

Прогноз влияния инвестиций на пространственную неоднородность развития отрасли животноводства



Илья Викторович

НАУМОВ

Институт экономики УрО РАН
Екатеринбург, Российская Федерация
e-mail: ilia_naumov@list.ru

ORCID: 0000-0002-2464-6266; ResearcherID: U-7808-2017



Владислав Михайлович

СЕДЕЛЬНИКОВ

Институт экономики УрО РАН
Екатеринбург, Российская Федерация
e-mail: vms-1990@mail.ru

ORCID: 0000-0003-0494-2647

Аннотация. Статья посвящена исследованию проблем неравномерного пространственного развития сферы животноводства в регионах России, формирующегося под воздействием множества факторов, в том числе объема привлекаемых инвестиций, кадровых ресурсов, и ставящего под угрозу продовольственную безопасность территорий. В качестве цели исследования выступает оценка пространственной неоднородности развития отрасли животноводства в Свердловской области. Для реализации данной цели были поставлены следующие задачи: провести пространственный автокорреляционный анализ развития отрасли животноводства в муниципальных образованиях Свердловской области, рассмотреть влияние инвестиций и затрат на развитие кадрового потенциала на пространственную неоднородность отрасли животноводства в регионе, оценить пространственные эффекты от развития отрасли животноводства в территориаль-

Для цитирования: Наумов И.В., Седельников В.М. (2023). Прогноз влияния инвестиций на пространственную неоднородность развития отрасли животноводства // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Т. 16. № 2. С. 88–111. DOI: 10.15838/esc.2023.2.86.5

For citation: Naumov I.V., Sedelnikov V.M. (2023). Forecasting the impact of investments on spatial heterogeneity in the development of the livestock industry. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 16(2), 88–111. DOI: 10.15838/esc.2023.2.86.5

ных системах, сформировать прогнозные сценарии ее развития в муниципальных образованиях региона до 2025 года. Анализ теоретико-методологических подходов к оценке пространственной неоднородности на региональном и муниципальном уровнях показал разнообразие используемых отечественными и зарубежными исследователями методов. Их применение не позволяет комплексно оценить пространственную неоднородность развития отрасли животноводства. Для решения этой проблемы был предложен методический подход, новизной применения которого является системность использования методов пространственного автокорреляционного анализа по различным матрицам пространственных весов, регрессионного анализа по панельным данным и ARIMA-моделирования, которые в сочетании друг с другом дают возможность установить степень влияния инвестиций и других факторов на неоднородность развития отрасли животноводства в муниципальных образованиях региона и сформировать систему различных прогнозных сценариев. Построенные регрессионные модели подтвердили дифференцированное влияние инвестиций и кадровых ресурсов на пространственную неоднородность сферы животноводства в Свердловской области и обозначили перспективы ее развития.

Ключевые слова: инвестиции, животноводство, пространственная неоднородность, производственная функция Кобба – Дугласа, пространственная автокорреляция, сценарное прогнозирование, ARIMA-моделирование.

Благодарность

Статья подготовлена в соответствии с Планом НИР Лаборатории моделирования пространственного развития территорий Института экономики УрО РАН на 2023 г.

Введение

Проблематика, связанная с пространственной неоднородностью развития отрасли животноводства на региональном и муниципальном уровнях, актуальна в настоящее время и характерна для всех стран мира независимо от уровня экономического развития. Пространственная неоднородность развития отрасли животноводства, по нашему мнению, проявляется в чрезмерной концентрации производств в определенных территориальных системах и недостаточности их развития в других, что формирует угрозы продовольственной безопасности экономического пространства на муниципальном, региональном и макроэкономическом уровнях. Неоднородность в деятельности субъектов агропромышленного производства выражается в силу существующих различий в объеме и структуре используемых ресурсов, особенностей географического положения региона, качества получаемой продукции и ее конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках, близости к каналам сбыта и т. д. (Горбатовская, 2017). По мнению В.Ф. Печеневского и О.И. Снегирева, среди множества факторов, оказывающих влияние на размещение и развитие отдельных отраслей животноводства, к наиболее значимым относятся природный потенциал сельского хозяйства ре-

гиона, зоны и степени его использования, землеобеспеченность, зональные сочетания отраслей, уровень и структура местного потребления продовольствия, расстояния и средства перевозок тех или иных видов продуктов и сырья для их производства от места производства к местам их потребления, от которых зависят транспортные расходы (Печеневский, Снегирев, 2018). Как отмечает С.С. Патракова, в целях снижения пространственной неоднородности и асимметрии, повышения сбалансированности развития муниципальных образований региона необходимо формировать новые локальные центры и полюса роста, повышать интенсивность пространственных взаимодействий между территориями (Патракова, 2022).

В зарубежных исследованиях также преобладает подход, заключающийся в поиске оптимальных вариантов снижения негативных эффектов пространственной неоднородности, например, в работе, посвященной изучению факторов, влияющих на продовольственную безопасность в Китае, рассматриваются масштабные различия и пространственные неоднородности продовольственной безопасности, а также факторы, ее определяющие (Lv et al., 2022).

В настоящее время актуальны исследование динамики изменения пространственной неоднородности в развитии отрасли животноводства в территориальных системах различного уровня и выработка механизмов ее сглаживания. Важным аспектом является оценка факторов формирования и развития данной пространственной неоднородности. Исходя из этого, основной целью представленной работы стала оценка пространственной неоднородности развития отрасли животноводства в Свердловской области. Объектом исследования выступают муниципальные образования Свердловской области, предметом – социально-экономические отношения, возникающие в процессе производства продукции животноводства.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: провести теоретический обзор методов, используемых для оценки пространственной неоднородности экономической деятельности хозяйствующих субъектов, сценарного моделирования, прогнозирования их развития в будущем и формирования системного подхода, учитывающего преимущества и недостатки данных методов; оценить пространственную неоднородность развития отрасли животноводства в муниципальных образованиях Свердловской области и осуществить поиск основных центров (полюсов роста) развития данной отрасли, похожих по уровню развития отрасли муниципальных образований, которые могут объединиться в пространственные кластеры, а также зон их влияния; провести моделирование пространственных эффектов в развитии отрасли животноводства в данных территориальных системах; сформировать регрессионную модель Кобба – Дугласа с использованием панельных данных по муниципальным образованиям Свердловской области для оценки влияния привлекаемых инвестиций в основной капитал и оплаты труда работников на объем производства продукции животноводства в муниципальных образованиях региона; построить регрессионные модели по временным рядам для оценки степени влияния данных факторов на развитие отрасли животноводства; осуществить ARIMA-моделирование динамики оцениваемых факторов для формирования наиболее вероятных прогнозных сценариев развития

отрасли до 2025 года: инерционного, учитывающего наблюдаемые в настоящее время тенденции, оптимистичного и пессимистичного.

Решение поставленных задач позволит установить не только пространственную неоднородность развития отрасли животноводства в Свердловской области, но и дифференцированность факторов ее формирования, а построенные регрессионные модели в дальнейшем помогут выработать механизмы ее сглаживания.

Обзор теоретико-методологических подходов к оценке пространственной неоднородности

Оценка явления пространственной неоднородности получила широкое развитие в трудах отечественных и зарубежных ученых. Так, К.Т. Сибхату, Л. Стейнхубель, Х. Сирегар, М. Каим, М. Вольни исследовали пространственную неоднородность деятельности по производству пальмового масла на примере домохозяйств провинции Джамби в Индонезии на основе структурированных аддитивных регрессионных моделей с нелинейными пространственными эффектами с целью визуализации пространственных кластеров (Sibhatu et al., 2021). В. Янг, Х. Джиа и другие авторы рассматривали пространственную неоднородность в потреблении продуктов питания сельских домашних хозяйств на основе анализа пищевых и потребительских привычек на примере типичных переходных пастбищ Внутренней Монголии и Китая с использованием одностороннего дисперсионного анализа (Yang et al., 2022). Коллективом авторов (Т.Дж. Чикувире, С. Мпепереки и др.) с помощью описательной и непараметрической статистики было исследовано влияние пространственной неоднородности на продовольственную безопасность муниципального района Мутоко, типичной засушливой зоны в Зимбабве (Chikuvire et al., 2006). М.Ю. Архипова, А.И. Смирнов использовали линейные и нелинейные регрессионные модели с целью статистической оценки применяемых показателей для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур (Архипова, Смирнов, 2020).

Для исследования пространственной неоднородности социально-экономического развития на региональном и муниципальном уровнях достаточно часто применяются статистические методы: интегральные коэффициенты, индексы Херфиндаля – Хиршмана, Тейла, стати-

стические характеристики (среднее значение, медиана, среднее квадратичное отклонение, коэффициент асимметрии, коэффициент эксцесса, коэффициент вариации и др.). Показатель дифференциации – индекс Тейла – использовался А.В. Бровковой для анализа социально-экономического неравенства и конвергенции регионов России, а также выявления проблемных зон пространственного развития и полюсов роста (Бровкова, 2014). И. Жанг и Б. Ли применяли индекс Тейла и географически взвешенную регрессию для объяснения пространственно-временных характеристик распределения производства пшеницы в регионе Хуан-Хуай-Хай (Zhang, Li, 2022). Г.Ю. Гагарина и Р.О. Болотов осуществили декомпозицию межрегионального неравенства при помощи индекса Тейла и доказали, что различия в пределах федеральных округов – лишь небольшая часть пространственной неоднородности, в то время как на межрегиональные различия внутри округов приходится более 80% всей региональной вариации (Гагарина, Болотов, 2021). В исследовании А.Ф. Зимина и В.М. Тимирьяновой оценивается пространственная неоднородность рынка потребительских товаров на основе показателей специализации территорий и локализации отдельных процессов в регионах РФ (Зимин, Тимирьянова, 2016).

Коэффициент концентрации и индекс Херфиндаля – Хиршмана использовались М.Н. Толмачевым для исследования уровня концентрации производства продукции сельского хозяйства и факторов производства регионов РФ за период с 2000 по 2008 год (Толмачев, 2010), а Л. Пиетом – для оценки степени концентрации экономического и производственного потенциала фермерских хозяйств в странах Европейского союза (Piet, 2017). Статистические методы (в том числе коэффициенты К. Джини и вариации, индексы Э.Б. Аткинсона и А. Тейла) используются отечественными учеными для оценки региональной дифференциации по различным показателям, таким как валовой региональный продукт и доходы населения (Глазырина и др., 2010), заработная плата (Зубаревич, 2013), уровень распределения инвестиций, бедности и безработицы (Зубаревич, Сафронов, 2013), налоговые поступления

(Малкина, Балакин, 2014), бюджетные доходы до и после их распределения (Постникова, Шильцин, 2009).

Производственная функция Кобба – Дугласа и метод географически взвешенной регрессии (ГВР) активно применяются отечественными и зарубежными исследователями для моделирования пространственной неоднородности. В частности, А.А. Кос с соавторами выявили пространственные отличия сельскохозяйственного производства на основе ГВР и функции Кобба – Дугласа для оценки влияния сельского хозяйства на валовой доход Турции (Кос et al., 2017). В данной работе использовалась не стандартная производственная функция Кобба – Дугласа, а географически взвешенная ее модификация, при построении которой учитывались фиксированные эффекты регионов с помощью дамми-переменных, вектор переменных для региональных дамми-переменных и вектор параметров для описания взаимосвязи между факторами и региональной дамми-переменной в модели.

Т.П.С. Вэйгл применял производственную функцию Кобба – Дугласа для исследования логической взаимосвязи между производственными и трудовыми затратами на примере сельскохозяйственной отрасли Непала (Wagle, 2016). Н.В. Суворов и его коллеги использовали производственную функцию Кобба – Дугласа со статическими и динамическими параметрами на примере промышленного комплекса Республики Башкортостан за 2006–2016 гг. (Суворов и др., 2020).

М. Венбо, Т. Вейтенг, Ж. Киан, М. Кианкиан с помощью географически взвешенной регрессии на основе учета временных и геопространственных характеристик нивелировали недостатки традиционного пространственного анализа данных, который учитывает только пространственную неоднородность и игнорирует временную переменную. Авторами были выявлены ключевые факторы, влияющие на урбанизацию (социально-экономические факторы, образование, вторичная промышленность, среда обитания), в пространственно-временном измерении путем построения модели ГВР на примере 110 городов экономического пояса реки Янцзы (Wenbo et al., 2021).

А.Г. Билле, С. Сальвиони, Р. Бенедетти использовали метод итеративной географически взвешенной регрессии (IGWR) для преодоления пространственной неоднородности с целью выявления кластеров пространственных технологий, т. е. групп фирм, применяющих общую технологию, на примере рынка производства оливок в Италии (Bille et al., 2015). В. Фэнг, В. Хуанг, Б. Янг, К. Ху изучали факторы, вызывающие географическую неоднородность уровней производства зерна в китайской провинции Гуандун, в отношении земли, труда и капитала. Для устранения эффекта пространственного затухания влияющих факторов использовался метод ГВР (Fang et al., 2021). Вместе с тем методы географически взвешенной регрессии не позволяют оценить динамику пространственной неоднородности исследуемых процессов, поскольку опираются исключительно на пространственные данные и оценивают влияние факторов с применением географических координат объектов исследования (широты и долготы).

Помимо этого, для исследования пространственной неоднородности на региональном и муниципальном уровнях отечественными и зарубежными учеными использовались методы пространственной автокорреляции. А.А. Хан построил пространственные модели развития отрасли животноводства в регионах Турции с целью выявления полюсов роста и потенциальных кластеров на основании метода пространственной автокорреляции с учетом глобального и локального индексов Морана (Khan, 2020). Коллективом авторов (С. Хан, Ж. Ванг и др.) пространственный автокорреляционный анализ применялся для изучения пространственных структурных изменений отрасли животноводства в Китае за период 1980–2017 гг. Результаты исследования показали, что производственные мощности земель наряду с повышением уровня доходов и уровня жизни населения сыграли важную роль в развитии животноводства (Han et al., 2020). Т.А. Дуброва использовала многомерный статистический и кластерный анализ для формирования групп стран по производству мяса за период 2000–2011 гг. (Дуброва, 2014). Аналогичный инстру-

ментарий применяли И. Шуинь и Ф. Ксяокси при исследовании пространственных зависимостей и выявлении пространственной неоднородности растениеводства в провинции Сычуань с 2000 по 2016 год (Shouying, Qiaoxi, 2018), а Д.Дж. Аугустин, Д.Т. Бут, С.Е. Кокс и Дж.Д. Дернер – для анализа пространственной неоднородности растительности на пастбищах (Augustine et al., 2012).

Для рассмотрения пространственных эффектов от развития тех или иных процессов в зарубежных исследованиях использовались различные инструменты пространственного регрессионного моделирования, например модели с пространственным лагом (SAR), пространственной ошибкой (SEM), их комбинацией (SAC), а также пространственные модели Дарбина, в которых оценивался пространственный лаг факторных признаков (SDM-модель). Так, коллективом авторов (Н. Атиках, Б. Видодо и др.) применялась пространственная модель Дарбина (Spatial Durbin Model, SDM) с целью картографирования местности для оценки и оптимизации уровня налоговых поступлений от рекламы в городе Маланг (Atikah et al., 2021). Другие исследователи осуществили пространственное распределение элитных больниц Китая и оценили факторы, влияющие на него, на основе методов географически взвешенной регрессии (GWR), многомасштабной географически взвешенной регрессии (MGWR), GWR и MGWR с пространственной автокорреляцией (GWR-SAR и MGWR-SAR), моделью пространственного запаздывания (SLM) и моделью пространственной ошибки (SEM) (Shi et al., 2021). В качестве наиболее значимых факторов были названы уровень города, количество медицинских колледжей, уровень урбанизации, постоянное население и ВВП на душу населения. Ж. Бюлто, Т. Фолье, Р. Ле Бонек с помощью пространственных эконометрических моделей (SAR и GWR) выявили пространственную неоднородность и пространственные взаимовлияния между транспортной инфраструктурой г. Нант (северо-западная часть Франции) и ценовой политикой на продажи домов в городской и пригородной (сельской) местности (Bulteau et al., 2018).

Обзор теоретико-методологических подходов к оценке пространственной неоднородности развития сферы животноводства на региональном и муниципальном уровнях показал разнообразие используемых исследователями методов. Все рассмотренные выше методы имеют свои преимущества, недостатки, особенности и ограничения. Статистические методы позволяют осуществить быструю диагностику пространственной неоднородности, но при этом не дают возможности выявить факторы, ее обуславливающие. Регрессионный анализ помогает решить эту задачу, однако не учитывает полноценно влияние пространственных эффектов при исследовании неоднородности, а сформированные панельные модели могут затруднять прогностический процесс. Географически взвешенные регрессионные модели используются для анализа факторов пространственной неоднородности, позволяют учесть расстояния между территориями, но при этом не учитывают фактор времени, что значительно затрудняет процесс оценки изменения пространственной неоднородности в динамике. Пространственные модели (SAR, SEM, SAC, SDM и другие) дают возможность установить влияние соседних территорий, учесть фактор времени, однако сложноприменимы для многовариантного прогнозирования исследуемых процессов, так как коэффициенты регрессии, соответствующие пространственному лагу и ошибке, в них не могут быть интерпретированы напрямую, как в традиционных регрессионных моделях.

Пространственный автокорреляционный анализ позволяет осуществить кластерный анализ территорий, выявить имеющиеся прямые и обратные взаимосвязи между ними, определить основные центры концентрации ресурсов и таким образом подтвердить пространственную неоднородность их распределения. Вместе с тем в качестве фактора неоднородности рассматривается исключительно расстояние между территориальными системами. Поэтому для исследования пространственной неоднородности развития отрасли животноводства необходим методический подход, интегрирующий методы пространственного автокорреляционного ана-

лиза, регрессионного моделирования и ARIMA-моделирования и позволяющий выявить факторы, обуславливающие пространственную неоднородность, а также учесть влияние пространственных эффектов.

Методические основы сценарного моделирования и прогнозирования пространственной неоднородности отрасли животноводства

Для исследования и сценарного прогнозирования пространственной неоднородности развития отрасли животноводства в регионе был предложен методический подход, опирающийся на методы пространственного автокорреляционного анализа, регрессионного моделирования с использованием панельных данных и авторегрессионного моделирования с использованием скользящей средней (ARIMA). На начальном этапе для оценки особенностей размещения основных центров производства отрасли животноводства применялся пространственный автокорреляционный анализ по модифицированной методике П. Морана. Ее модификация заключалась в использовании не одной, а целой системы матриц пространственных весов для расчета глобального и локальных индексов пространственной автокорреляции и формирования диаграммы рассеивания Морана (стандартизированных и традиционных матриц обратных расстояний по автомобильным дорогам, линейным расстояниям и смежным границам). Необходимость их использования обусловлена важностью получения обоснованных результатов пространственного анализа, их обобщения по различным матрицам.

Рассчитываемые на их основе глобальный (1) и локальные индексы пространственной автокорреляции Морана (2) в динамике за период с 2017 по 2020 год, оценка показателей их статистической значимости Z , P -value (3) позволят, в случае принятия отрицательных значений, подтвердить пространственную неоднородность развития отрасли животноводства в Свердловской области, определить тенденции ее изменения, а формируемая диаграмма рассеивания П. Морана — установить пространственные центры (полюса роста) развития данной отрасли, муниципальные образования, обладающие схожими характеристиками и высоким уров-

нем пространственного взаимовлияния, которые способны сформировать пространственные межтерриториальные кластеры в отрасли животноводства, а также их зоны сильного и слабого влияния.

$$I_G = \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\frac{1}{n} \sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_i \sum_j w_{ij}}, \quad (1)$$

где I_G – глобальный индекс пространственной автокорреляции Морана; w_{ij} – элемент матрицы весов W ; x_i – исследуемый показатель муниципального образования (i); x_j – анализируемый показатель другого муниципального образования (j); \bar{x} – среднее значение показателя; n – общее число муниципальных образований.

$$I_{Li} = n * \frac{(x_i - \bar{x}) \sum_j w_{ij} (x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}, \quad (2)$$

где I_{Li} – локальный индекс пространственной автокорреляции Морана.

$$Z = \frac{I_G - E(I_G)}{SD(I_G)}, \quad (3)$$

где Z – величина z-оценки, позволяющая определить, на какое количество стандартных отклонений фактическое значение индекса пространственной автокорреляции удалено от ожидаемого среднего значения; $E(I_G)$ – ожидаемое среднее значение глобального индекса Морана; $SD(I_G)$ – стандартное отклонение глобального индекса Морана.

Модификация указанной методики заключалась и в выделении в каждом квадранте диаграммы П. Морана муниципальных образований с различным уровнем пространственного взаимовлияния (с локальными индексами пространственной автокорреляции выше и ниже среднего уровня). Их выделение в квадранте НЛ позволит установить территории, действительно являющиеся центрами развития животноводства в регионе (полюсами роста), и определить только формирующиеся полюса роста, а в квадранте НН – сформировавшиеся и формирующиеся пространственные кластеры взаимосвязанных территорий в отрасли. Разделение территорий в квадранте ЛН по силе пространственного взаимовлияния поможет установить муниципальные об-

разования, испытывающие сильное и слабое влияние полюсов роста и пространственных кластеров в отрасли животноводства Свердловской области. Для подтверждения их влияния на окружающие территории предполагается формирование матрицы локальных индексов пространственной автокорреляции LISA между муниципальными образованиями и выделение в ней территорий с индексом, превышающим среднее, рассчитанное по положительным и отрицательным значениям показателя. Анализ, проведенный по различным матрицам пространственных весов, даст возможность выявить устойчивые прямые и обратные пространственные взаимовлияния между основными центрами животноводства и окружающими их территориями в Свердловской области. Помимо пространственного автокорреляционного анализа по методике П. Морана для оценки пространственной неоднородности развития отрасли животноводства будет использоваться традиционный статистический подход к группировке муниципальных образований. В первую группу войдут муниципальные образования с наивысшим объемом производства продукции отрасли животноводства, превышающим стандартное отклонение от среднего значения по Свердловской области, во вторую группу – территории со средним объемом производства, в третью – муниципальные образования с объемом производства ниже среднего уровня.

На втором этапе исследования предполагается оценить факторы пространственной неоднородности развития отрасли животноводства в Свердловской области с использованием классической регрессионной модели Кобба – Дугласа по панельным данным муниципальных образований региона за период с 2010 по 2020 год. Данная модель является традиционной при исследовании эффективности организации производственных процессов в различных отраслях промышленности и позволяет оценить влияние объема привлекаемых инвестиций в основной капитал и средств, формирующих фонд заработной платы работников, на объем производства; возникающие дополнительные эффекты от масштаба производственной деятельности (убывающую, постоянную и

возрастающую отдачу). Коэффициенты эластичности по указанным факторам в модели помогут установить степень их влияния на объем производства продукции животноводства в муниципальных образованиях региона, сформировать основу для наиболее вероятных прогнозных сценариев развития отрасли до 2025 года. При построении модели использовались традиционные для нее факторы, контрольные переменные не включались в силу ограниченности статистических данных по муниципальным образованиям, характеризующих развитие отрасли животноводства.

Для оценки влияния ключевых производственных факторов на динамику произведенной в муниципальных образованиях Свердловской области продукции животноводства предлагается использовать регрессионную модель по панельным данным с фиксированными и случайными эффектами (4):

$$\begin{aligned} \ln(V_{it}) = \alpha + \mu_t + \gamma_t + \beta_1 \ln(C_{it}) + \\ + \beta_2 \ln(L_{it}) + \varepsilon_{it}, \end{aligned} \quad (4)$$

где V_{it} – объем производства продукции животноводства, тыс. руб.; C_{it} – объем привлекаемых инвестиций в основной капитал предприятиями животноводства, находящимися на территории муниципального образования, тыс. руб.; L_{it} – ресурсы, направляемые предприятиями отрасли животноводства на развитие кадрового потенциала (фонд заработной платы всех работников организаций), тыс. руб.; α – константа, совокупность прочих влияющих факторов на объем производства продукции животноводства; β_1 – коэффициент эластичности по объему привлекаемых инвестиций; β_2 – коэффициент эластичности по затратам на развитие кадрового потенциала; μ_t – индивидуальный эффект муниципального образования i , не зависящий от времени t ; γ_t – временные эффекты для муниципального образования i в момент времени t ; ε_{it} – нормально распределенные случайные величины по времени t и территориям i (ошибки модели).

Для построения модели предлагается использовать данные по 69 муниципальным образованиям Свердловской области за период с 2010 по 2020 год в сопоставимых ценах (2010 года). Из-за ограниченности статистических

данных в выборку не вошли муниципальные районы с очень низкой численностью населения. Для оценки влияния не только производственных факторов на динамику производства продукции животноводства в муниципальных образованиях Свердловской области, но и пространственных эффектов от воздействия окружающих их территорий, на следующем этапе исследования предлагается сформировать модель Кобба – Дугласа с пространственным лагом – SAR (5), модель с пространственной зависимостью в ошибках – SEM (6) и интегрированную модель с пространственным лагом и ошибкой – SAC (7):

$$\begin{aligned} \ln(V_{it}) = \alpha + \beta_1 \ln(C_{it}) + \beta_2 \ln(L_{it}) + \\ + \rho \ln(WV_{it}) + \varepsilon_{it}, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \ln(V_{it}) = \alpha + \beta_1 \ln(C_{it}) + \beta_2 \ln(L_{it}) + \\ + \lambda Wu_{it} + \gamma_t + \mu_i + \varepsilon_{it}, \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \ln(V_{it}) = \alpha + \beta_1 \ln(C_{it}) + \beta_2 \ln(L_{it}) + \\ + \rho \ln(WV_{it}) + \lambda Wu_{it} + \gamma_t + \mu_i + \varepsilon_{it}, \end{aligned} \quad (7)$$

где V_{it} – объем производства продукции животноводства, тыс. руб.; C_{it} – объем привлекаемых инвестиций в основной капитал предприятиями животноводства, находящимися на территории муниципального образования, тыс. руб.; L_{it} – ресурсы, направляемые предприятиями отрасли животноводства на развитие кадрового потенциала (фонд заработной платы всех работников организаций), тыс. руб.; WV_{it} – пространственно взвешенные значения объема производства продукции животноводства; ρ – коэффициент пространственной авторегрессии; Wu_{it} – матрица пространственной автокорреляции ошибки; λ – вектор не зависящих от времени индивидуальных пространственно зависимых специфических эффектов; α – константа, совокупность прочих влияющих факторов на объем производства продукции животноводства; β_1 – коэффициент эластичности по объему привлекаемых инвестиций; β_2 – коэффициент эластичности по затратам на развитие кадрового потенциала; μ_i – индивидуальный эффект муниципального образования i , не зависящий от времени t ; γ_t – временные эффекты для муниципального образования i в момент времени t ; ε_{it} – нормально распределенные случайные величины по времени t и территориям i (ошибки модели).

При построении данной модели предполагается использовать обобщенный метод моментов по панельным данным (Panel Generalized Method of Moments) с применением инструмента взвешенной матрицы Уайта для контроля гетероскедастичности в модели, а также преобразования данных с использованием ортогональных отклонений, введением дамми-переменных для каждой пространственной единицы и каждого периода времени. Для получения коэффициента пространственной авторегрессии, отражающего влияние производства продукции животноводства в соседних муниципальных образованиях, предлагается пространственное взвешивание его объема на матрицу пространственных весов по линейным расстояниям между муниципальными образованиями. Использование панельных данных по муниципальным образованиям за 11 лет позволит установить не краткосрочные, а долгосрочные пространственные эффекты. Формирование интегрированной модели с пространственным лагом и ошибкой поможет скорректировать коэффициент пространственной авторегрессии и оценить влияние пространственных особенностей на ее ошибки, тем самым подтвердить важность пространственного размещения муниципальных образований для развития отрасли животноводства в регионе.

В целях обоснования значительного влияния исследуемых факторов на динамику пространственной неоднородности развития отрасли животноводства в регионе и построения прогнозных сценариев ее развития на следующем этапе исследования предлагается построение регрессионных моделей с использованием временных рядов по муниципальным образованиям Свердловской области за период с 2010 по 2020 год. Эти модели позволят оценить степень влияния инвестиций и затрат на развитие кадрового потенциала предприятий отрасли животноводства в муниципальных образованиях, относящихся к сформированным и формирующимся полюсам роста, пространственным кластерам и зонам их сильного и слабого влияния, на объем производства предприятий отрасли.

Для построения базовых, наиболее вероятных прогнозных сценариев изменения динамики производства продукции животновод-

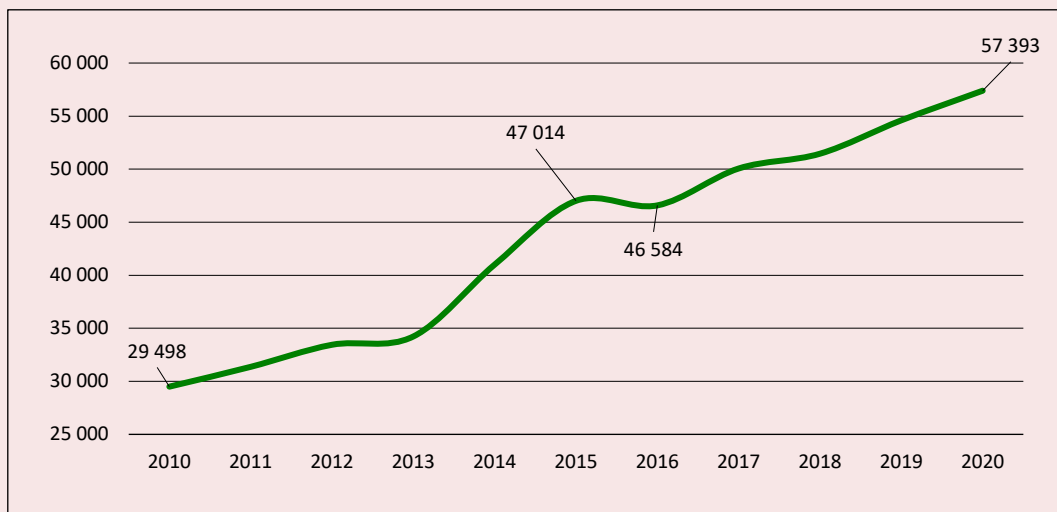
ства в муниципальных образованиях Свердловской области предполагается ARIMA-моделирование динамики факторов, включенных в регрессионную модель Кобба – Дугласа. Авторегрессионное моделирование с использованием скользящего среднего позволит построить инерционный прогноз динамики данных факторов до 2025 года с учетом наблюдаемой тенденции в прошлом, а также установить коридор возможных колебаний их прогнозных значений. Оценка достоверности ARIMA-моделей будет проводиться по коэффициенту детерминации, информационным критериям Шварца, Акаике и Хеннана – Куинна, стандартным ошибкам и Р-значениям основных параметров модели.

Прогнозные значения динамики инвестиций в основной капитал и затрат предприятий на развитие кадрового потенциала, полученные в ходе ARIMA-моделирования, на следующем этапе будут использованы для формирования трех наиболее вероятных прогнозных сценариев изменения динамики производства продукции животноводства в муниципальных образованиях Свердловской области до 2025 года: инерционного, предполагающего сохранение отмеченных за период с 2010 по 2020 год тенденций в динамике показателей, пессимистичного и оптимистичного. Для построения сценариев предполагается использовать регрессионные модели Кобба – Дугласа, сформированные на втором этапе представляемого методического подхода. Таким образом, для моделирования и прогнозирования пространственной неоднородности развития отрасли животноводства в Свердловской области предполагается внедрение системного подхода, базирующегося на применении статистических методов исследования, пространственного автокорреляционного анализа, регрессионного моделирования по панельным данным и временным рядам, а также ARIMA-моделирования для формирования наиболее вероятных прогнозных сценариев.

Результаты исследования

Свердловская область – крупнейший промышленный центр России, животноводство не является основной отраслью ее специализации. Однако в контексте достижения и поддержа-

Рис. 1. Динамика производства продукции животноводства в Свердловской области за период с 2010 по 2020 год в фактически действовавших ценах, млн рублей



Источник: данные Федеральной службы государственной статистики.

ния продовольственной безопасности региона и снижения его зависимости от импорта животноводческой продукции из других стран данная отрасль сельского хозяйства, по нашему мнению, должна активно развиваться. Если посмотреть на динамику объема производства предприятий отрасли (рис. 1), то можно отметить, что за последние 10 лет (с 2010 по 2020 год) показатель вырос почти в два раза.

Несмотря на значительное развитие отрасли животноводства в регионе, до сих пор острой остается проблема пространственной неоднородности ее размещения. В настоящее время почти 50% продукции животноводства Свердловской области производится в шести муниципальных образованиях: городском округе Рефтинский (10,5%), Ирбитском муниципальном образовании (9,8%), городском округе Богданович (7,8%), Камышловском муниципальном районе (7,6%), г. Екатеринбурге (7,5%) и городском округе Верхний Тагил (4,2%). В 2010 году в них было произведено 37,6% всей продукции животноводства региона и объем ее производства превышал одно стандартное отклонение от среднего, рассчитанного по всем муниципальным образованиям области. Статистический анализ данных показал, что за период с 2010 по 2020 год. уровень концентрации

производства данной отрасли сельского хозяйства в некоторых из них значительно вырос. Так, например, удельный вес продукции животноводства в городском округе Богданович по отношению ко всему объему производимой в регионе продукции увеличился с 3,3 до 7,8%, а в Камышловском муниципальном районе — с 2,6 до 7,6% (табл. 1).

Незначительный рост концентрации производства наблюдался и в городском округе Рефтинский, Ирбитском муниципальном образовании. В группу муниципальных образований с уровнем концентрации производств отрасли животноводства выше среднего по Свердловской области по данным 2020 года вошли городские округа Талицкий (3,3%), Сухой Лог (3,1%), Первоуральск (3%), Горноуральский (2,9%), Каменский (2,8%), Белоярский (2,4%), Среднеуральск (2,4%), Сысертский (2,3%) и другие. На 16 муниципальных образований данной группы приходится 38,7% всей продукции животноводства региона, тогда как в 2010 году — 40,7%. В отдельных муниципальных образованиях уровень концентрации производства значительно сократился, например в городских округах Первоуральск (с 3,8 до 3,0%), Горноуральский (с 4,6 до 2,9%), Среднеуральск (с 3,9 до 2,4%).

Таблица 1. Динамика объема производства продукции животноводства и уровня ее концентрации в муниципальных образованиях в 2010 и 2020 гг.

		2010 год		2020 год	
		млн руб.	%	млн руб.	%
Основные центры производства	ГО Рефтинский	2 892	9,8	6 033	10,5
	Ирбитское МО	2 401	8,1	5 610	9,8
	ГО Богданович	983	3,3	4 477	7,8
	Камышловский МР	776	2,6	4 351	7,6
	МО город Екатеринбург	2 363	8,0	4 329	7,5
	ГО Верхний Тагил	1 676	5,7	2 403	4,2
Муниципальные образования с уровнем концентрации выше среднего по региону	Талицкий ГО	909	3,1	1 889	3,3
	ГО Сухой Лог	591	2,0	1 797	3,1
	ГО Первоуральск	1 108	3,8	1 727	3,0
	Горноуральский ГО	1 362	4,6	1 638	2,9
	Каменский ГО	785	2,7	1 595	2,8
	ГО Среднеуральск	1 146	3,9	1 358	2,4
	Белоярский ГО	607	2,1	1 388	2,4
	Байкаловский МР	574	1,9	1 325	2,3
	г. Нижний Тагил	60	0,2	1 306	2,3
	Сысертский ГО	696	2,4	1 343	2,3
	Пышминский ГО	801	2,7	1 250	2,2
	Артинский ГО	860	2,9	1 218	2,1
	МО Алапаевское	625	2,1	1 208	2,1
	Туринский ГО	545	1,8	1 086	1,9
	МО Красноуфимский округ	733	2,5	1 044	1,8
	Артемовский ГО	613	2,1	1 050	1,8
Средний уровень по Свердловской области		427,5	1,4	831,8	1,4
Стандартное отклонение по области		624,7	2,1	1 319,1	2,3

Источник: данные Федеральной службы государственной статистики.

Таким образом, в настоящее время наблюдается высокая степень пространственной неоднородности развития отрасли животноводства в Свердловской области, с каждым годом ее уровень усиливается, и это негативно влияет на продовольственную безопасность территорий. Для оценки степени пространственной неоднородности развития отрасли был использован пространственный автокорреляционный анализ по модифицированной методике П. Морана. В ходе анализа применялись четыре матрицы пространственных весов между муниципальными образованиями региона: стандартные матрицы по автомобильным дорогам и линейным расстояниям и их стандартизированные версии. Рассчитанные на их основе глобальный индекс пространственной автокорреляции Морана и Z-оценка имели от-

рицательные значения, свидетельствующие о существенной неоднородности территорий по объему производства продукции животноводства в регионе в 2020 году (табл. 2).

Рассчитанные значения индексов Морана по данным матрицам пространственных весов являются статистически значимыми, Р-значения коэффициентов Морана не превышают допустимый уровень в 5% (0,05). Результаты пространственного автокорреляционного анализа, отраженные в диаграммах рассеивания Морана по четырем матрицам пространственных весов, были обобщены и систематизированы. В результате в квадрант НЛ территорий, являющихся полюсами роста (основными центрами животноводства в регионе), были включены Ирбитское муниципальное образование, Каменский городской округ и Камышловский

Таблица 2. Глобальный индекс Морана по объему производства продукции животноводства в муниципальных образованиях Свердловской области в 2020 году и показатели, характеризующие его статистическую значимость

	Матрица расстояний по дорогам (нормированная)	Матрица расстояний по дорогам	Матрица линейных расстояний (нормированная)	Матрица линейных расстояний
Глобальный индекс Морана	-0,0491	-0,0624	-0,1505	-0,1558
sd(li)	0,0008	0,0009	0,0012	0,0012
E(li)	-0,0000103	-0,0000131	-0,0000316	-0,0000327
Z-оценка	-58,4	-71,4	-128,0	-131,4
p-value	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Источник: составлено авторами.				

муниципальный район, то есть муниципальные образования, локальный индекс пространственной автокорреляции которых в 2020 году превышал средний уровень по отрицательным значениям. В данную категорию входили также и другие муниципальные образования: г. Екатеринбург, Нижний Тагил, городские округа Артинский, Верхний Тагил и Рефтинский. Однако их локальный индекс автокорреляции был значительно ниже среднего уровня по региону, что свидетельствует о низком уровне их пространственного взаимовлияния с другими муниципальными образованиями. Поскольку в окружении этих муниципальных образований располагаются территории с более низким объемом производства продукции животноводства, то они были отнесены нами к потенциальным полюсам роста, которые в будущем, возможно, станут центрами развития данной отрасли сельского хозяйства.

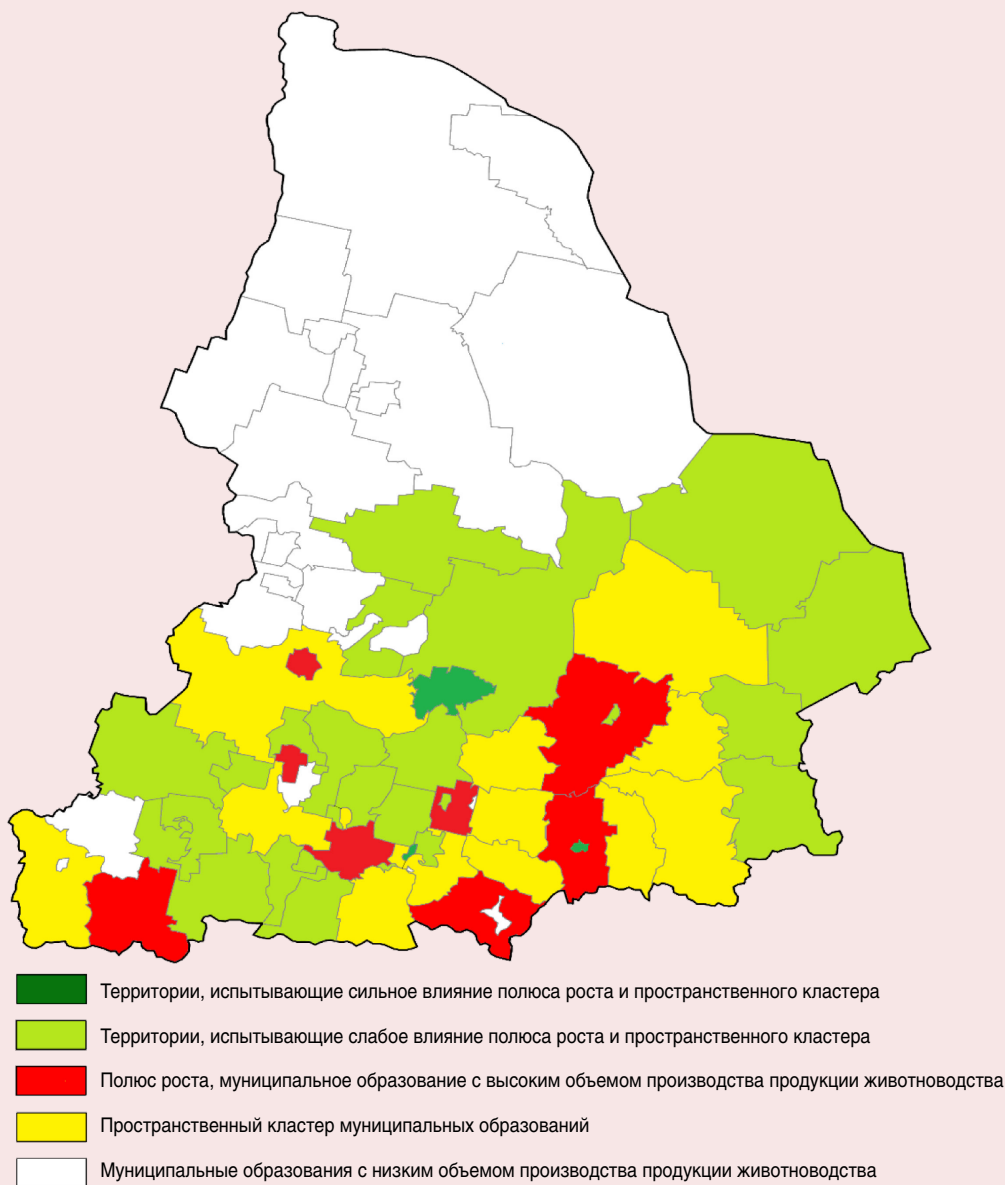
В квадрант НН диаграммы рассеивания локальных индексов пространственной автокорреляции Морана вошли городские округа Богданович, Сухой Лог и Туринский, при развитии тесных кооперационных взаимосвязей способные сформировать пространственный кластер, поскольку обладают схожими характеристиками и высоким объемом производства животноводческой продукции. Их локальные индексы автокорреляции превышают средний уровень по муниципальным образованиям Свердловской области, рассчитанный по положительным значениям. Были установлены и территории, обладающие схожими характеристиками, но с низким уровнем пространственного взаимовлияния (ниже среднего): Артемовский,

Белоярский, Горноуральский, Среднеуральский, Талицкий и другие городские округа. Их близкое размещение к основным центрам производства в отрасли животноводства (к квадранту НЛ) формирует преимущества для прогрессивного развития отрасли. Скорее всего, эти муниципальные образования в дальнейшем сформируют пространственный кластер взаимосвязанных территорий или станут новыми полюсами роста. Пространственный автокорреляционный анализ по методике Морана позволил установить зоны сильного и слабого влияния полюсов роста и пространственных кластеров в отрасли животноводства (рис. 2).

Их сильное влияние в 2020 году испытывали городские округа Верхнее Дуброво и Камышловский, а также муниципальное образование г. Алапаевск.

Полюса роста и пространственные кластеры похожих регионов с высоким объемом производства животноводческой продукции оказывали влияние на Арамилский, Асбестовский, Березовский, Верхнесалдинский, Верхнейвинский, Верхне-Пышминский, Верхотурский, Дегтярский, Заречный, Ревдинский, Староуткинский, Кировградский, Малышевский, Невьянский, Полевской, Режевской, Тавдинский, Тугулымский и Шалинский городские округа. Они размещены в окружении полюсов роста и пространственных кластеров. Белые пятна на рисунке 2 соответствуют муниципальным образованиям с низким объемом производства животноводческой продукции. Их преобладание также подтверждает высокую пространственную неоднородность развития отрасли в регионе.

Рис. 2. Полюса роста, пространственные кластеры взаимосвязанных муниципальных образований и зоны их сильного и слабого влияния в отрасли животноводства Свердловской области в 2020 году



Источник: составлено авторами.

Установленные диаграммой рассеивания Морана зоны влияния полюсов роста и пространственных кластеров были подтверждены матрицей распределения локальных индексов пространственной автокорреляции Морана. Матрица раскрывает силу и направление пространственных взаимовлияний между территориальными системами по исследуемому показателю. Положительные локальные индексы

автокорреляции, превышающие среднее значение, в данной матрице характеризуют прямые, тесные пространственные взаимовлияния. Такие взаимовлияния по четырем рассматриваемым матрицам пространственных весов наблюдались между городским округом Рефтинский и такими муниципальными образованиями, как г. Екатеринбург, Богданович, Сухой Лог, Ирбитское, Камышловский муниципальный район;

между городским округом Богданович и г. Екатеринбург, городским округом Сухой Лог, Камышловским муниципальным районом, Ирбитским муниципальным образованием. Тесные прямые автокорреляционные взаимосвязи зафиксированы между Красноуфимским округом и Туринским городским округом, между городскими округами Верхнее Дуброво и Каменск-Уральский, между городскими округами Верхотурский и Красноуфимск. Высокая теснота установленных пространственных взаимовлияний объясняется их близким расположением и схожестью по объему производства животноводческой продукции. Формирование и расширение тесных кооперационных взаимосвязей между предприятиями животноводства этих муниципальных образований будет способствовать расширению зоны влияния полюсов роста и пространственных кластеров и в целом активному развитию отрасли в регионе.

Обратные тесные пространственные взаимовлияния были отмечены между городскими округами Верхнее Дуброво и Каменский, между Камышловским муниципальным районом и Камышловским городским округом, между Ирбитским муниципальным образованием и г. Ирбитом, то есть между располагающимися рядом муниципальными образованиями. Они сильно отличаются друг от друга, и, как правило, развитие отрасли животноводства в одном из них происходит за счет ресурсов другого муниципального образования. Развитию таких взаимовлияний способствует миграция трудовых ресурсов, близость финансовой, банковской инфраструктуры, транспортной и инженерной инфраструктур. Укрепление обратных пространственных взаимовлияний между муниципальными образованиями будет оказывать негативное влияние на развитие отрасли животноводства в регионе, способствовать повышению и без того высокого уровня ее пространственной неоднородности.

Для прогнозирования пространственной неоднородности развития отрасли животноводства и оценки факторов ее формирования и развития нами использовалась классическая регрессионная модель Кобба – Дугласа, позволяющая установить возникающие эффекты от масштаба производственной деятельности (возрастающую, постоянную и убывающую отдачу)

и оценить степень влияния основных факторов производства на развитие отрасли животноводства в муниципальных образованиях Свердловской области: привлекаемых предприятиями инвестиций в основной капитал и ресурсов, направляемых на развитие их кадрового потенциала. При формировании модели использовались панельные данные по 69 муниципальным образованиям региона за период с 2010 по 2020 год (759 наблюдений). Перед построением модели временные ряды данных были проверены на стационарность с помощью теста Дики – Фуллера и по некоторым муниципальным образованиям преобразованы к стационарному виду с использованием метода аналитического выравнивания временных рядов. Проведен расчет описательных статистик и для повышения однородности данных, построения модели Кобба – Дугласа с коэффициентами эластичности по производственным факторам исходные данные были преобразованы путем извлечения натурального логарифма.

Панельная диагностика результатов регрессионного анализа, осуществленная с помощью тестов Бреуша – Пагана и Хаусмана, а также оценка информационных критериев Шварца, Акаике и Хеннана – Куинна показали, что оптимальной моделью является панельная регрессионная модель с фиксированными эффектами (8):

$$\ln(V) = 8.724 + 0.021 * \ln(C) + 0.231 * \ln(L), \quad (8)$$

где V – объем производства продукции животноводства (в сопоставимых ценах 2010 года), тыс. руб.; C – объем привлекаемых инвестиций в основной капитал, осуществляемых организациями, находящимися на территории муниципального образования, тыс. руб.; L – ресурсы, направляемые предприятиями отрасли животноводства на развитие кадрового потенциала (фонд заработной платы всех работников организаций), тыс. руб.

Результаты тестирования основных параметров данной модели отражены в *таблице 3*. Коэффициенты регрессии, соответствующие факторам, представленным в модели, оказались статистически значимыми, об этом свидетельствуют низкие значения стандартных ошибок и R -значений параметров. Модель характеризуется высоким уровнем аппроксимации к ис-

Таблица 3. Результаты регрессионного анализа зависимости объема производства продукции животноводства в муниципальных образованиях Свердловской области от привлеченных инвестиций в основной капитал и фонда оплаты труда хозяйствующих субъектов (с фиксированными эффектами)

	Коэффициент	Ст. ошибка	t-статистика	P-значение	
const	8,724	0,736	11,849	< 0,0001	***
C	0,021	0,014	1,025	0,096	*
L	0,231	0,047	4,874	< 0,0001	***
Среднее зав. перемен					
		11,652	Ст. откл. зав. перемен	1,751	
Сумма кв. остатков					
		94,785	Ст. ошибка модели	0,371	
LSDV R-квадрат					
		0,959	В пределах R-квадрат	0,036	
LSDV F (70, 688)					
		231,082	P-значение (F)	0,00000	
Лог. правдоподобие					
		-287,467	Крит. Акаике	716,934	
Крит. Шварца					
		1045,806	Крит. Хеннана – Куинна	843,585	
Параметр rho					
		0,541	Стат. Дарбина – Вотсона	1,561	
Статистика теста Бреуша – Пагана: LM = 3361,75; p-value = prob(chi-square(1) > 3361,75) = 0					
Статистика теста Хаусмана: H = 4,73; p-value = prob(chi-square(2) > 4,73) = 0,093					
Тест Песарана на наличие кросс-секционной зависимости (нулевая гипотеза: отсутствие кросс-секционной зависимости): асимптотическая тестовая статистика: z = 23,086; p-value = 6,39E-118					
Примечание: здесь и далее * – статистическая значимость на уровне 10%, ** – статистическая значимость на уровне 5%, *** – статистическая значимость на уровне 1%.					
Источник: составлено авторами.					

ходным данным, поскольку коэффициент детерминации очень близок к единице ($R^2 = 0,96$). В целом модель является статистически значимой и достоверной (F-значимость имеет значение ниже 0,05), ее точность подтверждает и проведенный тест Песарана на наличие кросс-секционной зависимости в панельных данных. Построенная регрессионная модель показала, что привлекаемые предприятиями инвестиции в основной капитал не оказали значительного влияния на объем производства продукции животноводства в муниципальных образованиях Свердловской области. Однако существенное влияние на развитие данной отрасли в муниципальных образованиях области оказали затраты предприятий на развитие своего кадрового потенциала.

Согласно данной модели, прирост привлекаемых предприятиями инвестиций в основной капитал на 1% способствует росту объема производства продукции животноводства в муниципальных образованиях региона всего лишь на 0,02%, тогда как такой же прирост ресурсов, направляемых на развитие кадрового потенциала, приводит к росту объема производ-

ства на 0,23%. Возможно, это связано с тем, что формируемый предприятиями фонд заработной платы оказывает значительное влияние на привлечение кадров в отрасль, поскольку основными центрами ее развития являются небольшие городские округа. У предприятий данной отрасли уже имеются, возможно, значительно изношенные основные фонды, требуется их обновление и модернизация, но в текущих условиях более важным фактором выступают ресурсы, направляемые предприятиями на развитие кадрового потенциала.

Для оценки наблюдающихся пространственных эффектов в динамике производства продукции животноводства не только от производственных факторов, имеющихся на территории тех или иных муниципальных образований, но и развития данной отрасли в соседних территориальных системах нами были сформированы модели пространственного лага (SAR), пространственной ошибки (SEM) и их интегрированной модели (SAC) с использованием метода обобщенных моментов по панельным данным (многоэтапный GMM). Результаты моделирования представлены в *таблице 4*.

Таблица 4. Пространственные модели зависимости объема производства продукции животноводства от объема привлекаемых предприятиями отрасли инвестиций в основной капитал и затрат на развитие кадрового потенциала по матрице линейных расстояний методом многошагового GMM

	Модель пространственного лага (SAR)	Модель пространственной ошибки (SEM)	Модель пространственного лага и ошибки (SAC)
Переменные	Коэффициент	Коэффициент	Коэффициент
V (-1)	0,099 (0,005)***	0,067 (0,006)***	0,057 (0,005)***
C	0,007 (0,002)***	0,072 (0,004)***	0,071 (0,006)***
L	0,255 (0,028)***	0,174 (0,025)***	0,454 (0,052)***
WV	0,533 (0,006)***		0,935 (0,125)***
WE		0,751 (0,007)***	1,686 (0,128)***
Квадрат корреляции между (V; Vmod) *	0,845	0,797	0,868
Стандартная ошибка модели	0,144	0,199	0,161
Сумма кв. остатков	12,56	24,22	15,82
Тест Саргана – Хансена (J-statistic)	49,45	46,93	43,56
P-значение (J-statistic)	0,172	0,242	0,323
Статистика Харке – Бера	68 632,7***	230 076,9***	19 492,3***
P-значение (тест Ареллано – Бонда): Авторегрессия 1 порядка	0,0005	0,0481	0,117
Авторегрессия 2 порядка	0,3888	0,7053	0,6393
Критерий Шварца	-3,859	-3,203	-3,629
Критерий Акаике	-3,888	-3,231	-3,657
Статистика Дарбина – Уотсона	1,416	1,54	1,43
Источник: составлено авторами.			

Для подтверждения достоверности моделей был проведен тест Саргана – Хансена (J-statistic), который проверяет нулевую гипотезу о том, что модель корректна, все параметры регрессии состоятельны. Высокое P-значение теста позволяет нам принять нулевую гипотезу и сделать вывод о достоверности построенных моделей. Проведенный тест Вальда подтвердил статистическую значимость коэффициентов регрессии, тест Харке – Бера установил нормальность распределения случайных ошибок в модели, а тест Ареллано – Бонда подтвердил отсутствие автокорреляции между ними. Низкий уровень стандартной ошибки модели и близкое к нулю значение константы, характеризующей влияние прочих факторов на зависимую переменную, свидетельствуют о важности включения пространственного лага в регрессионную модель. Построенные модели установили наличие положительных пространственных эффектов в развитии отрасли животноводства в регионе, подтвердили, что муниципальные образования, находящиеся в окружении территорий с активным развитием

отрасли животноводства, будут развиваться более высокими темпами. Поскольку данная модель содержит пространственный лаг зависимой переменной, то коэффициенты регрессии не могут быть интерпретированы напрямую, они не являются предельными эффектами, которые в обычной модели позволяют оценить изменение зависимой переменной при изменении объясняющей переменной на единицу. Мы можем только отметить, что установленный в результате моделирования пространственный эффект свидетельствует о том, что изменение объема осуществляемых предприятиями затрат на развитие кадрового потенциала, инвестиций в основной капитал напрямую влияет на изменение объема отгруженной продукции животноводства в муниципальном образовании i и косвенно – на его изменение в соседних муниципальных образованиях. Рост объема отгруженной продукции животноводства в отдельно взятом муниципальном образовании будет способствовать росту данного показателя в окружающих его территориальных системах.

В связи с этим для формирования прогнозных сценариев развития отрасли животноводства были построены модели по временным рядам за период с 2010 по 2020 год для каждого муниципального образования Свердловской области. Они показали еще большую значимость осуществляемых предприятиями затрат на развитие кадрового потенциала в развитии отрасли (табл. 5). В основных центрах развития данной отрасли, в городских округах Рефтинский, Ирбитское, Богданович, Верхний Тагил, Камышловском муниципальном районе и городе Екатеринбурге, как свидетельствуют

регрессионные модели, фактор привлекаемых предприятиями инвестиций в основной капитал был статистически незначимым и не оказывал влияния на объем производства продукции животноводства.

К тому же коэффициенты регрессии, характеризующие эффективность привлекаемых предприятиями средств для развития кадрового потенциала, значительно превышают значение, установленное панельной моделью, построенной по всем муниципальным образованиям Свердловской области. В соответствии с построенными моделями прирост фонда зара-

Таблица 5. Результаты регрессионного анализа зависимости объема производства продукции животноводства в отдельных муниципальных образованиях Свердловской области от привлеченных инвестиций в основной капитал и фонда оплаты труда хозяйствующих субъектов

	Муниципальный район	Константа	Объем инвестиций в основной капитал	Фонд заработной платы работников		
Основные центры производства	ГО Рефтинский	-7,772**	-0,006	1,559***		
	Ирбитское МО	-4,313	0,302	1,055**		
	ГО Богданович	-6,727	0,314	1,133**		
	Камышловский МР	-13,97***	0,076	2,007***		
	МО город Екатеринбург	2,563	-0,212	0,854***		
	ГО Верхний Тагил	18,456	-0,066	1,107***		
Муниципальные образования с уровнем концентрации производства продукции животноводства	выше среднеобластного уровня	Талицкий ГО	-1,167	-0,121	1,155***	
		ГО Сухой Лог	-11,085***	0,117	1,535***	
		ГО Первоуральск	1,223	-0,007	0,798***	
		Горноуральский ГО	5,314	0,027	1,014***	
		Каменский ГО	-0,019	-0,126*	1,124***	
		ГО Среднеуральск	7,761	0,011	0,976***	
		Белоярский ГО	-2,979	0,041	1,118***	
		Байкаловский МР	-0,357	0,003	1,024***	
		г. Нижний Тагил	-31,444**	2,628***	-1,465	
		Сысертский ГО	1,995	-0,061	0,831***	
		Пышминский ГО	2,119	-0,089	0,932***	
		Артинский ГО	6,251***	-0,002	0,544***	
		МО Алапаевское	-0,954	-0,035	1,056***	
		Туринский ГО	5,378*	-0,077**	0,461**	
		МО Красноуфимский	-15,722*	-0,322	2,361***	
		Артемовский ГО	0,493	-0,033	0,903***	
		ниже среднеобластного уровня	Асбестовский ГО	-44,895**	1,078**	2,624**
			Волчанский ГО	13,486	0,429***	0,439***
	ГО Нижняя Салда		-1,535	0,225**	0,568***	
	Арамилский ГО		9,417***	0,088**	0,055	
	ГО Пельым		-6,643**	0,106*	1,074***	
ГО Староуткинск	0,286		0,325*	0,511***		
ГО Ревда	9,132	0,242*	0,471*			

Источник: составлено авторами.

ботной платы сотрудников в данной отрасли на 1% в городском округе Рефтинский будет способствовать росту объема производства продукции животноводства на 1,56%, в Богдановиче — на 1,13%, в Камышловском муниципальном районе — на 2%.

Более значительное влияние данного фактора было установлено и в муниципальных образованиях с уровнем концентрации производства продукции животноводства выше среднего по Свердловской области, в частности в городских округах Сухой Лог, Талицкий, Горноуральский, Каменский, Среднеуральск, Белоярский, в муниципальном образовании Красноуфимский. Исключением в этой группе муниципальных образований является город Нижний Тагил, в котором фактор, характеризующий объем привлекаемых предприятиями ресурсов для развития кадрового потенциала, не оказал влияния на развитие отрасли животноводства, значительное влияние оказывали привлекаемые предприятиями инвестиции в основной капитал.

В муниципальных образованиях с низким объемом производства продукции животноводства (ниже среднего уровня по региону) привлекаемые предприятиями инвестиции в основной капитал оказывали более серьезное влияние. Если в панельной регрессионной модели, построенной по всем муниципальным образованиям Свердловской области, прирост инвестиций в основной капитал на 1% способствовал росту производства продукции животноводства всего лишь на 0,021%, то в моделях, построенных по временным рядам, в частности по Асбестовскому городскому округу, способствовал росту объема производства на 1,1%, в Волчанском округе — на 0,43%, Староуткинске — на 0,33%, Ревде — 0,24%, Нижней Салде — на 0,23%.

Таким образом, регрессионный анализ позволил установить значительное влияние ресурсов, направляемых предприятиями на развитие своего кадрового потенциала, на объем производства продукции животноводства в основных центрах (полюсах роста) ее развития, а также в муниципальных образованиях, которые благодаря наращиванию тесных кооперационных связей способны сформировать

пространственные кластеры. Инвестиции в основной капитал, как показал регрессионный анализ по временным рядам, выступает ключевым фактором развития рассматриваемой отрасли в муниципальных образованиях с низким объемом производства, которые расположены в окружении полюсов роста и пространственных кластеров, являются их зоной влияния. Построенные регрессионные модели Кобба — Дугласа, а также авторегрессионное моделирование динамики изменения основных факторов в данных моделях с использованием скользящего среднего (ARIMA) позволили сформировать наиболее вероятные прогнозные сценарии динамики производства продукции животноводства в муниципальных образованиях региона: инерционный, предполагающий сохранение отмеченных тенденций в развитии отрасли в будущем, оптимистичный и пессимистичный (табл. 6).

Инерционный сценарий прогнозирует дальнейший умеренный рост объема производства продукции животноводства во всех муниципальных образованиях региона, который наблюдался последние 10 лет. В первой группе муниципальных образований, в основных центрах развития отрасли животноводства в регионе, к 2025 году возможен рост объема производства с 27203 до 33238 млн рублей, во второй группе муниципальных образований, отличающихся уровнем производства выше среднего по области, возможен более значительный рост объема производства: с 22222 до 30815 млн рублей. Менее существенный рост ожидается в третьей группе муниципальных образований, которые характеризуются невысокими темпами развития отрасли: с 7968 до 10038 млн рублей. В целом по Свердловской области данный сценарий предполагает сохранение установившейся тенденции роста объема производства (рис. 3).

Даже при реализации пессимистичного прогнозного сценария, обусловленного снижением объема привлекаемых предприятиями инвестиций в основной капитал и фонда заработной платы сотрудников в данной отрасли в муниципальных образованиях области, ожидается незначительный рост объема производства продукции животноводства (с 57393 до 63993 млн рублей к 2025 году).

Таблица 6. Прогнозные сценарии изменения объема производства в отрасли животноводства в муниципальных образованиях Свердловской области к 2025 году и удельного веса данной продукции от всего объема производства в регионе

Муниципальный район	Объем производства в 2020 г.		Инерционный прогнозный сценарий		Пессимистичный прогнозный сценарий		Оптимистичный прогнозный сценарий	
	млн руб.	% от всего объема по региону	млн руб.	% от всего объема по региону	млн руб.	% от всего объема по региону	млн руб.	% от всего объема по региону
ГО Рефтинский	6 033	10,5	6 680	9,0	5 191	8,1	8 301	9,9
Ирбитское МО	5 610	9,8	6 202	8,4	4 910	7,7	7 501	8,9
ГО Богданович	4 477	7,8	4 739	6,4	3 621	5,7	5 748	6,8
Камышловский МР	4 351	7,6	8 399	11,3	7 829	12,2	8 989	10,7
МО город Екатеринбург	4 329	7,5	5 265	7,1	5 237	8,2	5 292	6,3
ГО Верхний Тагил	2 403	4,2	1 953	2,6	1 855	2,9	2 051	2,4
Всего по первой группе МО	27 203	47,4	33 238	44,9	28 644	44,8	37 882	45,0
Талицкий ГО	1 889	3,3	2 145	2,9	2 068	3,2	2 221	2,6
ГО Сухой Лог	1 797	3,1	2 507	3,4	2 350	3,7	2 669	3,2
ГО Первоуральск	1 727	3,0	2 123	2,9	1 987	3,1	2 212	2,6
Горноуральский ГО	1 638	2,9	2 713	3,7	2 438	3,8	2 955	3,5
Каменский ГО	1 595	2,8	3 140	4,2	2 416	3,8	3 775	4,5
Белоярский ГО	1 388	2,4	1 516	2,0	1 327	2,1	1 657	2,0
ГО Среднеуральск	1 358	2,4	1 970	2,7	1 790	2,8	2 115	2,5
Сысертский ГО	1 343	2,3	2 286	3,1	1 847	2,9	2 716	3,2
Байкаловский МР	1 325	2,3	1 763	2,4	1 617	2,5	1 909	2,3
г. Нижний Тагил	1 306	2,3	2 098	2,8	652	1,0	3 839	4,6
Пышминский ГО	1 250	2,2	1 464	2,0	1 378	2,2	1 550	1,8
Артинский ГО	1 218	2,1	1 540	2,1	1 441	2,3	1 605	1,9
МО Алапаевское	1 208	2,1	1 580	2,1	1 406	2,2	1 753	2,1
Туринский ГО	1 086	1,9	966	1,3	910	1,4	1 022	1,2
Артемовский ГО	1 050	1,8	1 266	1,7	1 211	1,9	1 321	1,6
МО Красноуфимский округ	1 044	1,8	1 737	2,3	1 682	2,6	1 792	2,1
Всего по второй группе МО	22 222	38,7	30 815	41,6	26 523	41,4	35 111	41,7
Всего по остальным МО	7 968	13,9	10 038	13,5	8 827	13,8	11 146	13,2
Всего по Свердловской области	57 393	100	74 090	100	63 993	100	84 139	100

Источник: составлено авторами.

Рис. 3. Прогнозные сценарии изменения объема производства продукции животноводства в Свердловской области до 2025 года, млн руб.



Источник: составлено авторами.

При построении прогнозных сценариев нами не учитывалась динамика изменения инфляции в муниципальных образованиях региона из-за недоступности таких данных в официальной статистике. При ее учете вполне вероятно формирование более негативных прогнозных сценариев развития отрасли животноводства в муниципальных образованиях Свердловской области.

Согласно сформированному пессимистичному сценарию снижение объема производства продукции животноводства к 2025 году ожидается в городских округах Рефтинский, Ирбитское, Богданович, Верхний Тагил, то есть в основных центрах развития данной отрасли. Только в двух муниципальных образованиях первой группы, несмотря на возможное сокращение привлекаемых в отрасль инвестиций и средств для развития кадрового потенциала предприятий, ожидается рост производства продукции животноводства: в г. Екатеринбурге и в муниципальном районе Камышловский. В этих крупных муниципальных образованиях наименее вероятно снижение объема привлекаемых предприятиями отрасли животноводства средств для развития кадрового потенциала, а ведь именно этот фактор, как показало регрессионное моделирование, является основным фактором развития отрасли в данных территориальных системах.

Более значительный рост объема производства продукции животноводства в муниципальных образованиях второй группы по сравнению с первой, который был установлен в ходе формирования инерционного прогнозного сценария, окажет позитивное влияние на динамику пространственной неоднородности развития данной отрасли в регионе. Согласно данному сценарию уровень концентрации производимой в муниципальных образованиях первой группы продукции животноводства к 2025 году может снизиться с 47,4 до 44,9% от всего объема произведенной продукции в регионе, а во второй группе муниципальных образований он может увеличиться с 38,7 до 41,6%. Наиболее вероятно сокращение уровня концентрации производимой продукции животноводства в городских округах Рефтинский (с 10,5 до 9,0%), Богданович (с 7,8 до 6,4%),

Верхний Тагил (с 4,2 до 2,6%) и в муниципальном образовании Ирбитский (с 9,8 до 8,4%). Среди муниципальных образований второй группы возможен рост уровня концентрации производимой продукции животноводства в г. Нижний Тагил (с 2,3 до 2,8% от всего объема произведенной в регионе продукции), в городском округе Горноуральский (с 2,9 до 3,7%), Каменский (с 2,8 до 4,2%), Сысертский (с 2,3 до 3,1%) и в муниципальном образовании Красноуфимский (с 1,8 до 2,3%). Спрогнозированное пространственное перераспределение производства продукции животноводства к 2025 году в рамках инерционного сценария является позитивным направлением дальнейшего развития отрасли, поскольку повышает продовольственную безопасность муниципальных образований, снижает их зависимость от импорта мяса и мясной продукции. В то же время инерционный и другие прогнозные сценарии показали углубление проблем развития данной отрасли в муниципальных образованиях третьей группы, которые отличаются объемом производства продукции животноводства ниже среднего по Свердловской области. Согласно инерционному прогнозируемому сценарию возможно снижение уровня концентрации производимой в данных муниципальных образованиях продукции с 13,9% в 2020 году до 13,5% к 2025 году. В эту группу входят 47 муниципальных образований региона, и столь низкий уровень концентрации производимой в них продукции свидетельствует об их сильной продовольственной зависимости от других территориальных систем, о значительных рисках потери их продовольственной безопасности.

Заключение

Представленный в работе методический подход, включающий пространственный автокорреляционный анализ, регрессионное моделирование по панельным данным, моделирование пространственных эффектов и ARIMA-моделирование, позволяет комплексно оценить пространственную неоднородность развития отрасли животноводства в муниципальных образованиях Свердловской области, выявить факторы, ее обуславливающие, учесть влияние пространственных эффектов и построить прогнозные сценарии ее развития.

Использование пространственного автокорреляционного анализа по различным матрицам пространственных весов дает возможность установить основные полюса роста, пространственные кластеры и зоны их влияния.

В результате апробации методического подхода была установлена тенденция, связанная с возрастанием пространственной неоднородности производства продукции животноводства, повышением уровня ее концентрации в шести муниципальных образованиях Свердловской области (Рефтинский городской округ, Ирбитское муниципальное образование, городской округ Богданович, Камышловский муниципальный район, г. Екатеринбург и городской округ Верхний Тагил), где сосредоточено почти 50% всей производимой продукции животноводства региона. Кроме того, удельный вес продукции животноводства в этих субъектах за период 2010–2020 гг. вырос в 2–3 раза (в городском округе Богданович с 3,3 до 7,8%, в Камышловском муниципальном районе с 2,6 до 7,6%), что говорит о повышении степени пространственной неоднородности развития отрасли и усилении негативного влияния на продовольственную безопасность Свердловской области.

В ходе построения модели Кобба – Дугласа с использованием панельных данных выявлено, что основным фактором, способствующим возрастанию пространственной неоднородности

развития отрасли животноводства в муниципальных образованиях Свердловской области, которые выступают полюсами роста или образуют пространственные кластеры, являются затраты предприятий на развитие кадрового потенциала и оплату труда персонала. При этом в муниципальных образованиях с низким объемом производства продукции животноводства (ниже среднего по Свердловской области), расположенных в окружении полюсов роста и пространственных кластеров и являющихся зонами их влияния, фактор привлекаемых предприятиями инвестиций в основной капитал оказал более серьезное воздействие на пространственную неоднородность.

В результате исследования были установлены тенденции изменения пространственной неоднородности отрасли животноводства в муниципальных образованиях Свердловской области, определены факторы, оказывающие на нее значительное влияние, и построены регрессионные модели, которые в дальнейшем помогут выработать механизмы ее сглаживания.

Полученные результаты могут быть использованы органами государственной власти для разработки политики, направленной на развитие кадрового потенциала и привлечение инвестиционных ресурсов для развития отрасли животноводства в муниципальных образованиях Свердловской области.

Литература

- Архипова М.Ю., Смирнов А.И. (2020). Современные направления прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур на основе использования эконометрических моделей // Вопросы статистики. № 27 (5). С. 65–75. DOI: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2020-27-5-65-75>
- Бровкова А.В. (2014). Совершенствование подходов к статистическому анализу социально-экономического неравенства и конвергенции регионов России // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. № 2. С. 113–117.
- Гагарина Г.Ю., Болотов Р.О. (2021). Оценка межрегионального неравенства в Российской Федерации и его декомпозиция с применением индекса Тейла // Федерализм. Т. 26. № 4 (104). С. 20–34. DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/2073-1051-2021-4-20-34>
- Глазырина И.П., Забелина И.А., Клевакина Е.А. (2010). Уровень экономического развития и распределение экологической нагрузки между регионами РФ // Журнал Новой экономической ассоциации. № 7. С. 70–88.
- Горбатовская О. (2017). Факторы и методы оценки территориальной дифференциации сельскохозяйственного производства // Аграрная экономика. № 6. С. 18–29.
- Дуброва Т.А. (2014). Применение многомерных статистических методов для анализа состояния и тенденций развития российского рынка мяса // Вопросы статистики. № 8. С. 67–75. DOI: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2014-0-8-67-75>
- Зимин А.Ф., Тимирьянова В.М. (2016). Пространственная организация рынка потребительских товаров // Вестник УГУЭС. Наука, образование, экономика. Серия экономика. № 1 (15). С. 44–49.

- Зубаревич Н.В. (2013). Неравенство доходов населения: пространственная проекция // *Pro et Contra*. Т. 17. № 6. С. 48–60.
- Зубаревич Н.В., Сафронов С.Г. (2013). Неравенство социально-экономического развития регионов и городов России 2000-х годов: рост или снижение? // *Общественные науки и современность*. № 6. С. 15–26.
- Малкина М.Ю., Балакин Р.В. (2014). Исследование концентрации и равномерности налоговых поступлений в регионах Российской Федерации на основе индексов Херфиндаля-Хиршмана, Джини и Тейла // *Налоги и налогообложение*. № 11 (11). С. 1010–1023. DOI: <https://doi.org/10.7256/1812-8688.2014.11.12546>
- Патракова С.С. (2022). Оценка внутрирегиональной асимметрии сельскохозяйственного производства Вологодской области // *Проблемы развития территории*. Т. 26. № 1. С. 27–42. DOI: [10.15838/ptd.2022.1.117.3](https://doi.org/10.15838/ptd.2022.1.117.3)
- Печеневский В.Ф., Снегирев О.И. (2018). Прогнозирование размещения и развитие производства продукции животноводства в регионе // *Современная экономика: проблемы и решения*. № 1 (98). С. 75–84. DOI: <https://doi.org/10.17308/meps.2018.1/1782>
- Постникова Е.А., Шильцин Е.А. (2009). Новейшие тенденции регионального развития: некоторые фрагменты // *Регион: экономика и социология*. № 3. С. 67–86.
- Суворов Н.В., Ахунов Р.Р., Губарев Р.В., Дзюба Е.И., Файзуллин Ф.С. (2020). Применение производственной функции Кобба – Дугласа для анализа промышленного комплекса региона // *Экономика региона*. № 16 (1). С. 187–200. DOI: [10.17059/2020-1-14](https://doi.org/10.17059/2020-1-14)
- Толмачев М.Н. (2010). Методология расчета показателей концентрации сельскохозяйственного производства // *Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки*. Т. 10. Вып. 2. С. 103–111.
- Atikah N., Widodo B., Rahardjo S. et al. (2021). The efficiency of Spatial Durbin Model (SDM) parameters estimation on advertisement tax revenue in Malang City. *Journal of Physics: Conference Series*, 1821(1), 012012. Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1821/1/012012>
- Augustine D.J., Booth D.T., Cox S.E., Derner J.D. (2012). Grazing intensity and spatial heterogeneity in bare soil in a grazing-resistant grassland. *Rangeland Ecology & Management*, 65(1), 39–46. Available at: <https://doi.org/10.2111/rem-d-11-00005.1>
- Bille A.G. Salvioni C., Benedetti R. (2015). Spatial heterogeneity in production functions models. *International Conference of Agricultural Economists (ICAE) Agriculture in an Interconnected World*, 16. DOI: [10.22004/ag.econ.211343](https://doi.org/10.22004/ag.econ.211343)
- Bulteau J., Feuillet T., Le Boennec R. (2018). Spatial heterogeneity of sustainable transportation offer values: A comparative analysis of Nantes urban and periurban/rural areas (France). *Urban Science*, 2(1), 14. Available at: <https://doi.org/10.3390/urbansci2010014>
- Chikuvire T.J., Мпепереки S., Tigere T.A., Foti R. (2006). Exploitation of spatial heterogeneity for food security by smallholder farmers in a semi-arid area of Zimbabwe. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 8(2), 15–28. Available at: http://jsd-africa.com/Jsda/Summer_2006/PDF/ARC_Exploitation_SpatialHeterogeneityFoodSecurity.pdf
- Fang W., Huang H., Yang B., Hu Q. (2021). Factors on spatial heterogeneity of the grain production capacity in the major grain sales area in Southeast China: Evidence from 530 counties in Guangdong Province. *Land*, 10(2), 206. Available at: <https://doi.org/10.3390/land10020206>
- Han C., Wang G., Zhang Y. et al. (2020). Analysis of the temporal and spatial evolution characteristics and influencing factors of China's herbivorous animal husbandry industry. *PLOS ONE*, 15(8), e0237827. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237827>
- Khan A.A. (2020). Linking spatial patterns of livestock to the geographical variances in Turkey. *Journal of Geography*, 40, 109–117. Available at: <https://doi.org/10.26650/JGEOG2019-0050>
- Koc A.A., Lambert D.M., Boluk G. et al. (2017). A spatial analysis of the relationship between agricultural output and input factors in Turkey. *New Medit, A Mediterranean Journal of Economics, Agriculture and Environment*, 16(1), 11–17. Available at: <https://newmedit.iamb.it/2017/03/15/a-spatial-analysis-of-the-relationship-between-agricultural-output-and-input-factors-in-turkey/>
- Lv F., Deng L., Zhang Z. et al. (2022). Multiscale analysis of factors affecting food security in China, 1980–2017. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(5), 6511–6525. DOI: [10.1007/s11356-021-16125-1](https://doi.org/10.1007/s11356-021-16125-1)

- Piet L. (2017). Concentration of the agricultural production in the EU: The two sides of a coin. In: *15 European Association of Agricultural Economists (EAAE) Congress "Towards Sustainable Agri-Food System: Balancing between Markets and Society"*, European Association of Agricultural Economists (EAAE). DOI: 10.22004/ag.econ.261439
- Shi B., Fu Y., Bai X. et al. (2021). Spatial pattern and spatial heterogeneity of Chinese elite hospitals: A country-level analysis. *Frontiers in Public Health*, 9, 710810. DOI: 10.3389/fpubh.2021.710810
- Shouying Y., Qiaoxi F. (2018). Spatial statistical analysis on geographical agglomeration of planting industry in Sichuan Province. In: *Proceedings of the 2018 4th International Conference on Economics, Social Science, Arts, Education and Management Engineering (ESSAEME 2018). Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. Available at: <https://doi.org/10.2991/essaeme-18.2018.16>
- Sibhatu K.T., Steinhübel L., Siregar H. et al. (2021). Spatial heterogeneity in smallholder oil palm production in Indonesia: Implications for intervention strategies. *International Conference of Agricultural Economists (ICAE 2021)*. Available at: https://ageconsearch.umn.edu/record/315222/files/0-0_Paper_19141_handout_301_0.pdf
- Wagle T.P.S. (2016). Spatial analysis of Cobb-Douglas production function in agriculture sector of Nepal: An empirical analysis. *Journal of Advanced Academic Research*, 3(2), 101–114. Available at: <https://doi.org/10.3126/jaar.v3i2.16759>
- Wenbo M., Weiteng T., Qian Zh., Qianqian M. (2021). Analysis on the temporal and spatial heterogeneity of factors affecting urbanization development based on the GTWR model: Evidence from the Yangtze River Economic Belt. *Complexity*, 2021, 1–11. Available at: <https://doi.org/10.1155/2021/7557346>
- Yang W., Jia H., Wang C. et al. (2022). Spatial heterogeneity of household food consumption and nutritional characteristics of grassland transects in Inner Mongolia, China. *Frontiers in Nutrition*, 9. DOI: 10.3389/fnut.2022.810485
- Zhang Y., Li B. (2022). Detection of the spatio-temporal differentiation patterns and influencing factors of wheat production in Huang-Huai-Hai region. *Foods*, 11(11), 1617. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods11111617>

Сведения об авторах

Илья Викторович Наумов – кандидат экономических наук, доцент, заведующий лабораторией, Институт экономики УрО РАН (620014, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29, e-mail: ilia_naumov@list.ru)

Владислав Михайлович Седельников – младший научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН (620014, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Московская, д. 29, e-mail: vms-1990@mail.ru)

Naumov I.V., Sedelnikov V.M.

Forecasting the Impact of Investments on Spatial Heterogeneity in the Development of the Livestock Industry

Abstract. The article investigates uneven spatial development of livestock industry in Russia's regions. It is caused by many factors, including the volume of attracted investments, human resources; and it endangers the food security of territories. The purpose of the study is to assess spatial heterogeneity in the development of the livestock industry in the Sverdlovsk Oblast. To achieve the goal, we set the following tasks: to conduct a spatial autocorrelation analysis of the development of the livestock industry in Sverdlovsk Oblast municipal entities, investigate the impact of human resources investments and costs on the development of spatial heterogeneity in the region's livestock industry, assess the spatial effects of livestock industry development in territorial systems, design forecast scenarios for its development in the region's municipal entities up to 2025. Having reviewed theoretical and methodological approaches to assessing spatial heterogeneity at the regional and municipal levels we find out that Russian and foreign researchers use a variety of methods. Their application does not contribute to the comprehensive assessment of spatial heterogeneity in the development of the livestock industry. To solve the problem, we

propose a methodological approach, whose novelty consists in the comprehensive application of spatial autocorrelation analysis methods using various matrices of spatial weights, regression analysis using panel data and ARIMA modeling which, when combined, make it possible to determine the impact of investments and other factors on heterogeneity in the development of the livestock industry in the region's municipalities and design a system of various forecast scenarios. The regression models we constructed have confirmed the differentiated impact of investments and human resources on spatial heterogeneity in the livestock sector in the Sverdlovsk Oblast and outlined the prospects for its development.

Key words: investments, livestock industry, spatial heterogeneity, Cobb – Douglas production function, spatial autocorrelation, scenario forecasting, ARIMA modeling.

Information about the Authors

Ilya V. Naumov – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, head of laboratory, Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (29, Moskovskaya Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: ilia_naumov@list.ru)

Vladislav M. Sedelnikov – Junior Researcher, Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (29, Moskovskaya Street, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: vms-1990@mail.ru)

Статья поступила 20.09.2022.