы затрат, необходимых для поддержания работоспособности и воспроизводства наемного работника и обеспечивающих его уровень жизни. Отмечается, что большие различия в запросах по уровню жизни, которые не покрываются затратами на рабочую силу, могут вызвать вопросы и разногласия в обществе. В работе анализируется ситуация в различных странах с помощью таких показателей, как ВВП на душу населения по паритету покупательной способности, индекс общей удовлетворенности

жизнью и коэффициент Джини, т.е. показатель степени расслоения общества данной страны или региона по какому-либо изучаемому признаку, который используется для оценки экономического неравенства. Подводя итог, автор выделяет следующие факторы, определяющие стоимость рабочей силы:

- уровень экономического развития регионов страны в целом, на который влияют социально-демографические, ресурсные, институциональные, инфраструктурные, инновационные экономические процессы и экономико-географическое положение;
- отраслевая направленность предприятия, в которой учитываются размер рынка, масштаб конкуренции и каналы распространения продукции;
- соотношение численности занятых и безработных.

Причем, перечисленные факторы, находясь в постоянной динамике, взаимно влияют друг на друга.

На 19-ой Международной конференции статистиков труда принята Резолюция I, в которой введен набор показателей для отслеживания результатов на рынке труда [6]. Ниже приведены определения основных показателей, входящих в этот набор.

Занятые лица — все лица в трудоспособном возрасте (15 лет и старше), которые в течение короткого учетного периода осуществляли любую деятельность, связанную с производством товаров или оказанием услуг за плату или прибыль.

В численность занятых включаются также лица, временно отсутствовавшие на рабочем месте в течение короткого промежутка времени и сохранившие связь с рабочим местом во время отсутствия.

Уровень занятости населения — отношение численности занятого населения определенной возрастной группы к общей численности населения соответствующей возрастной группы, рассчитанное в процентах.

Безработные — все лица трудоспособного возраста, которые не были заняты, предпринимали действия в поисках работы в течение установленного недавнего периода и в настоящий момент готовы приступить к работе, если появится возможность трудоустройства.

Обучающиеся, пенсионеры и инвалиды учитываются в качестве безработных, если они не имели работы, занимались поиском работы и были готовы приступить к ней.

Уровень безработицы — отношение численности безработных определенной возрастной группы к численности рабочей силы (занятых и безработных) соответствующей возрастной группы, рассчитанное в процентах.

Потенциальная рабочая сила — все лица трудоспособного возраста, которые в течение короткого учетного периода не были ни занятыми, ни безработными, а также:

- предпринимали действия в поисках работы, но не были готовы приступить к работе в настоящий момент;
- не предпринимали действий в поисках работы, однако были готовы приступить к работе в настоящий момент.

Лица, не входящие в состав рабочей силы — лица в возрасте 15 лет и старше, которые не являются занятыми экономической деятельностью или безработными в течение короткого учетного периода (обследуемой недели). К этой категории населения могут относиться:

- обучающиеся по очной форме обучения,
- пенсионеры,
- лица, ведущие домашнее хозяйство,
- лица, имеющие доход от собственности или капитала,

- лица, находящиеся на иждивении других лиц, имеющие проблемы со здоровьем, но не оформившие пенсию по инвалидности.

2. Информационно-логическая модель рынка труда

Будем рассматривать рынок труда, как систему отношений между работодателями и наемными работниками. Работодатели, являясь собственниками средств производства, формируют спрос на рабочую силу, а наемные работники, обладая способностями к труду, — ее предложение. В качестве наемных работников выступает экономически активное население, т.е. та часть трудоспособного населения, которая участвует, или может участвовать, в материальном производстве и непромышленной сфере. Данная категория населения охватывает как занятых, так и безработных лиц. Отношения между субъектами рынка реализуются через службы занятости населения и непосредственно через кадровые службы организаций с помощью заключения трудового договора, контракта и т.д.

Согласно статье 15 из Закона РФ "О занятости населения в Российской Федерации" [7] государственная служба занятости населения включает:

- уполномоченный Правительством Российской Федерации федеральный орган исполнительной власти;
- органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, осуществляющие полномочия в области содействия занятости населения и переданное полномочие по осуществлению социальных выплат гражданам, признанным в установленном порядке безработными;
- государственные учреждения службы занятости населения.

Основными функциями службы занятости являются решения следующих задач:

- регистрация безработных;

- содействие гражданам в выборе подходящей работы и работодателям в подборе необходимых работников;
- учет свободных мест и граждан, нуждающихся в трудоустройстве;
- сохранение и организация новых рабочих мест путем прямого инвестирования и кредитования;
- информирование о возможностях трудоустройства;
- выплата пособий по безработице и других видов материальной помощи;
- мероприятия по социальной защите различных групп населения и т.д.

Для отслеживания ситуации на рынке труда каждое государственное учреждение службы занятости заполняет следующие формы федерального статистического наблюдения: месячная форма № 1-Т (трудоустройство) "Сведения о содействии занятости граждан" и квартальная форма № 2-Т (трудоустройство) "Сведения о предоставлении государственных услуг в области содействия занятости населения", утвержденные приказом Министерства экономического развития Российской Федерации [8].

Данные для этих форм формируются на основе обращений граждан за предоставлением государственных услуг, таких как «Поиск подходящей работы», «Информирование о положении на рынке труда», «Профессиональная ориентация» и т.п., а также обращений работодателей за предоставлением государственной услуги по содействию в подборе необходимых работников.

Таким образом, можно выделить три супер-сущности в информационно-логической модели рассматриваемой системе (рис. 1):

- Гражданин (наемный работник);
- Работодатель;
- Служба занятости населения.

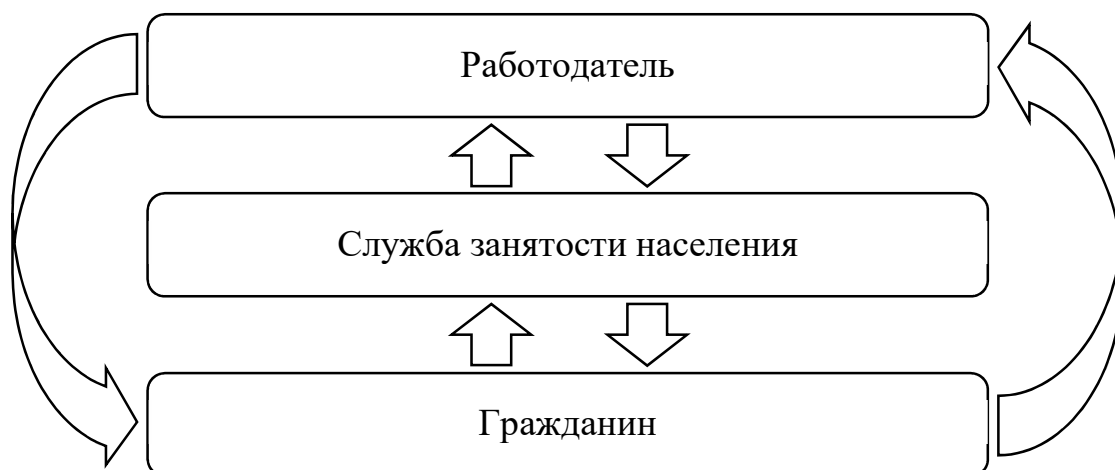


Рисунок 1. Информационно-логическая модель рынка труда в Российской Федерации

Работодателя будем рассматривать не только как организацию, имеющую интерес в найме работников, а также как совокупность имеющихся у нее вакансий.

Перечислим параметры, которыми обладают рассматриваемые субъекты рынка труда.

- Гражданин:
 - Регион;
 - Отношение к занятости;
 - Пол;
 - Возраст;
 - Образование;
 - Вид деятельности (профессия);
 - Место проживания.
- Работодатель:
 - Регион;
 - Форма собственности;

- Детали вакансий:
 - Уровень заработной платы по отношению к прожиточному минимуму;
 - Профессия;
 - Район трудоустройства.

Построенная таким образом информационно-логическая модель использована далее в сборе и анализе данных, а также при проведении исследования состояния рынка труда.

3. Обзор литературы и постановка задачи

Проблемы занятости населения и рынка труда в макроэкономическом контексте отражены в книге [9]. Коровкин А. Г. проводит детальный анализ динамических аспектов формирования занятости и ее структур, выявляет особенности развития рынка труда в переходный период, оценивает размеры структурной несбалансированности на рынке труда и связанные с этим ограничения экономического роста. Особое внимание автор уделяет развитию и апробации инструментария анализа и прогнозирования динамики сферы занятости, в том числе ее отраслевых функций, моделей согласования спроса и предложения на рабочую силу, а также оценки структурной компоненты безработицы в отраслевом и региональном разрезе.

В работе [10] Коровкин А. Г., Долгова И. Н. и Королев И. Б. обсуждают вопросы взаимодействия сферы занятости, рынка труда и системы образования, проводят исследование процесса взаимодействия спроса на квалифицированную рабочую силу и ее предложения с учетом динамики рынка образовательных услуг. Разработанная модель позволяет отразить влияние демографических и макроэкономических тенденций и фактора движения населения и рабочей силы. Кроме того, авторы реализовали способ оценки величины вакантных рабочих мест по уровням образования при

отсутствии статистической информации о них и сделали выводы об эффективности согласования спроса и предложения на труд, а также роли системы образования в этом процессе.

Гуртов В. А. и Кекконен А. Л. предложили математическую модель для прогнозирования потребности экономики в квалифицированных кадрах по уровням, направлениям и объёмам подготовки, позволяющую сформировать задание на подготовку специалистов для системы профессионального образования Российской Федерации, которая применяется для каждого вида экономической деятельности [11].

В работе [12] Гуртов В. А., Питухин Е. А. и Серова Л. М. представили макроэкономическую методику для прогнозирования дополнительного спроса на рабочую силу в среднесрочном периоде. При моделировании поведения спроса на рынке труда в условиях протекающих кризисных явлений авторы анализировали прогнозные сценарии основных макроэкономических показателей Российской Федерации в кризисный и посткризисный периоды до 2015 г.

В книге [13] рассматриваются теоретико-методологические аспекты прогнозирования потребности региональной экономики в подготовке квалифицированных кадров. Мокроносков А. Г. разработал методический инструментальный прогнозирования потребности региональной экономики в подготовке кадров на примере экономики Свердловской области.

Косоруков О. А., Мусихин С. Н. и Мысина К. А. построили экспертно-аналитическую модель прогнозирования потребности экономики региона в подготовке кадров, прогнозирующую среднегодовую численность занятых граждан по видам экономической деятельности [14]. Авторы рассмотрели ключевые аспекты построения математической модели прогнозирования состояния и движения рынка труда, а также описали особенности, алгоритм и некоторые формулы определения спроса на рабочую силу и расчета предложения на региональном рынке труда.

Коровкин А. Г. предложил индекс для расчета количества вакантных рабочих мест, которое необходимо перераспределить в целях снижения структурного неравновесия [15]. В работе проводится анализ основных факторов, влияющих на динамику рынка труда на национальном и региональном уровнях. Кроме того, автор сделал оценку перспективного состояния рынка труда в Российской Федерации и ее регионах по видам экономической деятельности до 2030 года.

Питухин Е. А., Мороз Д. М. и Астафьева М. П. разработали методику прогнозирования совокупной и ежегодной дополнительной потребности региональной экономики в кадрах в разрезе профессий, использующую долгосрочный макроэкономический прогноз совместно с микроэкономическим прогнозом предприятий и отраслевых экспертов, что приводит повышению точности рассчитываемых показателей рынка труда на всем периоде прогнозирования [16]. Также авторы предложили способы уточнения параметры моделей макроэкономического прогнозирования с помощью данных региональной специфики, полученных в результате опросов.

В работе [17] освещены научно-методические и информационные основы макроэкономического моделирования, прогнозирования и планирования социально-экономического развития региона Российской Федерации. Особое внимание Цыбатов В. А. уделяет балансовым моделям.

Тихомирова Т. М. и Нечетова А. Ю. установили, что подходы, базирующиеся в основном на методах эконометрики и анализа временных рядов, не в полной мере отражают закономерности изменчивости уровней безработицы, как следствие, снижается обоснованность и достоверность результатов прогнозных исследований [18]. В качестве основных факторов, влияющих на изменение безработицы в России, авторы предложили индекс потребительских настроений и цену на нефть. В работе утверждается, что учет

данных факторов в моделях краткосрочных прогнозов безработицы позволяет повысить их точность.

Гуртов В. А. и Питухин Е. А. представили исчерпывающий обзор российских и зарубежных публикаций за период с 1990 по 2016 годы, посвященных подходам и практикам применения макроэкономической методики прогнозирования потребностей экономики в квалифицированных кадрах [19].

В статье [20] Судакова А. Е. и Шориков А. Ф. представили математическую формализацию оптимизационной модели структуры выпуска бакалавров, специалистов и магистров, учитывающую потребности рынка труда, основанной на детерминированном подходе. Авторы предложили пять параметров для фазового вектора системы, описывающих потребность в выпускниках по направлениям и по уровню подготовки, и три параметра для вектора управления. Вследствие применения данной модели, возможно снижение доли нетрудоустроенных выпускников и повышение качества подготовки специалистов.

Цель данной работы состоит в исследовании состояния рынка труда Российской Федерации в условиях пандемии коронавирусной инфекции в разрезе отдельных регионов, а также в построении математической модели для прогнозирования ежемесячного количества граждан, признаваемых безработными. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- Проведение анализа предметной области, выделение сущностей и построение информационно-логической модели;
- Проведение вероятностно-статистического анализа;
- Построение математической модели и проведение сценарного имитационного моделирования.

Для решения поставленных задач предполагается использование следующих математических методов:

- В качестве основного подхода для проведения вероятностно-статистического анализа предполагается использование методов дескриптивной статистики, корреляционно-регрессионного анализа и временных рядов.
- Для проведения математического моделирования — метода статистического имитационного моделирования Монте-Карло.

Глава 2. Математическая модель и информационные технологии для анализа рынка труда

1. Математические методы

Для анализа зависимости количества признанных безработными граждан от числа выявленных заболеваний коронавирусной инфекцией используется коэффициент корреляции Спирмена. Значимость полученного коэффициента проверяется с помощью t-критерия Стьюдента.

Для сравнения двух подвыборок, полученных путем разделения всей выборки на данные до и после марта 2020 года используются доверительные интервалы для математического ожидания и дисперсии, а также перестановочный критерий.

Для построения прогноза динамика безработицы рассматривается в качестве временного ряда, т.е. последовательности значений признака y , измеряемого через постоянные временные интервалы: $y_1, \dots, y_T, y_t \in \mathbb{R}$.

Значения уровней временных рядов могут содержать следующие компоненты:

- *Тренд* — плавное долгосрочное изменение, определяющее основную тенденцию развития временного ряда;
- *Сезонная компонента* — циклическое изменение уровня ряда с постоянным периодом, не превышающим одного года;
- *Циклическая компонента* — изменение уровня ряда с большим переменным периодом колебания;
- *Ошибка* — непрогнозируемая случайная компонента ряда.

Для оценки сходства между значениями ряда в соседних точках используется автокорреляция, вычисленная по выборке с помощью следующей формулы

$$r_\tau = \frac{\sum_{t=1}^{T-\tau} (y_t - \bar{y})(y_{t+\tau} - \bar{y})}{\sum_{t=1}^{T-\tau} (y_t - \bar{y})^2},$$

где $r_\tau \in [-1; 1]$, τ — лаг автокорреляции, характеризующий количество отсчетов между рассматриваемыми наблюдениями, \bar{y} — выборочное среднее.

Значимость автокорреляции вычисляется с помощью критерия Стьюдента.

Введем определение стационарного временного ряда.

Временной ряд y_1, \dots, y_T называется стационарным, если $\forall s$ распределение y_t, \dots, y_{t+s} не зависит от t .

Гипотеза о нестационарности временного ряда проверяется с помощью критерия Дики-Фуллера. Для преобразования нестационарного ряда в стационарный используются следующие методы:

- Стабилизация дисперсии с помощью семейства преобразований Бокса-Кокса

$$y'_t = \begin{cases} \ln y_t, & \lambda = 0 \\ \frac{y_t^\lambda - 1}{\lambda}, & \lambda \neq 0 \end{cases}$$

- Дифференцирование

$$y'_t = y_t - y_{t-1}$$

- Сезонное дифференцирование

$$y'_t = y_t - y_{t-s}$$

Рассмотрим модель ARMA(p, q), состоящую из моделей авторегрессии порядка p и скользящего среднего порядка q .

$$y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \varphi_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t$$

Теорема Вальда. Любой стационарный ряд может быть описан моделью $ARMA(p, q)$ с любой наперед заданной точностью.

Далее рассмотрим модель $SARMA(p, q) \times (P, Q)$, использующую информацию о сезонной компоненте ряда, которая получается из модели $ARMA(p, q)$ путем добавления P авторегрессионных компонент и Q компонент скользящего среднего с шагом, равным периоду сезонности.

$$y_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \varphi_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} + \sum_{i=1}^P \varphi_{iS} y_{t-iS} + \sum_{i=1}^Q \theta_{iS} \varepsilon_{t-iS} + \varepsilon_t$$

Теперь, учитывая, что с помощью описанных выше методов нестационарный ряд можно сделать стационарным, используем в работе модель $SARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q)$, являющуюся моделью $SARMA(p, q) \times (P, Q)$, к которой d раз применено обычное и D раз – сезонное дифференцирование.

Для подбора гиперпараметров q, Q, p, P будем сравнивать модели с помощью критерия Акаике:

$$AIC = -2 \ln L + 2k,$$

где L — правдоподобие, $k = P + Q + p + q + 1$ — число параметров в модели.

Для анализа остатков используются следующие критерии:

- Одновыборочный критерий Стьюдента — для проверки гипотезы о несмещенности остатков;
- Критерий Дики-Фуллера – для проверки гипотезы о стационарности;
- Q-критерий Льюнга-Бокса — для проверки гипотезы о неавтокоррелированности.

2. Математическая модель

Пусть $y_t \in [0; 1]$ — известное относительное значение количества граждан, признанных безработными в некотором регионе за момент времени $t \in [1; T]$. Будем рассматривать последовательность значений признака y_t , измеряемого через постоянные временные интервалы: y_1, \dots, y_T .

Пусть $x_t \in [0; 1]$ — известное относительное значение количества выявленных заболеваний в некотором регионе за момент времени $t \in [1; T]$. Будем также рассматривать последовательность значений признака x_t , измеряемого через постоянные временные интервалы: x_1, \dots, x_T .

Введем переменную $\hat{y}_t \in [0; 1]$, которая равна значению относительного количества признанных безработными граждан в некотором регионе при условии отсутствия пандемии. Тогда, если t_0 — последний момент времени до начала пандемии, то

$$\hat{y}_t = y_t, \quad t \in [1; t_0]$$

А значения \hat{y}_t при $t \in [t_0 + 1; T]$ будем искать как прогнозные значения от \hat{y}_t при $t = \overline{1, t_0}$:

$$\hat{y}_{t_0+d} \approx \hat{f}_{t_0}(\hat{y}_{t_0}, \dots, \hat{y}_1, d),$$

где $d \in \{1, \dots, T - t_0\}$ — отсрочка прогноза.

В качестве прогнозирующей модели возьмем модель SARIMA, т.е.

$$\hat{y}_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \varphi_i \hat{y}_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \hat{\varepsilon}_{t-i} + \sum_{i=1}^P \varphi_{iS} \hat{y}_{t-iS} + \sum_{i=1}^Q \theta_{iS} \hat{\varepsilon}_{t-iS} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

где $\hat{\varepsilon}_{t-1}, \dots, \hat{\varepsilon}_{t-q}$ — величина шума функции \hat{y}_t в q предыдущих моментах времени.

Тогда значения y_t могут быть представлены в виде

$$y_t = \hat{y}_t + g(t)x_t, \quad (2)$$

где $g(t)$ — некоторая монотонно убывающая функция, характеризующая влияние числа выявленных заболеваний граждан коронавирусной инфекцией на уровень безработицы.

Определим задачу прогнозирования временного ряда количества безработных граждан, как поиск функции f_T :

$$y_{T+d} \approx f_T(\hat{y}_T, \dots, \hat{y}_1, x_{T+d}, d),$$

где $d \in \{1, \dots, D\}$ — отсрочка прогноза, D — горизонт прогнозирования. Значения y_{T+d} и x_{T+d} — количество безработных граждан и количество выявленных заболеваний, соответственно, в момент времени $T + d$.

В итоге, прогнозное значение числа безработных граждан в момент времени $T + d$ будем искать в следующем виде

$$y_{T+d} = \hat{y}_{T+d} + g(T + d)x_{T+d},$$

где \hat{y}_{T+d} — прогнозное значение числа безработных граждан в случае отсутствия пандемии, найденное по формуле (1).

Для проведения сценарного моделирования построим модель, эмитирующую динамику заболеваемости коронавирусом в случае новой волны. Для этого разделим всю длину волны на 3 интервала: рост, плато и уменьшение количества заболеваемости в день, а также введем следующие параметры.

Пусть $\alpha_i \in [0, 1]$ — степень выработки антител к инфекции, включая степень готовности и масштаба применения вакцины на интервале i : $\alpha_i = 0$ означает наименьшую степень готовности вакцины от актуального штамма коронавируса и малое количество людей, переболевших им, например, из-за мутации коронавируса существующая вакцина и выработанные у людей антитела стали неэффективны. Наоборот, $\alpha_i = 1$ означает полную готовность вакцины, большая часть людей либо переболели, либо вакцинировались.

Пусть $\beta_i \in [0, 1]$ — степень вводимых мер по ограничению передвижения граждан на интервале i : $\beta_i = 0$ — полная свобода передвижения, $\beta_i = 1$ — полный карантин, все люди должны сидеть по домам, никто ни с кем не контактирует.

И, наконец, $\gamma_i \in [0, 1]$ — степень ответственности граждан на интервале i , т.е. степень соблюдения гражданами ограничительных мер: $\gamma_i = 0$ — никто не соблюдает ограничительные меры, $\gamma_i = 1$ — все люди имеют высокую степень ответственности.

Пусть t'_0 — момент времени, начиная с которого, ежедневное количество заболеваемости неизвестно. Будем рассматривать следующую функцию, эмитирующую динамику ежедневной заболеваемости в случае новой волны коронавирусной инфекции

$$x_t = \begin{cases} x_0 + \frac{x_{max} - x_0}{1 + e^{-\frac{12}{t'_1} \left(t - \left(t'_0 + \frac{\Delta t'_1}{2} \right) \right)}}, & t \in [t'_0, t'_1) \\ x_{max}, & t \in [t'_1, t'_2) \\ x_{max} + \frac{x_1 - x_{max}}{1 + e^{-\frac{12}{t'_3} \left(t - \left(t'_2 + \frac{\Delta t'_3}{2} \right) \right)}}, & t \in [t'_2, t'_3) \end{cases} \quad (3)$$

где $t'_i = t'_{i-1} + \Delta t'_i$, $\Delta t'_i \sim N(\mu_i, \sigma_i^2)$ — длина интервала i ,

$$\mu_i = \frac{1}{2} \Delta t'_i \left(\frac{1}{2} + p_i \right), \quad \sigma_i = \frac{1}{12} \Delta t'_i,$$

x_0 — количество заболеваний в $t'_0 - 1$ день, $x_{max} = 2\tilde{x}_{max}p_1$ — максимальное количество заболеваний в день, $x_2 = x_{max}p_3$ — количество заболеваний в конце волны, \tilde{x}_{max} — максимальное известное количество заболеваний в день,

$$p_i = 1 - w_i\alpha_i - (1 - w_i)\beta_i\gamma_i,$$

w_i — весовой коэффициент.

Полученное значение x_t будем использовать в качестве математического ожидания нормально распределенной случайной величины количества заболеваемости в день.

3. Схема данных

Все статистические данные хранятся в базе данных. Для этого созданы несколько основных таблиц: две таблицы для хранения информации о гражданах, рассчитанной с частотой в квартал и месяц, соответственно, а также одна таблица для хранения информации о вакансиях; кроме того, созданы также таблицы, используемые в качестве справочников, например, наименования регионов, отношений к занятости, уровней образования, профессий и т.д. Кроме того, созданы справочники, содержание которых представлено в приложении 1. Общая схема базы данных представлена в таблицах 1, 2, 3 и 4.

Таблица 1. Таблица для хранения ежеквартальных наблюдений для граждан

Поле	Тип	Предназначение	Связь
Id	Mediumint unsigned auto_increment	Уникальный идентификатор наблюдения	—
Region_id	Tinyint unsigned	Номер региона	Справочник регионов
Year	Year	Год	—
Quarter	Tinyint unsigned	Квартал	—
Status	Tinyint unsigned	Отношение к занятости	Справочник статусов граждан
Sex	Tinyint unsigned	Пол	Справочник полов
Age	Tinyint unsigned	Возраст	Справочник возрастов
Education	Tinyint unsigned	Образование	Справочник уровней образования
Profession	Tinyint unsigned	Профессия или должность на	Справочник профессий

		последнем месте работы	
Dismissal	Tinyint unsigned	Причина увольнения	Справочник причин увольнения
Place	Tinyint unsigned	Тип места проживания	Справочник типов места проживания
Period	Tinyint unsigned	Актуальность информации по отношению к отчетному периоду	Справочник способов подсчета информации
Employment	Boolean	Признак трудоустройства	—
Duration_of_unemployment	Tinyint unsigned	Продолжительность безработицы	Справочник продолжительностей безработицы
Relative	Boolean	Признак относительности значения	—
Value	Float(9,3) unsigned	Значение наблюдения	—

Таблица 2. Таблица для хранения ежемесячных наблюдений для граждан

Поле	Тип	Предназначение	Связь
Id	Mediumint unsigned auto_increment	Уникальный идентификатор наблюдения	—
Region_id	Tinyint unsigned	Номер региона	Справочник регионов
Year	Year	Год	—
Month	Tinyint unsigned	Месяц	—
Status	Tinyint unsigned	Актуальность информации по отношению к отчетному периоду	Справочник способов подсчета информации
Period	Tinyint unsigned	Пол	Справочник полов

Relative	Boolean	Признак относительности значения	—
Value	Float(11,3) unsigned	Значение наблюдения	—

Таблица 3. Таблица для хранения наблюдений для вакансий

Поле	Тип	Предназначение	Связь
Id	Mediumint unsigned auto_increment	Уникальный идентификатор наблюдения	—
Region_id	Tinyint unsigned	Номер региона	Справочник регионов
Year	Year	Год	—
Quarter	Tinyint unsigned	Квартал	—
Type	Tinyint unsigned	Признак отношения показателя к работодателю или вакансии	Справочник типов наблюдений
Form	Tinyint unsigned	Форма собственности организации	Справочник форм собственности организации
Profession	Tinyint unsigned	Профессия вакансии	Справочник профессий
Place	Tinyint unsigned	Тип места проживания	Справочник типов места проживания
Period	Tinyint unsigned	Актуальность информации по отношению к отчетному периоду	Справочник способов подсчета информации
More_live_min	Boolean	Признак превышения заработной платой прожиточного минимума	—

Relative	Boolean	Признак относительности значения	—
Value	Float(9,3) unsigned	Значение наблюдения	—

Таблица 4. Структура всех справочников

Поле	Тип	Предназначение	Связь
Id	Tinyint unsigned	Уникальный идентификатор элемента	—
Parent_id	Tinyint unsigned	Идентификатор родительского элемента	Этот же справочник
Name	Varchar(100)	Наименование элемента	—

Глава 3. Анализ данных и прогнозирование рынка труда на примере регионов

1. Сбор и обработка данных

В качестве статистических данных, используемых в работе, выбраны значения показателей из форм федерального статистического наблюдения: месячная форма № 1-Т (трудоустройство) "Сведения о содействии занятости граждан" и квартальная форма № 2-Т (трудоустройство) "Сведения о предоставлении государственных услуг в области содействия занятости населения", в частности, следующие разделы:

- I. "Содействие в поиске подходящей работы";
- II. "Динамика численности безработных граждан";
- III. "Распределение безработных граждан по продолжительности безработицы (на конец отчётного периода)";
- IV. "Состав безработных граждан (на конец отчетного периода)";
- V. "Заявленная работодателями потребность в работниках";
- V-I. "Заявленная работодателями потребность в работниках по занятиям (на конец отчётного периода)".

Сбор данных осуществлялся с помощью программного комплекса «Катарсис: Занятость» («Катарсис» версия 8) [21]. Перечисленные выше формы сначала были экспортированы в формате книги Excel, далее обработаны и загружены в базу данных.

Для получения информации о численности экономически активного населения по регионам использовались данные Федеральной службы государственной статистики [22].

Данные о распространении коронавирусной инфекции в регионах взяты из [23].

В ходе сбора данных обнаружены следующие проблемы:

- Различия в формах статистической отчетности разных лет;
- Отсутствие значений некоторых строк в формах 2-Т за 2017–2019 гг.;
- Отсутствие данных Росстата, начиная с 1 квартала 2021 года;
- Данные Росстата рассчитаны с частотой в квартал, для использования с ежемесячными наблюдениями по безработице необходимы дополнительные преобразования.

Собраны данные для четырех регионов:

- Томская область (январь 2012 – март 2021 гг.);
- Ханты-Мансийский автономный округ (январь 2014 – март 2021 гг.);
- Ростовская область (январь 2018 – март 2021 гг.);
- Новосибирская область (январь 2015 – март 2020 гг.).

Для обработки полученных данных использовался язык программирования Python 3, включающий в себя специальные библиотеки для работы с различными типами файлов, статистическими методами, временными рядами и средствами визуализации данных.

В связи с отсутствием данных об экономически активном населении в регионах Российской Федерации за первый квартал 2021 года принято решение спрогнозировать необходимое значение с помощью построения временного ряда. В качестве прогнозирующей модели используется модель ARIMA. На рисунке 2 изображен временной ряд количества экономически активного населения в Томской области до конца 2020 года.

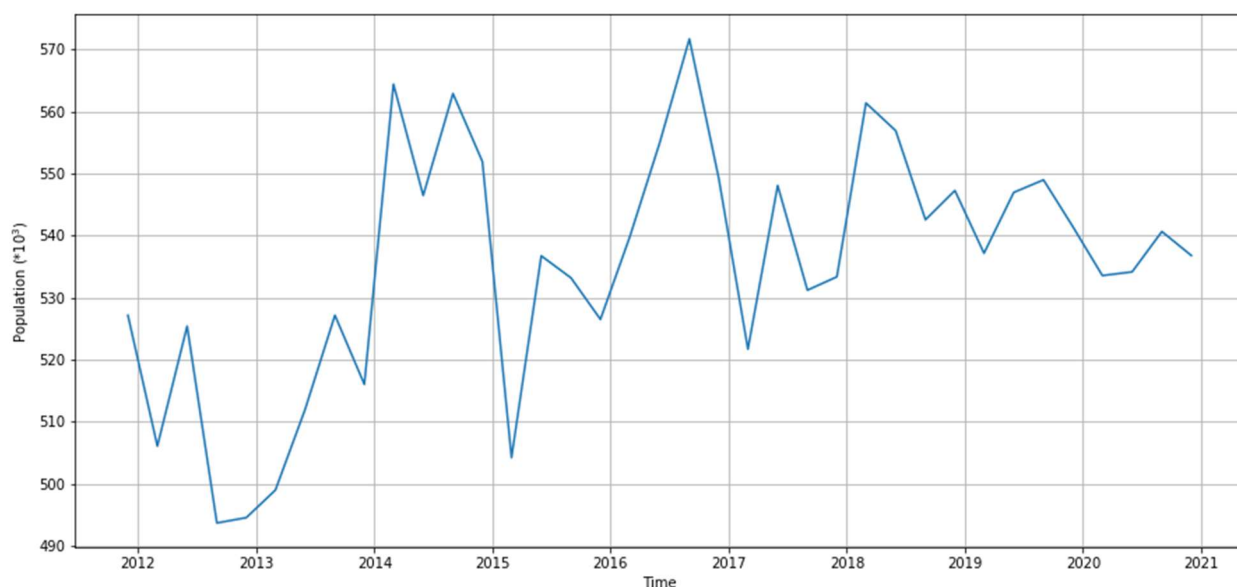


Рисунок 2. Экономически активное население в Томской области

После построения прогноза на первый квартал 2021 года, а также интерполирования полученного ряда для вычисления ежемесячных значений, исходный временной ряд принял следующий вид (рис. 3).

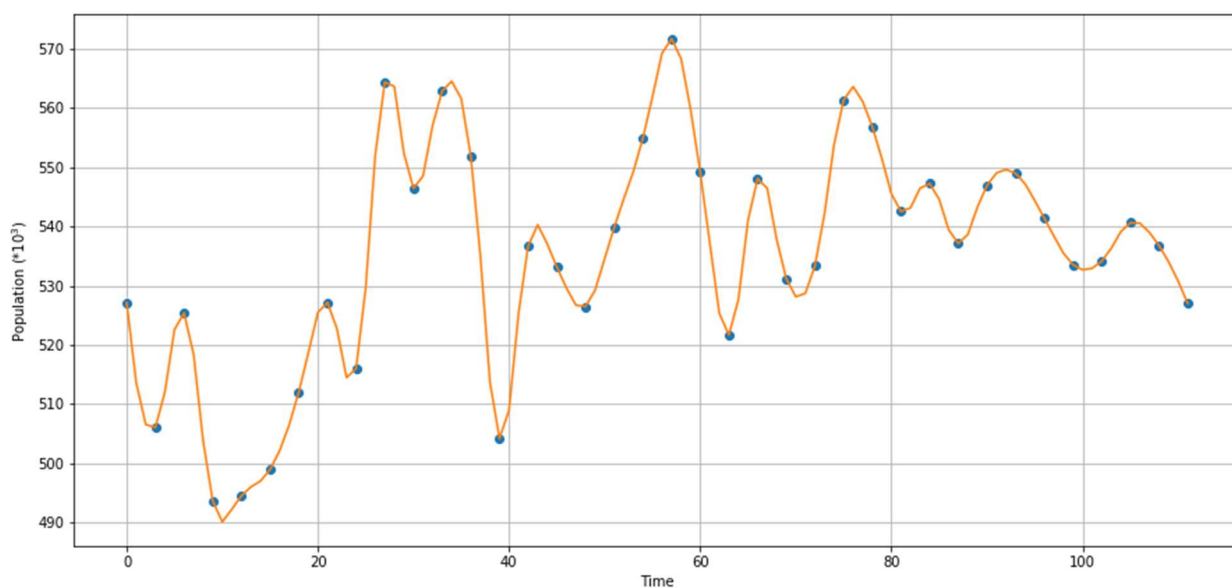


Рисунок 3. Проинтерполированный временной ряд с прогнозом на первый квартал 2021 года

В качестве инструмента для хранения данных выбрана MySQL, бесплатная реляционная система управления базами данных, которая совместима с Python 3, а также является одной из самых востребованных систем управления базами данных согласно рейтингам PYPL (Popularity of Programming Language) [24], Stack Overflow [25] и DB-Engines [26],

учитывающим количество упоминаний системы в предложениях о работе, на форумах, связанных с ИТ, и в качестве поисковых запросов в Google и Bing.

2. Проведение анализа данных и построение прогноза

Для анализа влияния коронавируса на безработицу в целом, рассмотрим изменение количества признаваемых безработными граждан за месяц для Томской, Новосибирской и Ростовской областей, а также для Ханты-Мансийского автономного округа (рис. 4). Данные по ежемесячной заболеваемости коронавирусной инфекцией в рассматриваемых регионах представлены на рисунке 5.

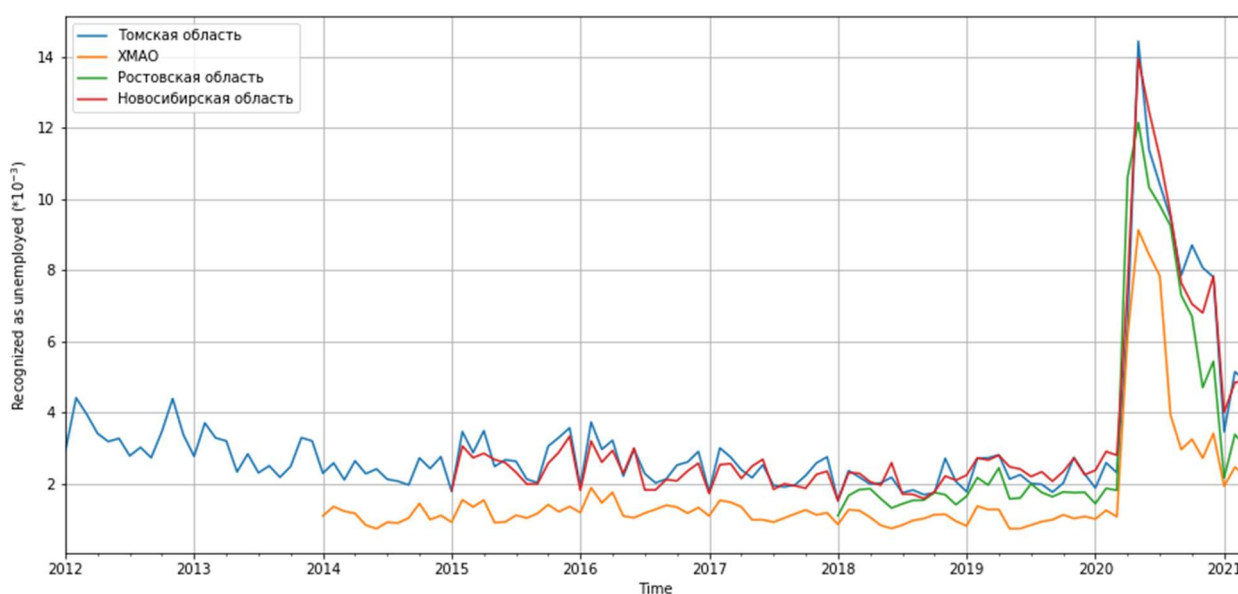


Рисунок 4. Изменение количества признаваемых безработными граждан за месяц в регионах

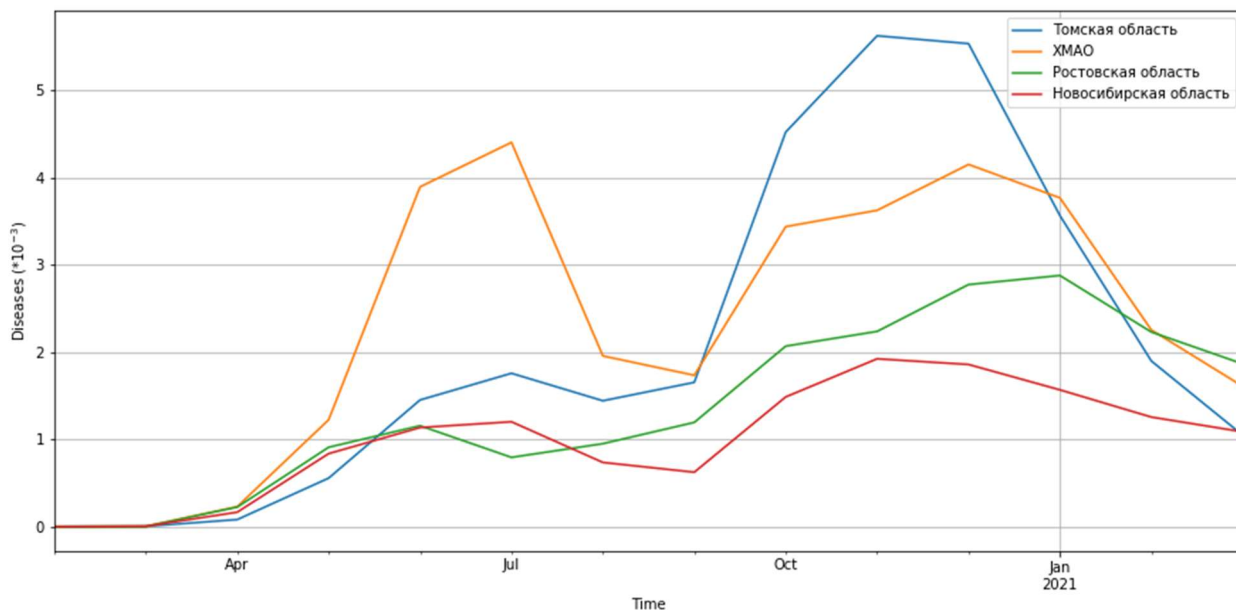


Рисунок 5. Ежемесячная заболеваемость коронавирусной инфекцией в регионах

Проанализируем зависимость между количеством граждан, признанных безработными, и заболеваемостью с помощью коэффициента корреляции Спирмена (таб. 5).

Таблица 5. Коэффициент корреляции Спирмена

Регион	Коэффициент корреляции Спирмена ρ	Достижимый уровень значимости p для критерия Стьюдента
Томская область	0,503	$2 * 10^{-8}$
Ханты-Мансийский автономный округ	0,569	10^{-8}
Новосибирская область	0,74	$7 * 10^{-8}$
Ростовская область	0,64	10^{-9}

Теперь разделим выборку на две части: до пандемии коронавирусной инфекции (до марта 2020 года включительно) и время пандемии (начиная с апреля 2020 года). На рисунке 6 изображен Q-Q-график для Томской области для проверки нормальности каждой подвыборки.

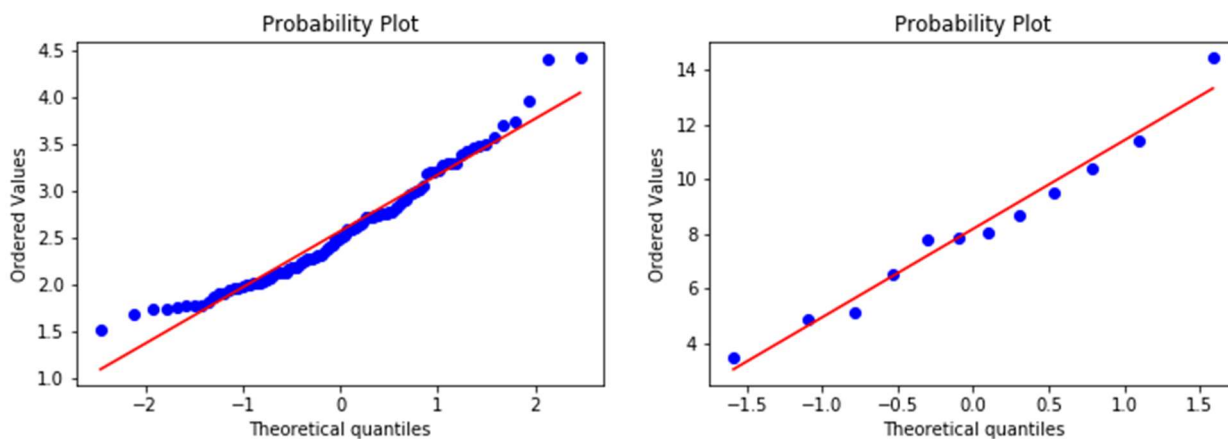


Рисунок 6. Q-Q-графики для двух подвыборок количества признанных безработными граждан Томской области

По графикам видно, что оба распределения похожи на нормальное, однако, тест Шапиро-Уилка отвергает нулевую гипотезу о нормальности первой выборки на уровне значимости $\alpha = 0.01$. Q-Q-графики для остальных регионов представлены на рисунках 7, 8 и 9.

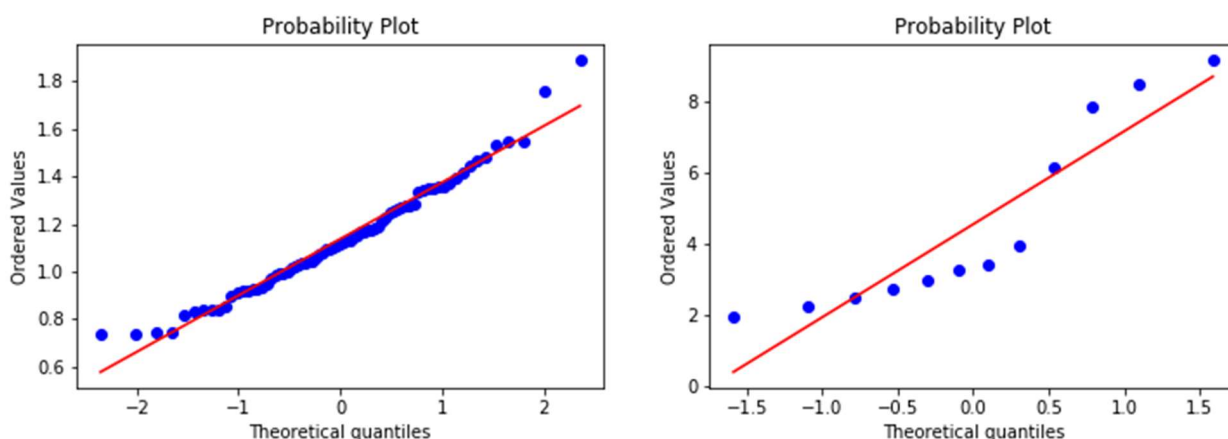


Рисунок 7. Q-Q-графики для двух подвыборок количества признанных безработными граждан Ханты-Мансийского автономного округа

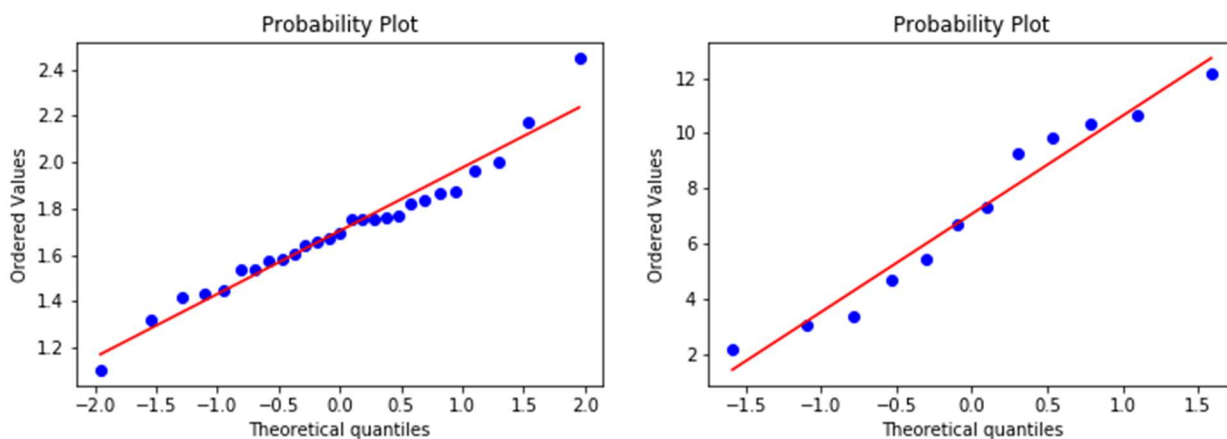


Рисунок 8. Q-Q-графики для двух подвыборок количества признанных безработными граждан Новосибирской области

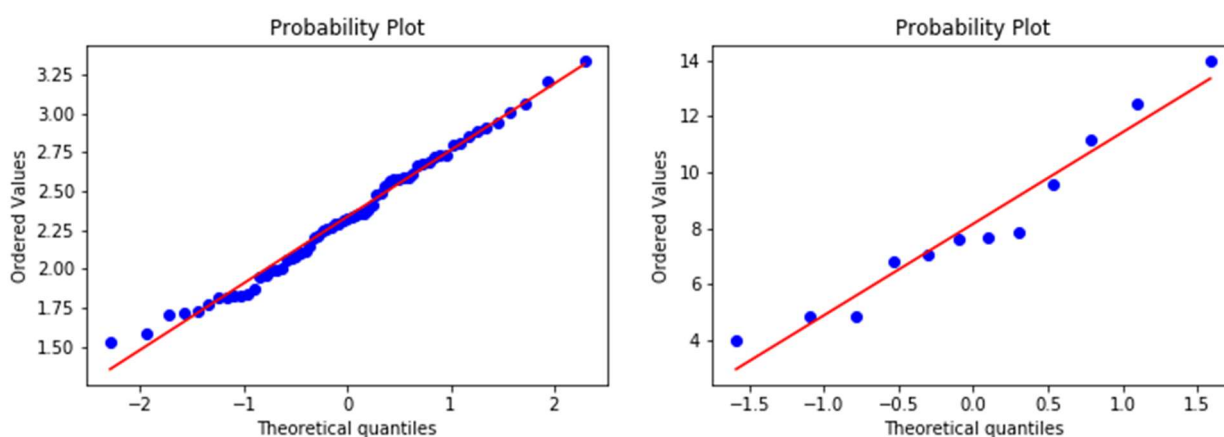


Рисунок 9. Q-Q-графики для двух подвыборок количества признанных безработными граждан Ростовской области

Далее рассмотрим дисперсии этих двух выборок. В таблице 6 записаны 95% доверительные интервалы для дисперсии для каждой выборки.

Таблица 6. Доверительные интервалы для дисперсии

Регион	До марта 2020 г (* 10 ⁻³)	С апреля 2020 г (* 10 ⁻³)
Томская область	(0,28; 0,491)	(4,644; 26,68)
Ханты-Мансийский автономный округ	(0,041; 0,079)	(3,438; 19,751)
Новосибирская область	(0,044; 0,135)	(5,648; 32,443)
Ростовская область	(0,128; 0,26)	(4,842; 27,817)

Доверительные интервалы для дисперсий ни в одном регионе не пересекаются, причем у меньшей выборки дисперсия строго больше. Таким

образом, для сравнения математических ожиданий подвыборок t-критерий Стьюдента не подойдет. Следовательно, здесь и далее будем использовать перестановочный критерий для двух независимых выборок. В таблице 7 представлены доверительные интервалы для математических ожиданий, а также достигаемый уровень значимости для перестановочного критерия.

Таблица 7. Доверительные интервалы для математического ожидания и достигаемый уровень значимости для перестановочного критерия

Регион	До марта 2020 г (* 10 ⁻³)	С апреля 2020 г (* 10 ⁻³)	Достигаемый уровень значимости <i>p</i>
Томская область	(2,455; 2,692)	(6,463; 9,906)	2 * 10 ⁻⁵
Ханты-Мансийский автономный округ	(1,084; 1,191)	(3,062; 6,024)	2 * 10 ⁻⁵
Новосибирская область	(1,602; 1,805)	(5,182; 9,978)	2 * 10 ⁻⁵
Ростовская область	(2,233; 2,44)	(6,402; 9,917)	2 * 10 ⁻⁵

Можно заметить, что левая граница доверительного интервала для второй выборки много больше правой границы доверительного интервала для первой выборки, следовательно, математические ожидания у двух выборок не могут быть равны. Это также подтверждает и перестановочный критерий. Кроме того, у второй выборки больше дисперсия, что говорит о нестабильности рынка труда во время пандемии.

Теперь проанализируем деятельность работодателей во время пандемии, а именно динамику количества вакансий. Рассмотрим изменение отношения заявленных за квартал вакансий к количеству граждан, признанных безработными за этот квартал (рис. 10).

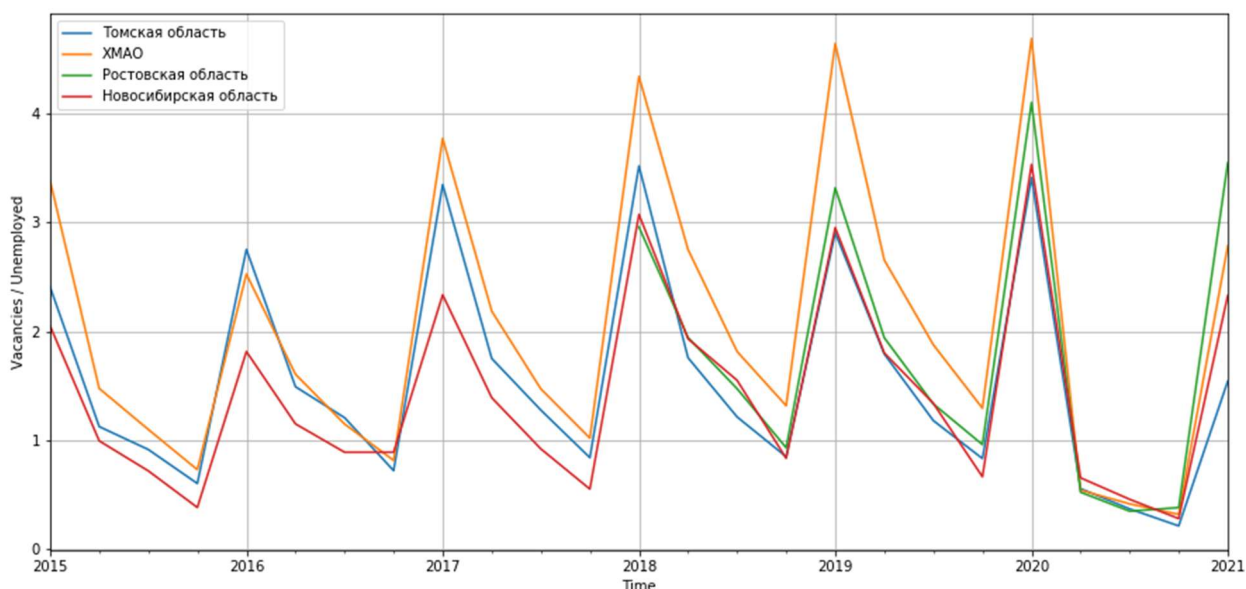


Рисунок 10. Изменение отношения заявленных вакансий к признанным безработными гражданами

По графику видно, что коронавирусная инфекция несильно повлияла на рассматриваемое отношение. Для всех регионов, кроме Томской области, перестановочный критерий не отвергает гипотезу о равенстве средних на уровне значимости $\alpha = 0.05$.

Теперь рассмотрим безработицу в различных разрезах. Начнем с изменения доли женщин среди безработных (рис. 11).



Рисунок 11. Изменение доли женщин среди безработных

На рисунке видно, что во всех четырех регионах доля женщин резко выросла в 2020 году, пик приходится третий квартал. Перестановочный критерий уверенно отвергает нулевую гипотезу о равенстве средних на уровне значимости $\alpha = 0.01$.

Проанализируем безработицу в разрезе типа места проживания: город и сельская местность. На рисунке 12 представлен график изменения доли городских граждан, признанных безработными.

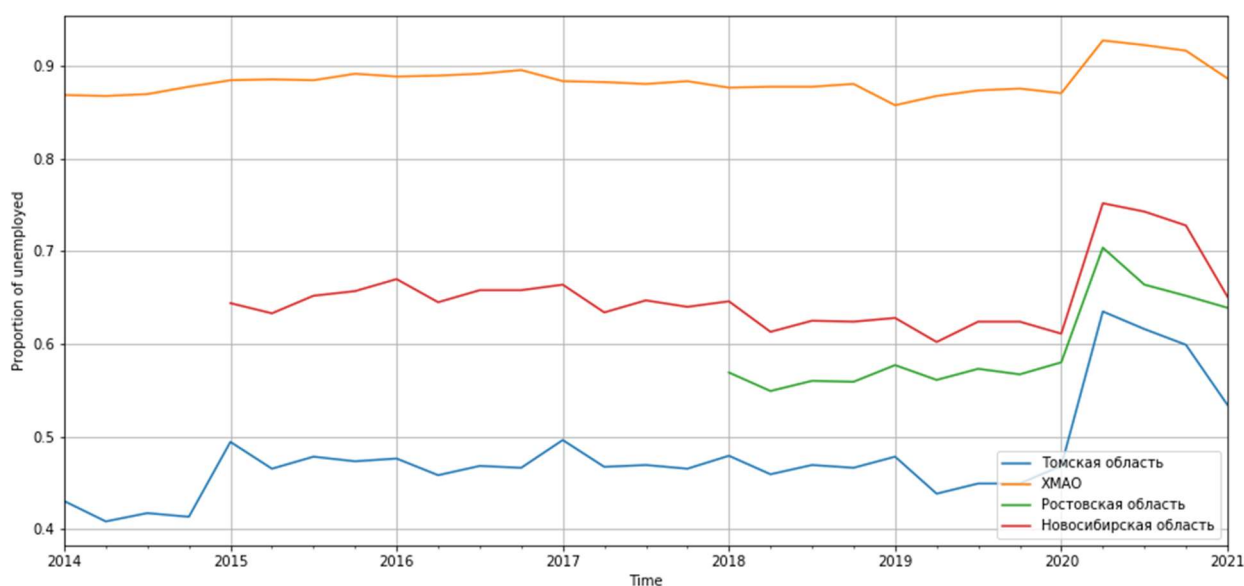


Рисунок 12. Изменение доли городских граждан, признанных безработными

На графике так же заметно увеличение доли безработных из городов. Перестановочный критерий так же отвергает гипотезу о равенстве средних на уровне значимости $\alpha = 0,05$.

На рисунках 13 и 14 изображены отношения трудоустроенных за квартал граждан к количеству признанных безработными граждан в городе и в сельской местности, соответственно.

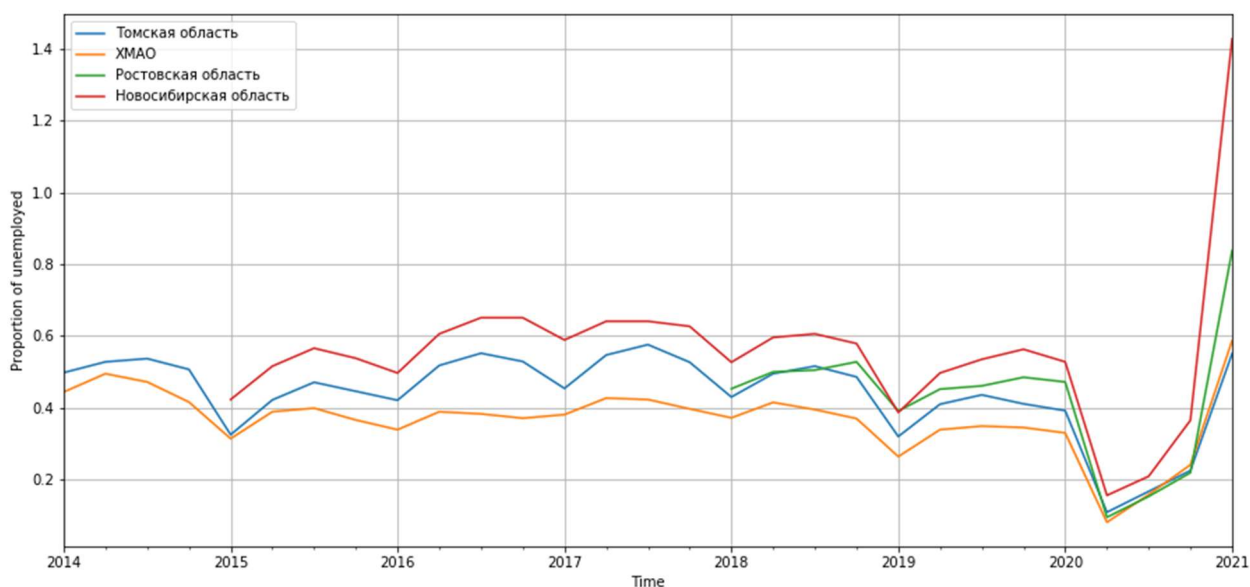


Рисунок 13. Отношение трудоустроенных граждан к безработным в городе



Рисунок 14. Отношение трудоустроенных граждан к безработным в сельской местности

На графиках выделяется резкий спад во втором квартале 2020 года, после чего отношение трудоустроенных граждан к безработным сильно выросло из-за уменьшения количества новых признаваемых безработными граждан и большого количества накопившихся безработных граждан, которых не получилось трудоустроить во втором квартале. Причем, для Томской области и Ханты-Мансийского автономного округа перестановочный критерий отвергает нулевую гипотезу о равенстве средних, а в Новосибирской и Ростовской областях – не отвергает на уровне значимости $\alpha = 0.05$. Связано это с резким ростом отношения трудоустроенных граждан к безработным в

двух последних регионах, что говорит о том, что рынок труда там быстро адаптировался к условиям пандемии.

Теперь рассмотрим безработицу в регионах в разрезе образования (рис. 15).

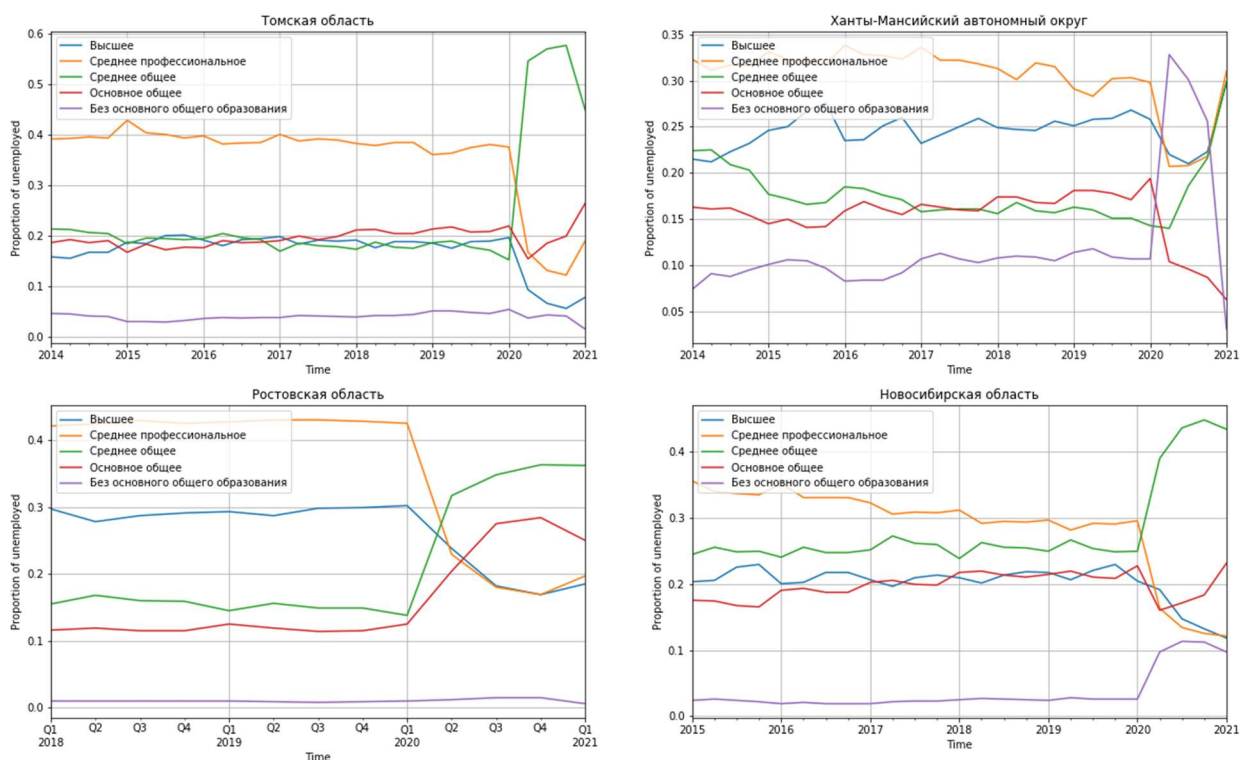


Рисунок 15. Безработица в регионах в разрезе образования

На графиках видно, что распределение безработных граждан по уровню образования в представленных регионах разное, однако, можно заметить общие закономерности: увеличение доли безработных граждан со средним общим образованием и уменьшение доли безработных граждан с высшим и средним профессиональным образованием, хотя к началу 2021 года в Ханты-Мансийском автономном округе заметно их последующее увеличение. Перестановочный критерий так же подтверждает эти изменения на уровне значимости $\alpha = 0.05$, только в Ханты-Мансийском автономном округе для доли безработных с высшим образованием нулевая гипотеза о равенстве средних не отвергается, что обусловлено увеличением их доли в первом квартале 2021 года, кроме того, во всех регионах до пандемии большую часть безработных граждан составляли люди со средним профессиональным

образованием. Также интересно подчеркнуть резкое увеличение доли безработных граждан, не имеющих основного общего образования.

Далее рассмотрим безработицу в разрезе профессий или должностей на последнем месте работы (рис. 16). Список профессий сформирован на основе списка показателей из формы федерального статистического наблюдения № 2-Т (трудоустройство) "Сведения о предоставлении государственных услуг в области содействия занятости населения".

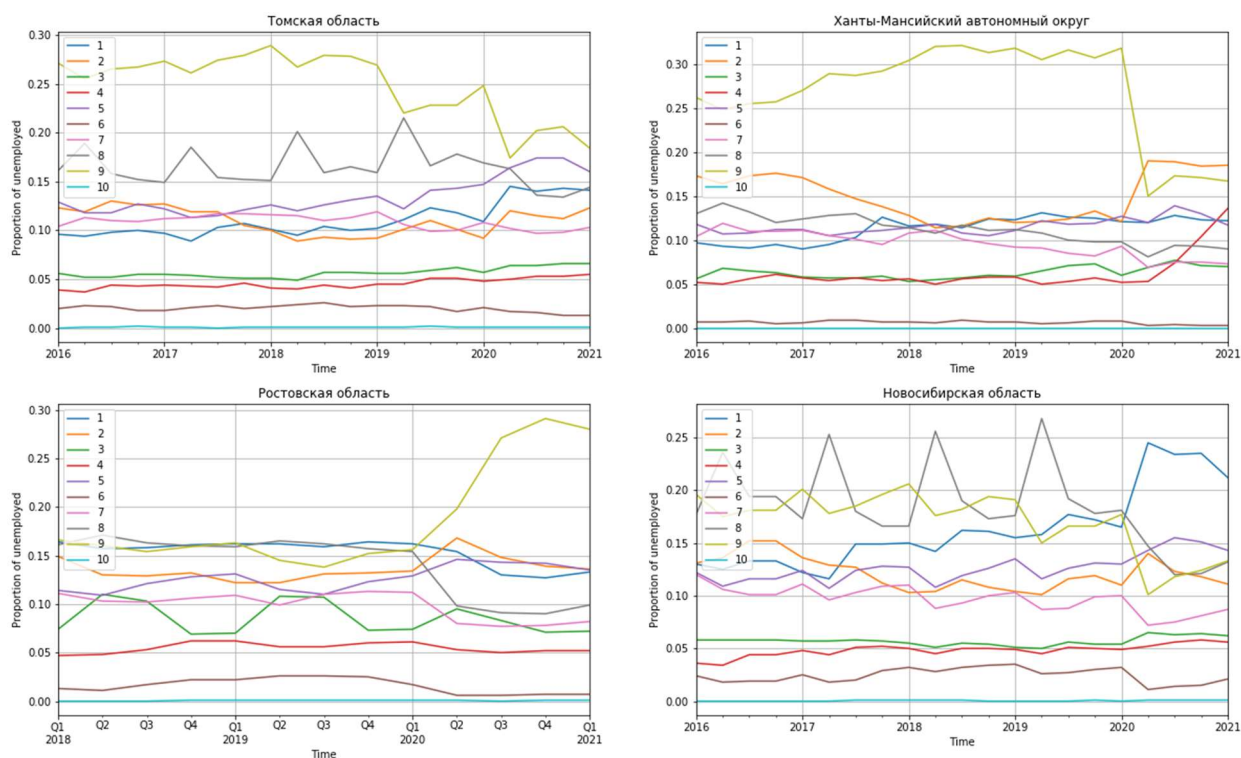


Рисунок 16. Безработица в разрезе профессии или должности на последнем месте работы: 1 — Руководители; 2 — Специалисты высшего уровня квалификации; 3 — Специалисты среднего уровня квалификации; 4 — Служащие, занятые подготовкой и оформлением документации, учётом и обслуживанием; 5 — Работники сферы обслуживания и торговли, охраны граждан и собственности; 6 — Квалифицированные работники сельского и лесного хозяйства, рыбоводства и рыболовства; 7 — Квалифицированные рабочие промышленности, строительства, транспорта и рабочие родственных занятий; 8 — Операторы производственных установок и машин, сборщики и водители; 9 — Неквалифицированные рабочие; 10 — Военнослужащие

При рассмотрении распределения безработных граждан по профессии прослеживаются закономерности, которые встречаются не менее, чем в трех из четырех рассматриваемых регионов: увеличение доли граждан, относящихся к специалистам среднего уровня квалификации, служащим,

занятым подготовкой и оформлением документации, учётом, обслуживанием и работникам сферы обслуживания и торговли, охраны граждан и собственности. Также в двух из трех регионов обнаружено увеличение доли руководителей и специалистов высшего уровня квалификации. Все изменения подтверждены перестановочным критерием на уровне значимости $\alpha = 0.05$.

Теперь рассмотрим спрос на рассматриваемые профессии (рис. 17).

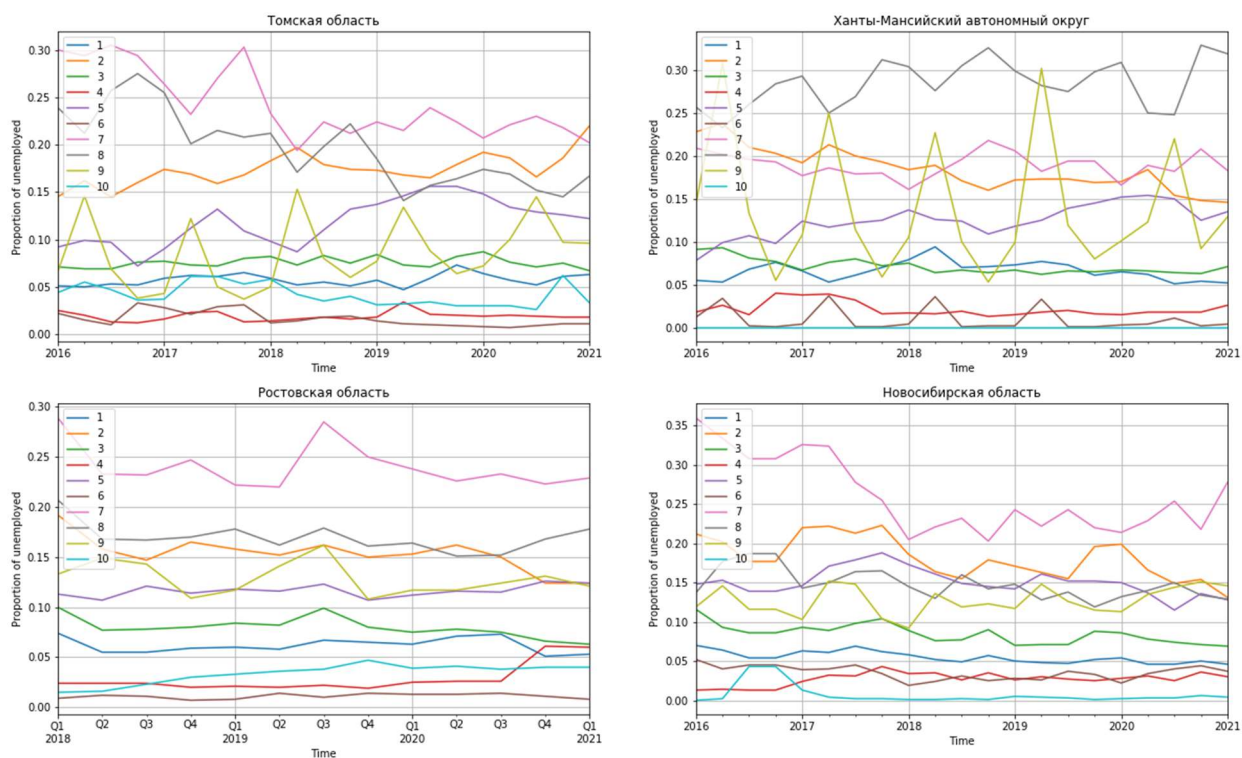


Рисунок 17. Распределение заявленных вакансий по профессиям или должностям: 1 — Руководители; 2 — Специалисты высшего уровня квалификации; 3 — Специалисты среднего уровня квалификации; 4 — Служащие, занятые подготовкой и оформлением документации, учётом и обслуживанием; 5 — Работники сферы обслуживания и торговли, охраны граждан и собственности; 6 — Квалифицированные работники сельского и лесного хозяйства, рыбоводства и рыболовства; 7 — Квалифицированные рабочие промышленности, строительства, транспорта и рабочие родственных занятий; 8 — Операторы производственных установок и машин, сборщики и водители; 9 — Неквалифицированные рабочие; 10 — Военнослужащие

Во всех представленных регионах доля спроса на большую часть профессий осталась неизменной, на уровне значимости $\alpha = 0.05$ нельзя отвергнуть гипотезу о равенстве средних двух подвыборок. Только для двух из четырех регионов можно отметить снижение доли спроса на руководителей, специалистов высшего и среднего уровня квалификации.

Наконец, рассмотрим распределение причин увольнения с последнего рабочего места (рис. 18).

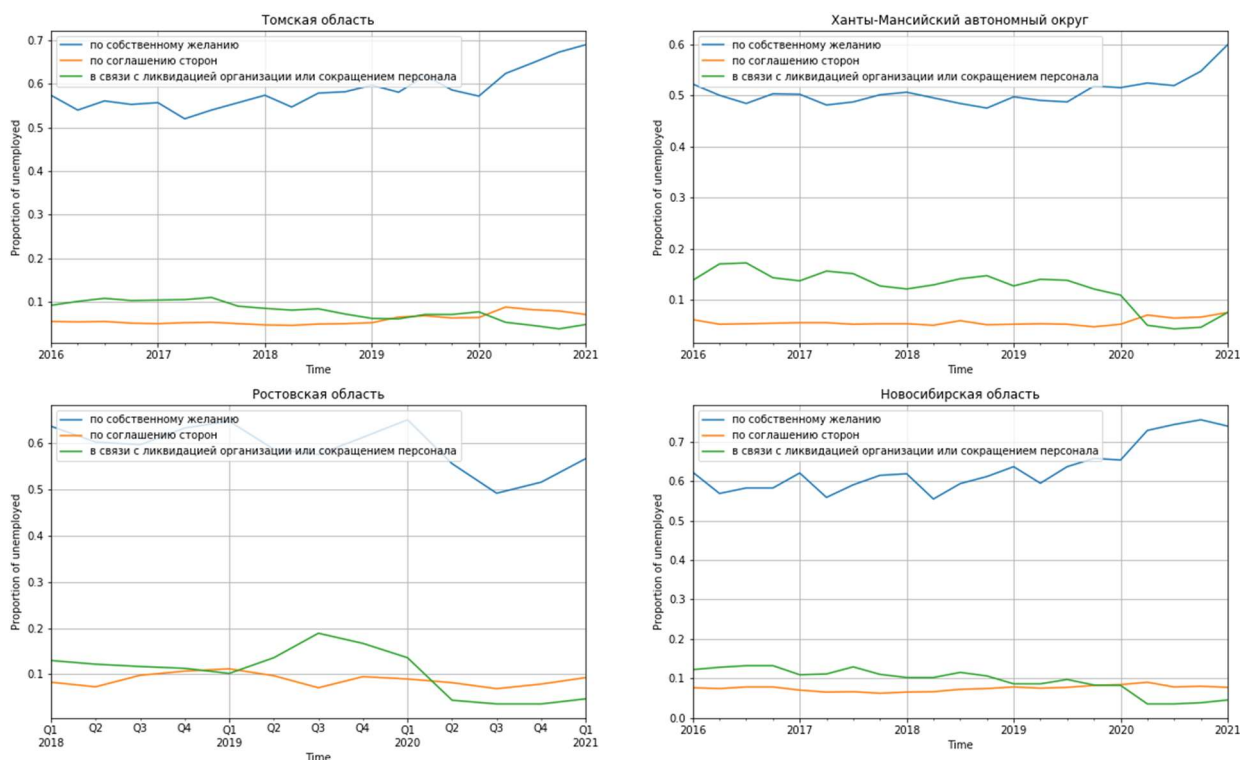


Рисунок 18. Распределение причин увольнения безработных граждан с последнего места работы

На графике заметно увеличение доли безработных, уволенных с последнего места работы по собственному желанию в трех регионах, а также уменьшение доли безработных граждан, уволенных с прошлого места работы в связи с ликвидацией организации или сокращением персонала во всех рассматриваемых регионах. Перестановочный критерий для этих случаев отвергает нулевую гипотезу на уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Далее спрогнозируем поведение динамики безработицы до конца 2021 года. Для построения прогноза возьмем ежемесячное количество признаваемых безработными граждан с января 2012 года по март 2021 года в Томской области (рис. 19).

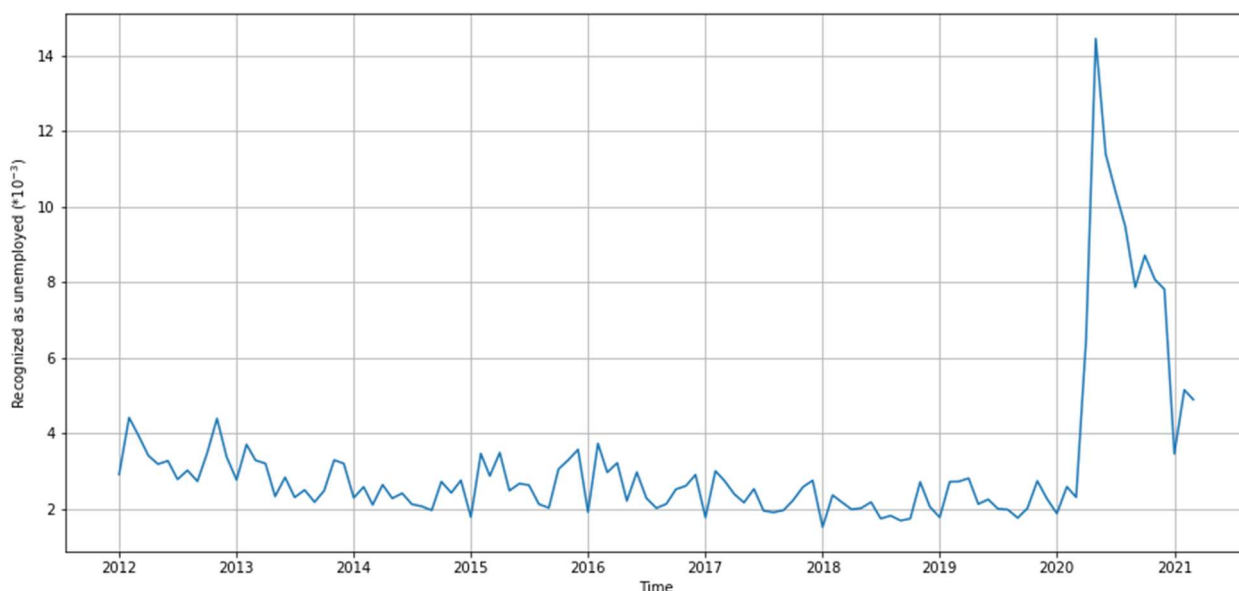


Рисунок 19. Динамика ежемесячного приращения уровня безработицы в Томской области с января 2012 года по март 2021 года

Для построения значений ежемесячного приращения уровня безработицы при условии отсутствия пандемии коронавирусной инфекции \hat{y}_t выделим отрезок времени с января 2012 года по март 2021 года. Данные значения будем рассматривать в качестве временного ряда. На рисунке 20 представлен сам ряд, а также его разложение на тренд и сезонную составляющую.

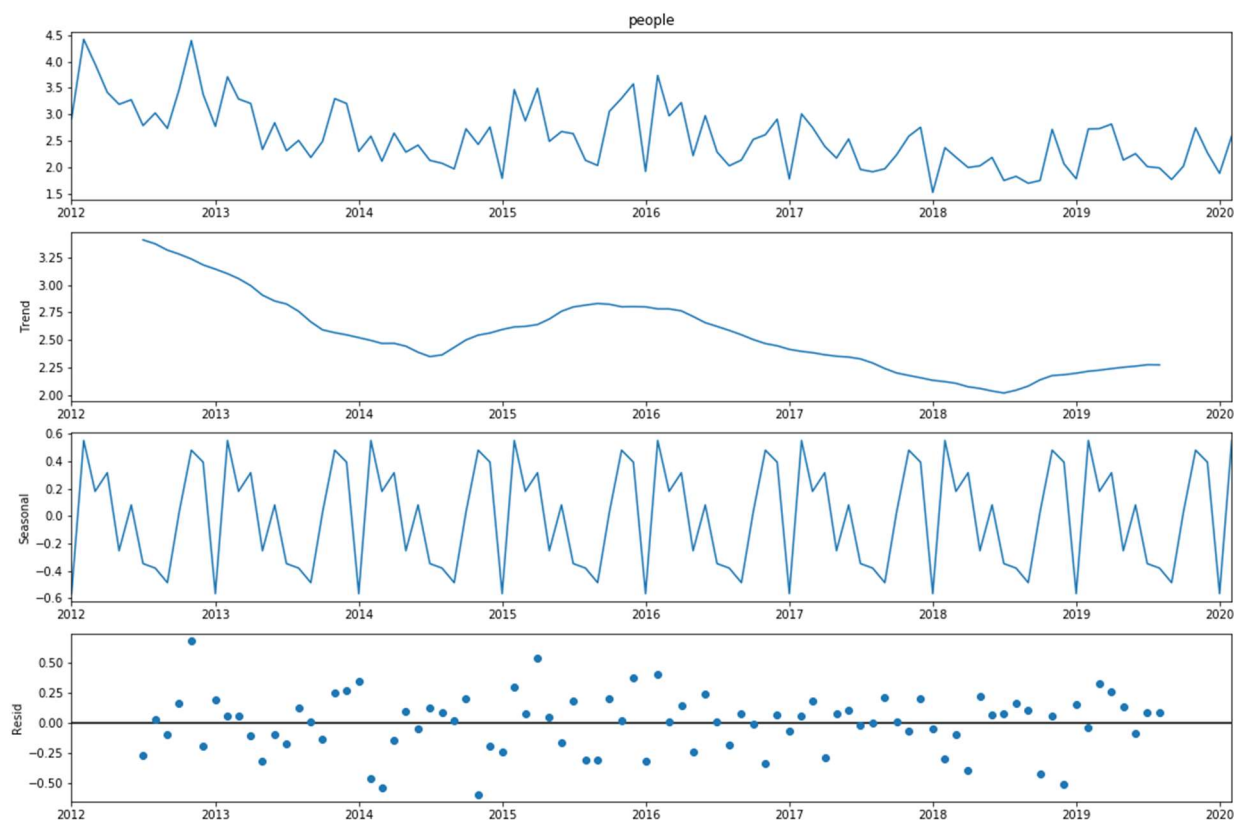


Рисунок 20. Временной ряд ежемесячного приращения уровня безработицы с января 2012 года по март 2020 года

На графиках хорошо прослеживается нисходящий тренд и сезонная составляющая длиной в 1 год, также заметно изменение дисперсии. Критерий Дики-Фуллера не отвергает нулевую гипотезу о нестационарности ряда, $p = 0,145$. Для преобразования ряда в стационарный стабилизируем дисперсию с помощью преобразования Бокса-Кокса, а также применим сезонное и обычное дифференцирование.

После описанных выше преобразований применим модель SARIMA(1, 1, 1) × (3, 1, 0), параметры модели подобраны с помощью критерия Акаике.

Проанализируем остатки (рис. 21): критерий Стьюдента не отвергает нулевую гипотезу о несмещенности остатков ($p = 0,617$), Q-критерий Льюнга-Бокса не отвергает нулевую гипотезу о автокоррелированности остатков ($p = 0,44$) и критерий Дики-Фуллера отвергает гипотезу о нестационарности ряда остатков на уровне значимости $\alpha = 0.01$ ($p < 10^{-7}$).

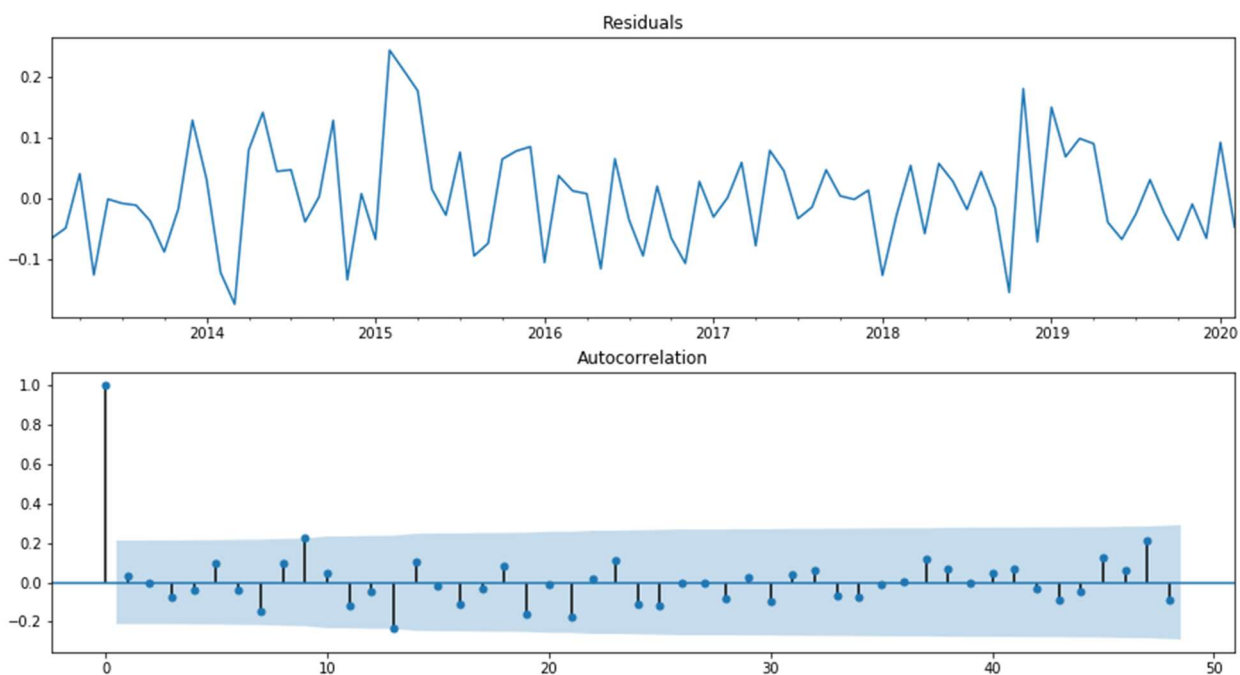


Рисунок 21. График остатков модели и их коррелограмма

На рисунке 22 красным цветом изображены прогнозные значения \hat{y}_t до декабря 2021 года.

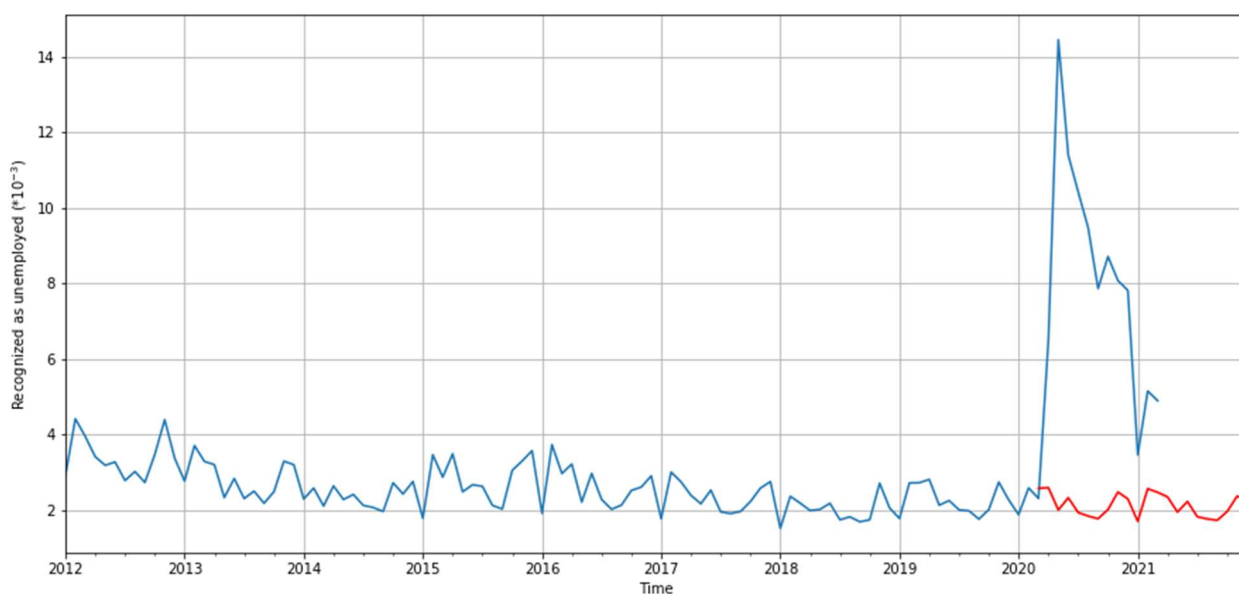


Рисунок 22. Прогнозные значения для ежемесячного количества признаваемых безработными граждан в Томской области при условии отсутствия пандемии коронавирусной инфекции

Для вычисления функции влияния числа выявленных заболеваний граждан коронавирусной инфекцией на ежемесячное количество признаваемых безработными граждан $g(t)$ преобразуем формулу (2)

$$g(t) = \frac{y_t - \hat{y}_t}{x_t}$$

На рисунке 23 изображены графики полученных функций как для Томской области, так и для остальных рассматриваемых в работе регионов.

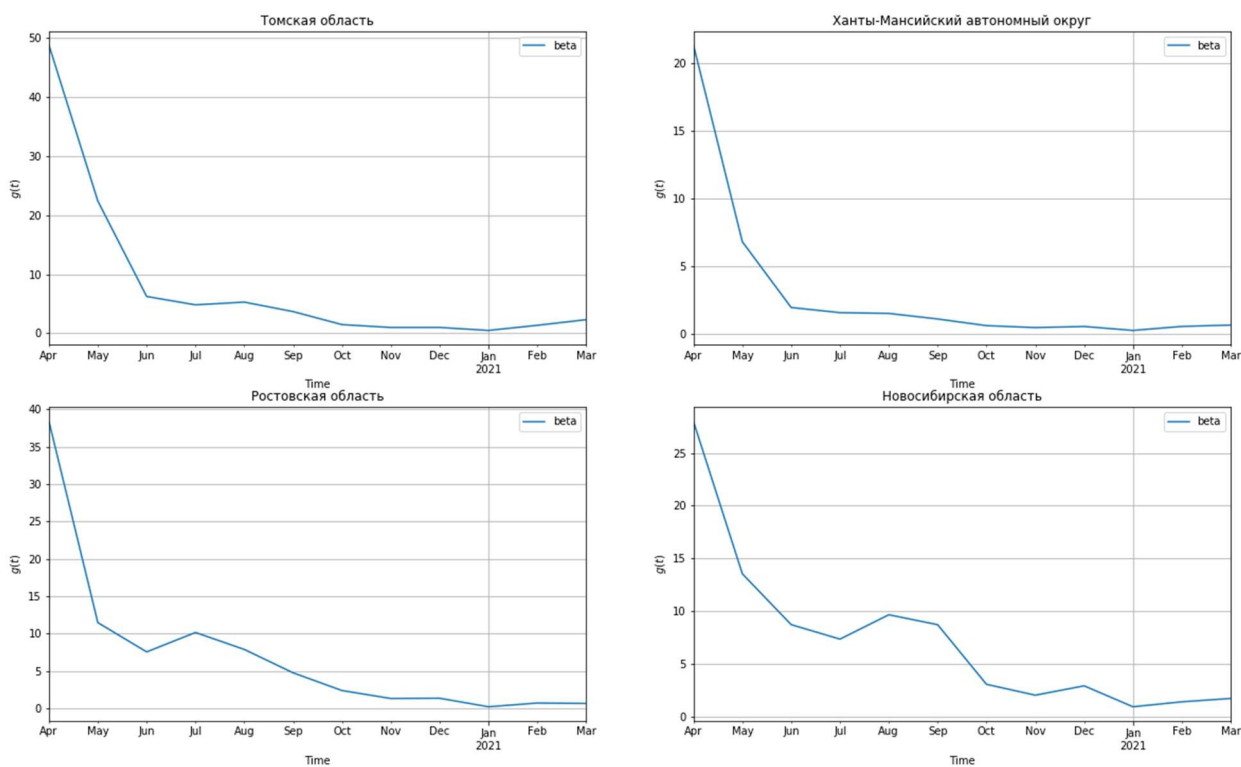


Рисунок 23. Функция влияния числа выявленных заболеваний граждан коронавирусной инфекцией на ежемесячное количество признаваемых безработными гражданами $g(t)$

Как видно из графиков, данную функцию можно аппроксимировать степенной функцией (рис. 24).

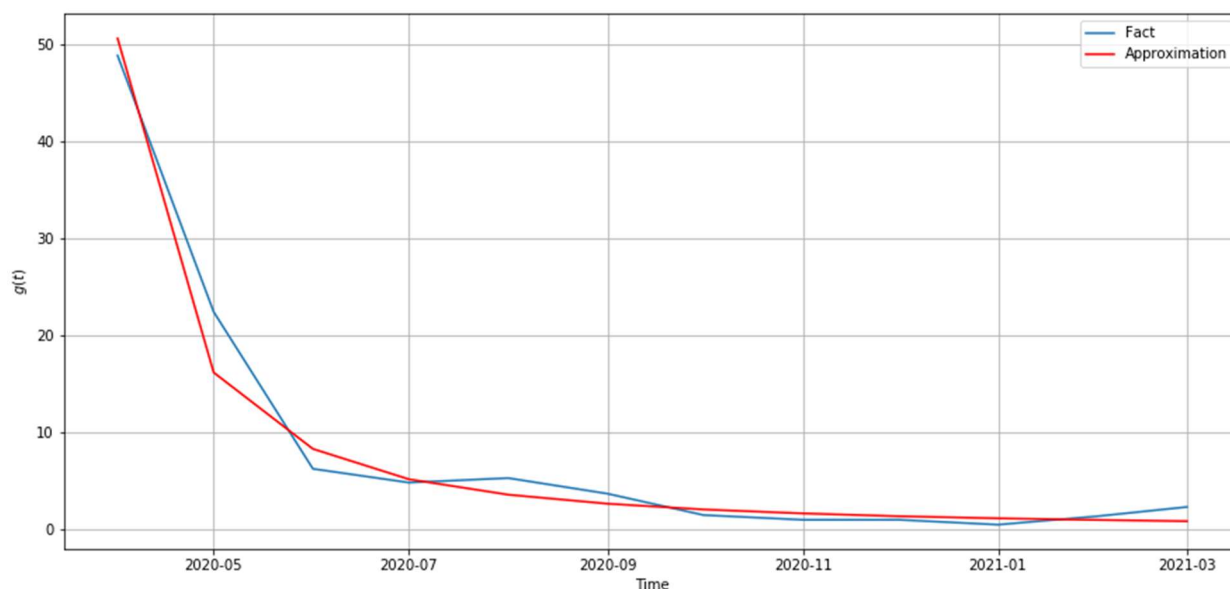


Рисунок 24. Функция влияния числа выявленных заболеваний граждан коронавирусной инфекцией на уровень безработицы и ее аппроксимация степенной функцией для Томской области

Рассмотрим несколько сценариев распространения коронавируса.

Первый сценарий оптимистичный. Предположим, что количество заражений в день будет постепенно уменьшаться, тем самым, пандемия закончится.

Теперь предположим, что будет зафиксирована третья волна заболеваемости. Данный случай можно разделить на три сценария, в зависимости от величины новой волны: слабая, средняя и сильная. На рисунке 25 представлены три сценария прохождения третьей волны заболеваемости. Полученные результаты вычислены путем варьирования параметров α_i , β_i и γ_i в формуле (3).

Все четыре сценария распространения коронавирусной инфекции изображены на рисунке 26.

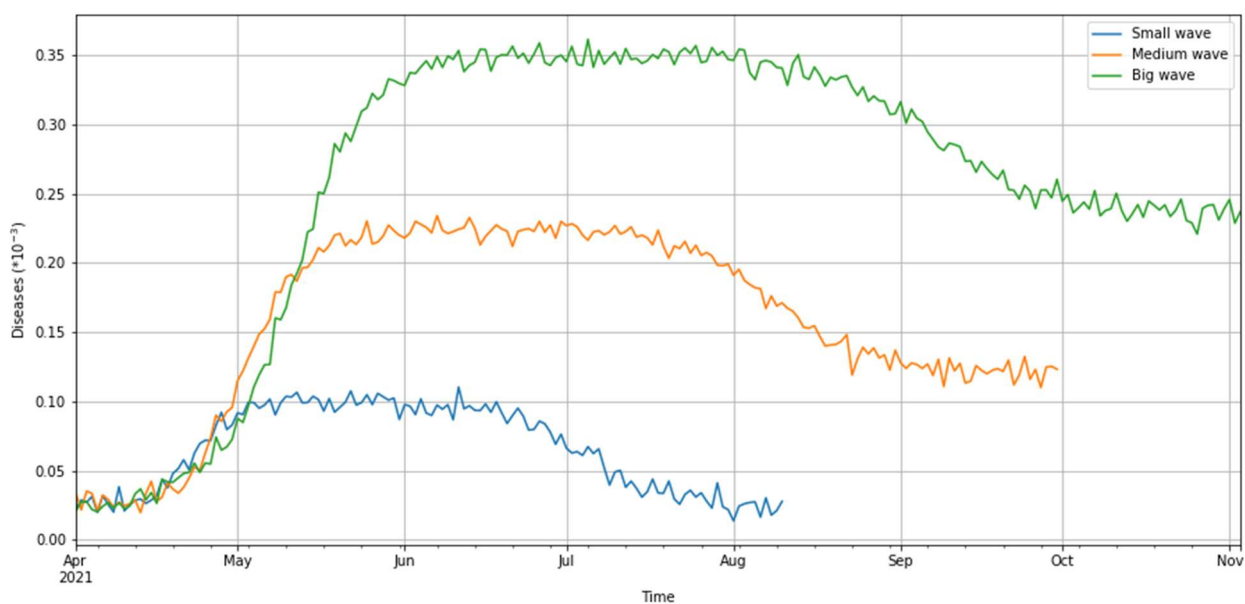


Рисунок 25. Сценарии распространения коронавирусной инфекции при наличии новой волны заболеваемости

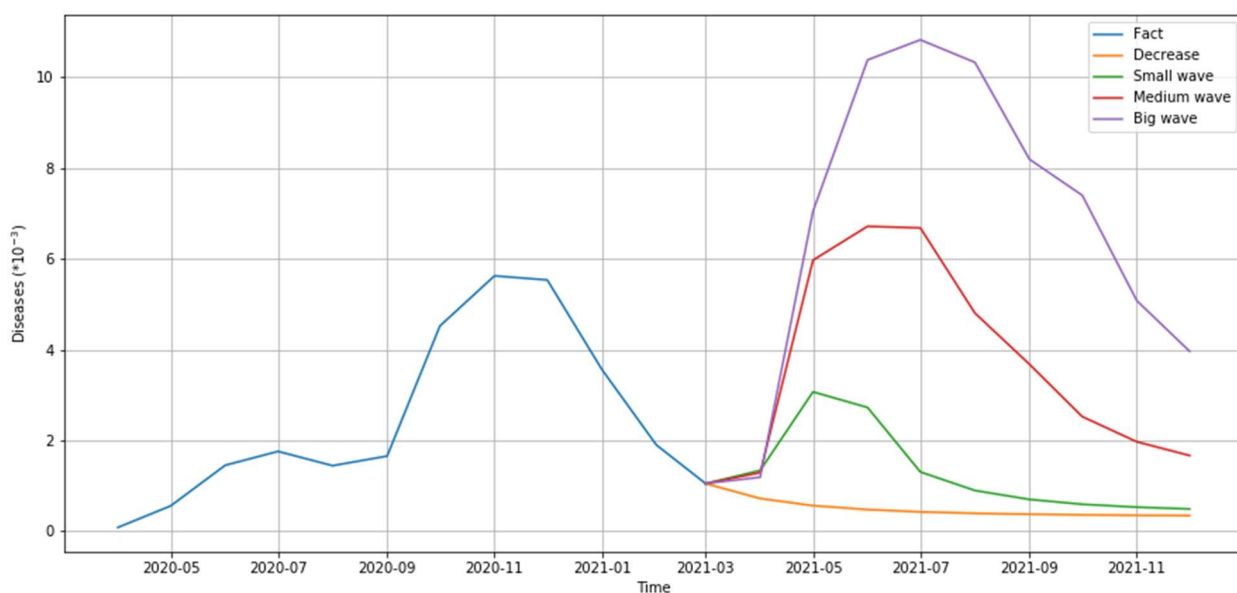


Рисунок 26. Сценарии распространения коронавирусной инфекции в Томской области

Подставив полученные при различных сценариях значения количества заболеваний в модель, получаем следующий прогноз до декабря 2021 года (рис. 27).

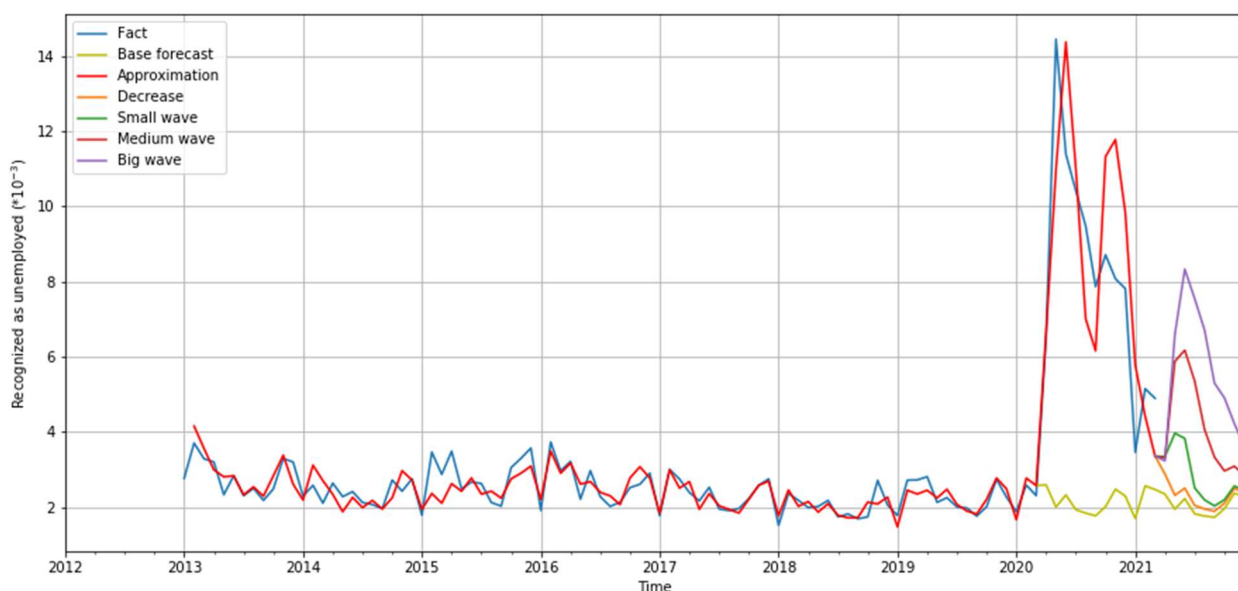


Рисунок 27. Прогноз динамики изменения ежемесячного приращения уровня безработицы при различных сценариях

На графике видно, что при отсутствии волны, а также при небольшой волне заболеваемости ежемесячный прирост уровня безработицы к концу года будет близок к базовой модели, т.е. ежемесячному приросту уровня безработицы в случае отсутствия пандемии. При средней и большой волне заболеваемости ожидается резкое увеличение безработицы, однако, к концу года количество граждан, признаваемых безработными уменьшится до уровня, который много меньше, чем в декабре 2020 года.

3. Анализ полученных результатов

Полученные результаты демонстрируют, что распространение новой коронавирусной инфекции сильно повлияло на рынок труда в Российской Федерации. Благодаря корреляционному анализу обнаружена значимая линейная зависимость числа граждан, признаваемых безработными, от количества выявленных заболеваний. Такая случайная величина, как количество признаваемых безработными граждан во время пандемии, не только сильно выросла в значениях, но и стала очень нестабильной, о чем свидетельствует ее большой разброс.

Кроме того, региональные рынки труда потерпели не только количественные изменения, но также и качественные. Безусловно, рынок труда каждого региона имеет свои особенности, связанные с такими факторами, как географическое положение, демографическая ситуация, отраслевая структура производства и т.д. Однако, можно выделить общие для всех рассмотренных в работе регионов тенденции. Так, например, в каждом из регионов во время пандемии наблюдается значительное увеличение доли женщин среди безработных, в Ханты-Мансийском автономном округе среди всех признанных безработными граждан во втором и третьем кварталах 2020 года женщины составляли более 60%. Также увеличилась часть безработных граждан, проживающих в городах. В трех регионах во втором квартале доля городских безработных выросла примерно на 10%.

Также изменения коснулись и распределения уровня образования среди безработных граждан. Заметно увеличилась доля безработных, имеющих среднее общее образование, и, наоборот, сократилась часть безработных граждан с высшим и средним профессиональным образованием. Если до пандемии около трети всех признаваемых безработными граждан имели среднее профессиональное образование, то теперь в трех представленных регионах их доля уменьшилась до 20%, а большую часть занимают граждане со средним общим образованием. Так, в Томской области со второго по четвертый квартал 2020 года они составляли более 55% среди всех безработных.

При анализе безработицы в разрезе профессий или должностей на последнем месте работы, выявлены такие общие для многих рассматриваемых регионов тенденции, как увеличение части граждан, относящихся к специалистам среднего уровня квалификации, служащим, ответственным за документацию, работникам сферы обслуживания и торговли, а также в сферы охраны граждан и собственности. Также в некоторых регионах замечено увеличение доли безработных, занимавших ранее руководящие должности, а

также специалистов высшего уровня квалификации. При этом доля спроса на данные профессии, в основном, осталась прежней. Только в двух из четырех представленных регионов произошло изменение в составе заявляемых вакансий, связанное с сокращением части вакансий на руководящие должности, а также снижением спроса на специалистов высшего и среднего уровня квалификации.

Также можно выделить увеличение части безработных граждан, уволенных с предыдущего места работы по собственному желанию, и, наоборот, уменьшение доли граждан, потерявших работу по причине ликвидации организации или сокращения персонала, что может быть связано с введенными мерами правительства для поддержки бизнеса в Российской Федерации, такими как налоговые послабления, временная приостановка проверок бизнеса, гособеспечение кредитов на зарплаты и т.д.

Однако, рынок труда в Российской Федерации возвращается к прежнему состоянию. Об этом свидетельствует, например, рост отношения количества трудоустраиваемых граждан к числу признаваемых безработными. В норму приходит и состав безработных граждан в разрезах половой принадлежности и типа места проживания.

Результаты проведенного сценарного моделирования также демонстрируют, что динамика рынка труда с точки зрения безработицы приближается к базовому сценарию, предполагающему изначальное отсутствие распространения коронавирусной инфекции. Только новая волна заболеваемости, близкая или превосходящая по величине вторую волну, перенесенную в четвертом квартале 2020 года и начале первого квартала 2021, способна пошатнуть состояние региональных рынков труда, однако, ее влияние не будет столь значительным, каким было влияние первой волны заболеваемости новой коронавирусной инфекцией.

Заключение

В данной работе проведено исследование рынка труда таких регионов, как Томская, Новосибирская и Ростовская область, а также Ханты-Мансийский автономный округ.

Для этого проанализирована предметная область. В ходе изучения научной литературы выделены основные проблемы рынка труда Российской Федерации как в целом, так и в разрезе регионов, выявлены факторы, влияющие на специфические особенности региональных рынков труда, а также определены основные показатели, характеризующие состояние рынка трудовой силы. Выделены основные сущности, такие как гражданин, выступающий в роли наемного работника, работодатель, формирующий спрос на рабочую силу, и служба занятости населения, через которую реализуются отношения между субъектами российского рынка труда, также выявлены характеристики участников рассматриваемого рынка, и, как следствие, построена информационно-логическая модель.

Собраны и обработаны статистические данные. В качестве основного источника использовались формы федерального статистического наблюдения, а именно, месячная форма № 1-Т (трудоустройство) "Сведения о содействии занятости граждан" и квартальная форма № 2-Т (трудоустройство) "Сведения о предоставлении государственных услуг в области содействия занятости населения". Также применялись данные Федеральной службы государственной статистики. Разнородные данные, полученные из разных источников, структурированы и занесены в реляционную базу данных.

Проведен вероятностно-статистический анализ, в ходе которого выявлена корреляционная зависимость количества признаваемых безработными граждан от числа выявляемых заболеваний новой коронавирусной инфекцией, выделены общие для представленных в работе регионов тенденции, например, увеличение доли женщин среди безработных

или изменение состава безработных граждан с точки зрения уровня образования или имеющейся профессии во время пандемии.

Разработана математическая модель для прогнозирования временного ряда, представляющего изменение ежемесячного количества граждан, признаваемых безработными, с учетом количества выявленных заболеваний. Для этого также построена модель, эмитирующая динамику распространения коронавирусной инфекции в случае новой волны заболеваемости в зависимости от таких параметров, как степень готовности вакцины или выработки антител у граждан, уровень вводимых ограничений и уровень ответственности населения. Рассмотрено четыре сценария распространения коронавируса, на которых апробирована математическая модель для Томской области.

Проведенное исследование показало, что вследствие распространения новой коронавирусной инфекции рынок труда в контексте безработицы потерпел как количественные, так и качественные изменения. Однако, влияние пандемии на безработицу монотонно убывает, как итог, ситуация на рынке рабочей силы постепенно приходит в норму, и к концу 2021 года, при условии оптимистичного сценария, подразумевающего отсутствие новой волны заболеваемости, или наличии волны небольшого размера, например, в случае небольших мутаций коронавирусной инфекции, снятии ограничительных мер или снижении ответственности граждан, динамика безработицы в регионах приблизится к базовому сценарию, наблюдаемому до пандемии, а при пессимистичном сценарии, т.е. в случае новой волны заболеваемости, превышающей наблюдаемую в четвертом квартале 2020 года и в начале первого квартала 2021 года, ожидается значимое, но кратковременное увеличение количества граждан, признаваемых безработными.

Литература

1. Goldin C., Katz L. The Race between Education and Technology. Princeton UP. 2009. P. 496.
2. Стратегия развития страны 2018–2024 // Центр стратегических разработок URL: <https://strategy.csr.ru> (дата обращения: 5.12.2020)
3. Гимпельсон В., Капелюшников Р., Рощин С. РОССИЙСКИЙ РЫНОК ТРУДА: ТЕНДЕНЦИИ, ИНСТИТУТЫ, СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ. М.: НИУ ВШЭ, 2017. 148 с.
4. Салтыков В. Рынок труда Российской Федерации на современном этапе развития // Инновации и инвестиции. № 4. 2017. С. 61–64.
5. Попова Н. Роль стоимости рабочей силы в экономической системе: методологический аспект // Дискуссия. № 1 (92). 2019. С. 56–64.
6. Резолюция I "Резолюция о статистике трудовой деятельности, занятости и недоиспользования рабочей силы" от 11.10.2013 19-я Международная конференция статистиков труда. 2013 г.
7. Закон Российской Федерации ""О занятости населения в Российской Федерации"" от 19.04.1991 № 1032-1 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2020 г. Ст. 15
8. Министерство экономического развития Российской Федерации ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ГОСУДАРСТВЕННОЙ СТАТИСТИКИ "Об утверждении форм федерального статистического наблюдения с указаниями по их заполнению для организации Федеральной службой по труду и занятости федерального статистического наблюдения за предоставлением государственных услуг в области содействия занятости населения" от 29.11.2019 № 724 // Росстат. 2020 г.

9. Коровкин А.Г. Динамика занятости и рынка труда: вопросы макроэкономического анализа и прогнозирования. М.: МАКС Пресс, 2001. 320 с.
10. Коровкин А.Г., Долгова И.Н., Королев И.Б. Анализ и моделирование взаимосвязанной динамики рынка труда и системы образования в экономике РФ // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. Том 8. 2010. С. 664–682.
11. Гуртов В.А., Кекконен А.Л. Модели среднесрочного прогнозирования спроса экономики на квалифицированные кадры // Кадровик. Рекрутинг для кадровика. М.: 2010. № 12. С. 58–66.
12. Гуртов В.А., Питухин Е.А., Серова Л.М. Прогнозирование динамики спроса на рынке труда на различных фазах развития кризисных процессов в российской экономике // Проблемы прогнозирования. 2010. №2. С. 84–98.
13. Мокронос А.Г. Прогнозирование потребности региональной экономики в подготовке кадров: монография. Екатеринбург: РГППУ, 2010. 111 с.
14. Косоруков О.А., Мусихин С.Н., Мысина К.А. Комплексный подход моделирования рынка труда // Плехановский научный бюллетень. 2012. № 1. С. 71–80.
15. Коровкин А.Г. Динамика занятости и рынка труда в РФ в перспективе до 2030 г // Проблемы прогнозирования. № 4, 2013. С. 79–96.
16. Питухин Е.А., Мороз Д.М., Астафьева М.П. Прогнозирование кадровых потребностей региональной экономики в разрезе профессий // Экономика и управление. 2015. №7 (117). С. 41–49.

17. Цыбатов В.А. Макроэкономическое моделирование, прогнозирование и планирование регионального развития. Самара: Самарский государственный экономический университет, 2016. 316 с.
18. Тихомирова Т.М., Нечетова А.Ю. Краткосрочное прогнозирование безработицы на основе факторов опережающего влияния // ФЕДЕРАЛИЗМ. 2017. №2 (86). С. 7–22.
19. Гуртов В.А., Питухин Е.А. Прогнозирование потребностей экономики в квалифицированных кадрах: обзор подходов и практик применения // Университетское управление: практика и анализ. 2017. №4 (21). С. 130–161.
20. Судакова А.Е., Шориков А.Ф. Поиск параметров для детерминированной оптимизационной модели: рынок труда и выпускники вузов // Региональная экономика: Теория и практика. 2019. №3 (462). С. 513–525.
21. Программные продукты для региональных органов власти // НПК "Катарсис" URL: <http://soft.katharsis.ru> (дата обращения: 1.12.2020).
22. Итоги выборочного обследования рабочей силы // Федеральная служба государственной статистики URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13265> (дата обращения: 16.12.2020).
23. Статистика коронавируса по регионам России // Внешняя торговля России URL: <https://russian-trade.com/coronavirus-russia> (дата обращения: 3.04.2021).
24. TOPDB Top Database index // PYPL Popularity of Programming Language URL: <https://pypl.github.io/DB.html> (дата обращения: 14.12.2020).

25. 2020 Developer Survey // Stack Overflow URL: <https://insights.stackoverflow.com/survey/2020> (дата обращения: 14.12.2020).
26. DB-Engines Ranking - Trend Popularity // DB-Engines URL: https://db-engines.com/en/ranking_trend (дата обращения: 14.12.2020).

Приложения

Приложение 1. Содержание справочников базы данных

Таблица 8. Справочник регионов

Id	Parent_id	Name
0	Null	Российская Федерация
1	0	Томская область
2	0	Ханты-Мансийский автономный округ
3	0	Ростовская область
4	0	Новосибирская область

Таблица 9. Справочник статусов граждан

Id	Parent_id	Name
0	Null	Экономически активное население
1	0	Обратились в службу занятости населения
2	1	Признанные безработными
3	2	Снятые с учета
4	2	Выпускники учебных заведений
5	Null	Заболевшие коронавирусом

Таблица 10. Справочник полов

Id	Parent_id	Name
0	Null	Не задан
1	Null	Мужчины
2	Null	Женщины

Таблица 11. Справочник возрастов

Id	Parent_id	Name
0	Null	Не задан
1	Null	14–15 лет
2	Null	16–17 лет
3	Null	18–19 лет

4	Null	20–24 года
5	Null	25–29 лет
6	Null	30 лет и старше

Таблица 12. Справочник уровней образования

Id	Parent_id	Name
0	Null	Не задан
1	Null	Высшее образование
2	Null	Среднее профессиональное образование
3	Null	Среднее общее образование
4	Null	Основное общее образование
5	Null	Без основного общего образования

Таблица 13. Справочник профессий

Id	Parent_id	Name
0	Null	Не задана
1	Null	Ранее не работали
2	Null	Ранее осуществлявшие трудовую деятельность
18	2	Руководители
19	2	Специалисты высшего уровня квалификации
20	19	Специалисты в области науки и техники
21	19	Специалисты в области здравоохранения
22	21	Врачи
23	21	Специалисты по медицинскому уходу и акушерству
24	19	Специалисты в области образования
25	24	Профессорско-преподавательский персонал университетов и других организаций высшего образования
26	24	Преподаватели средних профессиональных образовательных организаций
27	24	Педагогические работники в средней школе
28	24	Педагогические работники в начальном и дошкольном образовании
29	19	Специалисты в сфере бизнеса и администрирования
30	19	Специалисты по информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ)

31	19	Специалисты в области права, гуманитарных областей и культуры
32	2	Специалисты среднего уровня квалификации
33	32	Специалисты-техники в области науки и техники
34	32	Средний медицинский персонал здравоохранения
35	32	Средний специальный персонал по экономической и административной деятельности
36	32	Средний специальный персонал в области правовой, социальной работы, культуры, спорта и родственных занятий
37	32	Специалисты-техники в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ)
38	2	Служащие, занятые подготовкой и оформлением документации, учётом и обслуживанием
39	38	Служащие общего профиля и обслуживающие офисную технику
40	38	Служащие сферы обслуживания населения
41	38	Служащие в сфере обработки числовой информации и учёта материальных ценностей
42	38	Другие офисные служащие
43	2	Работники сферы обслуживания и торговли, охраны граждан и собственности
44	43	Работники сферы индивидуальных услуг
45	43	Продавцы
46	43	Работники, оказывающие услуги по индивидуальному уходу
47	43	Работники служб, осуществляющие охрану граждан и собственности
48	2	Квалифицированные работники сельского и лесного хозяйства, рыбоводства и рыболовства
49	48	Квалифицированные работники сельского хозяйства, производящие товарную продукцию
50	48	Товарные производители лесной и рыбной продукции и охотники
51	48	Квалифицированные работники сельского хозяйства, рыболовства, охотники и сборщики урожая, производящие продукцию для личного потребления
52	2	Квалифицированные рабочие промышленности, строительства, транспорта и рабочие родственных занятий
53	52	Рабочие, занятые в строительстве, и рабочие родственных занятий (за исключением электриков)
54	52	Рабочие, занятые в металлообрабатывающем и машиностроительном производстве, механики и ремонтники
55	52	Рабочие, занятые изготовлением прецизионных инструментов и приборов, рабочие художественных промыслов и полиграфического производства

56	52	Рабочие в области электротехники и электроники
57	52	Рабочие пищевой, деревообрабатывающей, текстильной и швейной промышленности и рабочие родственных занятий
58	57	Рабочие пищевой промышленности и рабочие родственных занятий
59	57	Рабочие ручного труда, производящие одежду и обувь
60	2	Операторы производственных установок и машин, сборщики и водители
61	60	Операторы промышленных установок и стационарного оборудования
62	60	Сборщики
63	60	Водители и операторы подвижного оборудования
64	2	Неквалифицированные рабочие
65	64	Уборщики и прислуга
66	64	Неквалифицированные рабочие сельского и лесного хозяйства, рыбоводства и рыболовства
67	64	Неквалифицированные рабочие, занятые в горнодобывающей промышленности, строительстве, обрабатывающей промышленности и на транспорте
68	67	Неквалифицированные рабочие, занятые в горнодобывающей промышленности и строительстве
69	68	Неквалифицированные рабочие, занятые на строительстве и ремонте дорог, плотин и аналогичных гражданских сооружений
70	67	Неквалифицированные рабочие, занятые на строительстве зданий
71	67	Неквалифицированные рабочие, занятые в обрабатывающей промышленности
72	67	Неквалифицированные рабочие, занятые на транспорте и в хранении
73	64	Помощники в приготовлении пищи
74	64	Уличные торговцы и другие неквалифицированные работники, оказывающие различные уличные услуги
75	64	Неквалифицированные работники по сбору мусора и другие неквалифицированные работники
76	2	Военнослужащие

Таблица 14. Справочник типов места проживания

Id	Parent_id	Name
0	Null	Не задан
1	Null	Город
2	Null	Сельская местность
3	2	Монопрофильный город (населенный пункт)

Таблица 15. Справочник причин увольнения

Id	Parent_id	Name
0	Null	Не задан
1	Null	Уволенные по собственному желанию
2	Null	Уволенные по соглашению сторон
3	Null	Уволенные в связи с ликвидацией организации, либо прекращением деятельности индивидуальным предпринимателем, сокращением численности или штата работников организации, индивидуального предпринимателя

Таблица 16. Справочник продолжительности безработицы

Id	Parent_id	Name
0	Null	Не задан
1	Null	1–4 месяца
2	Null	4–8 месяцев
3	Null	8–12 месяцев
4	Null	Более 1 года
5	Null	Средняя продолжительность безработицы в месяцах

Таблица 17. Справочник типов наблюдений

Id	Parent_id	Name
0	Null	Работодатели
1	Null	Вакансии

Таблица 18. Справочник форм собственности организации

Id	Parent_id	Name
0	Null	Не задана
1	Null	Государственная форма собственности
2	Null	Муниципальная форма собственности
3	Null	Другая форма собственности

Таблица 19. Справочник способов подсчета информации

Id	Parent_id	Name
0	Null	Не задан
1	Null	На начало отчетного периода
2	Null	На протяжении отчетного периода
3	Null	На конец отчетного периода

Приложение 2. Элементы программного кода

Пример создания таблицы базы данных:

```
import pymysql as mysql
con = mysql.connect('localhost', 'root', 'griphon97', 'JobMarket')
cur = con.cursor()
cur.execute("""CREATE TABLE citizens (
    id MEDIUMINT UNSIGNED AUTO_INCREMENT,
    region_id TINYINT UNSIGNED,
    year YEAR,
    quarter TINYINT UNSIGNED,
    status TINYINT UNSIGNED,
    sex TINYINT UNSIGNED,
    age TINYINT UNSIGNED,
    education TINYINT UNSIGNED,
    profession TINYINT UNSIGNED,
    dismissal TINYINT UNSIGNED,
    place TINYINT UNSIGNED,
    period TINYINT UNSIGNED,
    employment BOOLEAN,
    duration_of_unemployment TINYINT UNSIGNED,
    relative BOOLEAN,
    value FLOAT(9,3) UNSIGNED,
    CONSTRAINT pk_citizens PRIMARY KEY (id)""")
```

Функции для реализации перестановочного критерия:

```
def permutation_t_stat_ind(sample1, sample2):
    return np.mean(sample1) - np.mean(sample2)

def get_random_combinations(n1, n2, max_combinations):
    index = list(range(n1 + n2))
    indices = set([tuple(index)])
    for i in range(max_combinations - 1):
        np.random.shuffle(index)
        indices.add(tuple(index))
    return [(index[:n1], index[n1:]) for index in indices]

def permutation_zero_dist_ind(sample1, sample2, max_combinations = None):
    joined_sample = np.hstack((sample1, sample2))
    n1 = len(sample1)
    n = len(joined_sample)
    if max_combinations:
        indices = get_random_combinations(n1, len(sample2), max_combinations)
    else:
        indices = [(list(index), filter(lambda i: i not in index, range(n))) \
                   for index in itertools.combinations(range(n), n1)]
    distr = [joined_sample[list(i[0])].mean() - joined_sample[list(i[1])].mean() \
             for i in indices]
    return distr

def permutation_test(sample, mean, max_permutations = None, alternative = 'two-sided'):
    if alternative not in ('two-sided', 'less', 'greater'):
        raise ValueError("alternative not recognized\n"
                          "should be 'two-sided', 'less' or 'greater'")
    t_stat = permutation_t_stat_ind(sample, mean)
    zero_distr = permutation_zero_dist_ind(sample, mean, max_permutations)
    if alternative == 'two-sided':
```

```

    return sum([1. if abs(x) >= abs(t_stat) else 0. for x in zero_distr]) / len(zero_distr)
if alternative == 'less':
    return sum([1. if x <= t_stat else 0. for x in zero_distr]) / len(zero_distr)
if alternative == 'greater':
    return sum([1. if x >= t_stat else 0. for x in zero_distr]) / len(zero_distr)

```

Функция расчета доверительного интервала для дисперсии:

```

def disp_interval(sample, alpha=0.05):
    n = len(sample)
    s2 = (np.sum(sample**2) - n * np.mean(sample)**2) / (n - 1)
    chi2_l = chi2.ppf(alpha / 2, n - 1)
    chi2_r = chi2.ppf(1 - alpha / 2, n - 1)
    return (n - 1) * s2 / chi2_r, (n - 1) * s2 / chi2_l

```

Пример нахождения оптимальных параметров для модели SARIMA:

```

results = []
best_aic = float("inf")
warnings.filterwarnings('ignore')
for param in parameters_list:
    try:
        model=sm.tsa.statespace.SARIMAX(citizens.people_box, order=(param[0], d, param[1]),
                                         seasonal_order=(param[2], D, param[3], 12)).fit(dispatch=-1)
    except ValueError:
        print('wrong parameters:', param)
        continue
    aic = model.aic
    if aic < best_aic:
        best_model = model
        best_aic = aic
        best_param = param
    results.append([param, model.aic])
warnings.filterwarnings('default')

```


Функции для построения модели, эмитирующей поведение новой волны
коронавирусной инфекции:

```
def f_part(x, x0, a0, a1, a2, a3, a4):
```

```
    return a0 + (a1 - a0) / ((a2 + np.exp(-a3 * (x - x0)))**(1 / a4))
```

```
def f(x):
```

```
    if x < x1:
```

```
        return f_part(x, x1 / 2, p_0, p_1, c1, k1, v1)
```

```
    elif x < x1 + 1:
```

```
        return p_1
```

```
    else:
```

```
        return f_part(x, x1 + 1 + x2 / 2, p_1, p_2, c2, k2, v2)
```

```
def make_interval(L, i, j):
```

```
    l0 = L / 4
```

```
    l = L / 2
```

```
    p = 1 - alpha * vaccine[i][j] - (1 - alpha) * restriction[i][j] * responsibility[i][j]
```

```
    mu = l0 + l * p
```

```
    sigma = l0 / 3
```

```
    return np.mean(np.random.normal(loc=mu, scale=sigma, size=1000)),  
           np.mean(np.random.normal(loc=p, scale=0.1, size=1000))
```