

УДК 314.117-053.9:330.34(510)
DOI: 10.18799/26584956/2025/3/1975
Шифр специальности ВАК: 5.2.7

Взаимосвязь старения населения, цифровой экономики и отраслевой структуры экономики на примере Китая

Сунь Фан[✉]

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия, г. Томск

[✉]unasun77@gmail.com

Аннотация. Растущая тенденция старения населения создает как вызовы, так и возможности для нового качества экономического развития Китая. Данное исследование основывается на ключевых демографических особенностях КНР; в нем используются панельные данные по провинциям Китая за 2011–2023 гг.

Цель: проанализировать традиционные каналы влияния старения населения на модернизацию отраслевой структуры, а также на основе этого изучить механизм воздействия таких факторов, как структура потребления, человеческий капитал, технологические инновации, производительность труда, государственные расходы на социальное обеспечение и цифровая экономика. **Методы:** количественный и эмпирический анализ. **Результаты:** эмпирическое исследование показало, что старение населения оказывает на модернизацию отраслевой структуры Китая эффект «сначала стимулирующий, затем сдерживающий» через традиционные каналы – структуру потребления и технологические инновации. В то же время старение населения оказывает положительное влияние на модернизацию структуры экономики через человеческий капитал, производительность труда и социальные расходы. Результаты исследования также показали, что, с одной стороны, старение населения стимулирует развитие цифровой экономики и меняет отраслевую структуру, с другой – цифровая экономика способна значительно смягчить негативные последствия старения населения. Анализ гетерогенности подтвердил региональные различия в провинциях Китая влияния старения населения на модернизацию отраслевой структуры: в восточных и северо-восточных регионах этот эффект является положительным, при этом влияние в северо-восточном Китае выражено более значительно, чем в восточных регионах. Эмпирически доказано, что Китай (учитывая тенденции старения населения), развивая цифровой сектор экономики, стремится к достижению нового качества экономического роста и развития.

Ключевые слова: старение населения, цифровая экономика, отраслевая структура экономики, человеческий капитал, структура потребления

Благодарности: Работа выполнена при поддержке Китайского совета по стипендиям.

Для цитирования: Сунь Фан. Взаимосвязь старения населения, цифровой экономики и отраслевой структуры экономики на примере Китая // Векторы благополучия: экономика и социум. – 2025. – Т. 53. – № 3. – С. 31–63. DOI: 10.18799/26584956/2025/3/1975

UDC 314.117-053.9:330.34(510)
DOI 10.18799/26584956/2025/3/1975

Interrelationship between population aging, digital economy, and industrial structure of economy: evidence from China

Sun Fang[✉]

Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

[✉] unasun77@gmail.com

Abstract. The accelerating trend of population aging presents both challenges and opportunities for the new quality of China's economic development. Based on the key demographic characteristics of the People's Republic of China, this study utilizes provincial panel data spanning from 2011 to 2023. **Aim.** To analyze the traditional channels through which population aging affects the upgrading of industrial structure, and on this basis, to investigate the mechanisms through which factors such as consumption structure, human capital, technological innovation, labor productivity, social security expenditure, and digital economy exert their influence. **Methods.** Quantitative analysis and empirical analysis. **Results.** Empirical findings reveal that population aging has a "first-promoting-then-restraining" effect on the upgrading of China's industrial structure through traditional pathways such as consumption structure and technological innovation. At the same time, population aging positively influences industrial upgrading through channels like human capital, labor productivity, and social spending. The study also demonstrates that, on the one hand, population aging stimulates the development of the digital economy and reshapes the industrial structure; on the other hand, the digital economy significantly mitigates the adverse effects of population aging. Heterogeneity analysis confirms regional disparities in the impact of aging on industrial upgrading across Chinese provinces: the effect is positive in the eastern and northeastern regions, with a more pronounced impact in Northeast China compared to the East. The empirical evidence suggests that, by acknowledging demographic aging trends and promoting the development of the digital economy, China aims to achieve a new quality of economic growth and development.

Keywords: population aging, digital economy, industrial structure of economy, human capital; consumption structure

Acknowledgements: The work was supported by the China Scholarship Council.

For citation: Sun Fang. Interrelationship between population aging, digital economy, and industrial structure of economy: evidence from China. *Journal of Wellbeing Technologies*, 2025, vol. 53, no. 3, pp. 31–63. DOI: 10.18799/26584956/2025/3/1966

Введение

С 2022 г. население Китая вступило в фазу отрицательного роста, а естественный прирост составил 0,60%¹. Численность трудоспособного населения начала сокращаться, а уровень старения продолжает усугубляться. В 2000 г. доля населения в возрасте 65 лет и старше достигла 7 %, официально обозначив переход Китая в стадию стареющего общества. К 2021 г. этот показатель удвоился, превысив 14 %, что означает, что Китай вступил в стадию умеренного старения, сопоставимого с уровнем таких стран, как Исландия, Ирландия и Люксембург.

Старение населения приводит к снижению демографического дивиденда и росту затрат на рабочую силу, создавая давление на трансформацию трудоемких отраслей. Дефицит рабочей силы, вызванный старением населения, повышает переговорную силу работников и их долю в распределении доходов [1]. На протяжении долгого времени Китай использовал преимущество большого количества дешевой рабочей силы, что создавало экономические возможности и способствовало социальному благополучию. Однако с углублением демографического старения научное сообщество стало все больше обращать внимание на его негативные последствия, в частности на проблемы занятости и ослабление экономической динамики, а также на феномен «демографического долга».

Одновременно с этим в условиях нового этапа научно-технической революции и промышленной трансформации развитие цифровой экономики несет как вызовы, так и новые возможности для рынка труда [2]. С одной стороны, автоматизация угрожает существованию многих рутинных профессий, что приводит к безработице в традиционных отраслях. С дру-

¹ 王萍萍. 人口规模有何变化? 经济日报, 2023-01-18(011). DOI:10.28425/n.cnki.njjrb.2023.000362 // Экономическая ежедневная газета. URL: https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=RK2PMiCRJa1tEUM7HNAEUNUIRy7YEP4IjAxH1mgC2Zu0GWyIicwDvL6KcOLd-5IHEhHl4cIh-bI1dj246K5YBIR0_lgM1k9Kk4-1R0gZM0gS75N-mHooti9rYdZ--nIS5Cv4LDC9gCFJleZFBYYVHDeYqPGAjdIEagwvQA-y1-E=&uniplatform=NZKPT (дата обращения 12.03.2025).

гой стороны, возникает потребность в высококвалифицированных специалистах с компетенциями в цифровых технологиях, что трансформирует структуру рынка труда и, соответственно, занятость.

С изменением модели экономического роста технологические инновации становятся ключевым двигателем высококачественного развития. В докладе XX съезда Коммунистической партии Китая поставлена цель к 2035 г. – достичь «высокого уровня научно-технической независимости и войти в число ведущих инновационных государств» [3]. Хотя старение населения оказывает значительное давление на развитие экономики и модернизацию отраслевой структуры Китая, в последние десятилетия в стране сформировалось поколение пожилых людей с более высоким уровнем образования, лучшим здоровьем и большей экономической самостоятельностью. Они не только являются бенефициарами экономического роста, но и активно его стимулируют.

В свою очередь, модернизация отраслевой структуры следует конкретным закономерностям: скорость развития различных отраслей формирует текущую отраслевую структуру и ее будущие тенденции, при этом основным фактором, определяющим эту скорость, является потребительский спрос. С точки зрения общественного воспроизводства именно потребительский спрос считается конечным двигателем модернизации отраслевой структуры [4]. Человеческий капитал также играет важную роль в экономическом росте, а образование – ключевой фактор его формирования. Увеличение инвестиций в высшее образование способствует модернизации потребления и отраслевой структуры экономики [5].

Старение населения представляет собой глобальную тенденцию, привлекающую внимание всего мира. Еще в 1956 г. Организация Объединенных Наций в докладе «Старение населения и его социально-экономические последствия» отметила: «Если доля лиц в возрасте 65 лет и старше превышает 7 % от общей численности населения страны или региона, это свидетельствует о вступлении данного государства или региона в фазу демографического старения» [6]. Понятием «демографический долг» обозначаются потенциальные фискальные и экономические обязательства, возникающие в связи с изменением возрастной структуры населения, особенно на фоне нарастающего старения. Эти обязательства включают в себя рост расходов на пенсионное обеспечение, здравоохранение и социальные услуги, а также снижение численности трудоспособного населения, что ведет к снижению производительности труда и усилению давления на экономический рост [7]. В январе 2024 года Канцелярия Госсовета КНР опубликовала «Мнение о развитии серебряной экономики и повышении благосостояния пожилых людей» (далее – «Мнение»), в котором впервые четко обозначена необходимость активного развития «серебряной экономики». В документе подчеркивается важность интеграции технологий нового поколения, мобильных устройств, носимых гаджетов, сервисных роботов и других интеллектуальных решений в сценарии ухода за пожилыми людьми – как на дому, так и в сообществах и специализированных учреждениях [8].

В последние годы китайские исследователи все активнее изучают влияние старения населения на модернизацию отраслевой структуры экономики. Одни полагают, что старение оказывает сдерживающее воздействие [6], другие утверждают, что оно способствует ее модернизации [9]. Некоторые ученые приходят к выводу о наличии нелинейного эффекта в форме перевернутой U-образной кривой. В ходе изучения выявляются различные промежуточные переменные, через которые показывается это влияние, например финансовая структура [10], искусственный интеллект [11], технологические инновации [12].

Поскольку анализ старения населения в Китае начался позже, чем в западных странах, его влияние на экономическое развитие во многом отличается из-за специфики демографической политики и этапов экономического роста. Германия и Япония являются типичными примерами стран с высоким уровнем старения населения, в которых уже проведено значительное количество исследований, посвященных влиянию демографического старения на структуру

экономики и цифровую трансформацию. Немецкие ученые Ochsner и др. [13], основываясь на эмпирическом анализе с применением модели производственной функции, выявили, что старение населения оказывает выраженное долгосрочное сдерживающее воздействие на рост потенциального выпуска в Германии. Постоянное сокращение предложения рабочей силы существенно ограничивает экономический потенциал страны. В ответ на эти вызовы немецкие компании ускоряют внедрение автоматизации и интеллектуального производства, стремясь компенсировать нехватку рабочей силы, однако проблемы несоответствия структуры навыков и недостатка инновационного потенциала остаются острыми. В японском контексте исследования проблемы Нагауама и Carraz [14] подчеркивают, что старение населения стимулировало ускоренную цифровую трансформацию, особенно в таких направлениях, как умные системы ухода за пожилыми, робототехника и автоматизированное производство. Эти инновационные приложения стали ключевыми мерами по преодолению дефицита рабочей силы и содействию промышленной модернизации. Однако, как отмечают Yamashita и др. [15], в области применения электронной почты и цифровой информации преимущества, обусловленные уровнем образования, проявляются более заметно среди американских респондентов среднего возраста, тогда как для японцев той же образовательной категории наблюдаемая польза или прогресс оказываются сравнительно ограниченными. Люди среднего возраста с низким уровнем образования и базовых навыков (включая грамотность) могут получить выгоду от образовательных программ и дополнительного обучения в области информационно-коммуникационных технологий. Хотя Китай имеет определенные схожие черты с Германией и Японией в аспектах демографического старения и потребности в экономической трансформации, между ними существуют значительные различия в уровнях экономического развития, институциональных структурах и степени применения цифровых технологий. Китай в настоящее время находится на ключевом этапе перехода от индустриальной экономики с традиционными отраслями промышленности и сельского хозяйства к экономике услуг и цифровой экономике. Система социального обеспечения продолжает совершенствоваться, а распространение цифровых технологий и инновационных приложений демонстрирует быстрый рост, но сопровождается выраженной региональной неоднородностью [16]. Следовательно, прямое заимствование опыта Германии и Японии ограничено применимостью и требует адаптации с учетом китайской демографической базы, урбанизационной структуры и политико-институциональной среды.

Большинство китайских научных работ изучают старение населения в контексте экономического роста. Однако по мере углубления анализа отраслевую структуру стали рассматривать как самостоятельный объект изучения. Модернизация отраслевой структуры Китая происходит в условиях «переплетения» таких факторов, как старение населения и развитие цифровой экономики.

Таким образом, перед аналитиками встают новые вопросы: какие новые тенденции проявляются в этих процессах и как можно использовать потенциал цифровой экономики для активного реагирования на старение населения, обеспечивая высокое качество занятости?

Настоящее исследование основано на панельных данных по 31 провинциальному региону Китая с 2011 по 2023 г. и направлено на систематическое построение многомерного механизма воздействия старения населения и цифровой экономики на модернизацию отраслевой структуры. С применением моделей медиаторного и модераторного эффектов проводится углубленный анализ таких ключевых каналов воздействия, как производительность труда, структура потребления, технологические инновации, человеческий капитал и расходы на социальное обеспечение. Особое внимание уделено роли цифровой экономики в модерации этих эффектов. Кроме того, с помощью анализа региональной гетерогенности исследуются различия в проявлениях эффекта старения населения в зависимости от уровня экономического развития регионов, что позволяет дополнить существующие теоретические положения о

социально-экономических последствиях демографических изменений. В отличие от предыдущих исследований, ограничивавшихся анализом отдельных механизмов или конкретных регионов, настоящее исследование расширяет теоретическую перспективу оценки влияния демографического старения на структурную трансформацию экономики и предоставляет более целенаправленные и реалистичные эмпирические основания для формирования государственной политики. Таким образом, полученные результаты обладают значимой теоретической и прикладной ценностью, способствуя более эффективному реагированию на вызовы и возможности, связанные со старением населения, в контексте структурной модернизации экономики Китая и продвижения ее к высококачественному развитию.

Теоретический анализ и исследовательские гипотезы

1. Прямое влияние старения населения на модернизацию отраслевой структуры Китая

Старение населения является долгосрочной тенденцией социального развития. В существующих исследованиях можно выделить три основные точки зрения на его влияние на экономику: 1) стимулирующее влияние; 2) сдерживающее влияние; 3) нелинейное влияние.

С углублением процесса старения населения структура потребительского спроса пожилых людей претерпевает значительные изменения. С одной стороны, на индивидуальном уровне возрастает потребность в сервисном и качественном потреблении, включая здравоохранение, услуги по уходу за пожилыми, умные дома и индустрию досуга и туризма [17, 18]. Этот процесс потребительской трансформации стимулирует развитие «серебряной экономики», что способствует увеличению доли сектора услуг и, следовательно, расширению и оптимизации третичного сектора.

Согласно отчету «Исследование развития серебряной экономики Китая» (2022), опубликованному Институтом исследования старения Фуданьского университета, ожидается, что к 2035 г. объем рынка «серебряной экономики» достигнет 19 трлн юаней, что составит 28 % от общего объема потребления и станет важным двигателем модернизации отраслевой структуры. Кроме того, с макроэкономической точки зрения эффект «обратного давления» старения населения на экономическую систему становится все более заметным. Сокращение предложения рабочей силы и рост затрат на трудовые ресурсы вынуждают компании внедрять автоматизированные системы, робототехнику и другие передовые технологии для повышения производительности, что помогает трансформации промышленности в сторону капиталоемких отраслей [19, 20]. Эти процессы замещения и адаптации способствуют технологическому совершенствованию и делают отраслевую структуру более рациональной и продвинутой.

Однако по мере дальнейшего увеличения доли пожилого населения проблема нехватки рабочей силы становится все более острой. Рост коэффициента иждивенчества приводит к снижению уровня сбережений и ослаблению инвестиционных возможностей, что может замедлить экономический рост [21]. С точки зрения микроэкономики инновационные способности и производительность труда пожилых работников, как правило, подчиняются перевернутой U-образной зависимости [22]. Хотя накопленный профессиональный опыт может компенсировать возрастные ограничения, ухудшение физического состояния и когнитивных способностей может нивелировать этот эффект, замедляя технологические инновации и ослабляя динамику промышленной трансформации [23].

Кроме того, старение населения усиливает нагрузку на домохозяйства и социальные институты, что приводит к сокращению долгосрочных инвестиций в образование и профессиональную подготовку, замедляя накопление человеческого капитала [24]. Более того, старение может привести к перераспределению капитальных затрат в пользу социальных нужд, что ограничивает возможности финансирования научных исследований и модернизацию других отраслей [25].

На ранних стадиях старения населения положительные эффекты потребительской трансформации и технологического замещения способствуют расширению сферы услуг и оптимизации отраслевой структуры. Однако по мере углубления старения его стимулирующий эффект ослабевает и может даже смениться сдерживающим воздействием [26]. Эта нелинейная связь обусловлена различными факторами, такими как уровень урбанизации, качество институтов и миграционные процессы [27]. Высокий уровень урбанизации может усилить положительное влияние старения на развитие сектора услуг за счет эффекта агломерации, в то время как низкий уровень урбанизации может усугубить негативное воздействие старения на предложение рабочей силы. Кроме того, повышение качества институтов может смягчить негативные последствия старения для накопления капитала и технологических инноваций, тем самым частично компенсируя его сдерживающий эффект [28].

Исходя из этих положений, сформулированы исследовательские гипотезы.

H1: старение населения оказывает нелинейное влияние на модернизацию отраслевой структуры экономики, демонстрируя характерный паттерн «сначала стимулирование, затем сдерживание».

Существующие исследования показывают, что имеется тесная связь между цифровой экономикой и оптимизацией структуры промышленности, и большинство ученых соглашается с тем, что цифровая экономика может способствовать ее дальнейшей оптимизации [29–31]. Изучение воздействия цифровой экономики на оптимизацию структуры промышленности сосредоточены в основном на двух направлениях: цифровая индустриализация и индустриализация цифровых технологий. Эти исследования показывают, что на текущем этапе экономического и социального развития цифровая экономика в первую очередь оказывает влияние через увеличение нового потребительского спроса и улучшение операционной эффективности предприятий, таким образом воздействуя как со стороны спроса, так и предложения [32]. Во-первых, с точки зрения спроса, с одной стороны, развитие цифровой экономики предоставляет конкурентное преимущество для инновационных активностей, основанных на данных, благодаря более низким издержкам. Компании, использующие большие данные, могут анализировать информацию о потребительских группах и проводить целенаправленные инновации. В то же время развитие цифровой экономики ускоряет передачу информации, делает каналы получения знаний гораздо разнообразнее, благоприятствуя более открытой и прозрачной рыночной среде, что, в свою очередь, стимулирует технологические инновации компаний. С другой стороны, становление цифровой экономики ослабляет (стирает) границы компаний, помогая свободному движению производственных факторов, что также ведет к росту операционной эффективности. Во-вторых, с точки зрения предложения эволюция информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), основанных на больших данных, искусственном интеллекте, интернете вещей, технологиях 5G и облачных вычислениях, значительно стимулирует рост отраслей услуг для пожилых людей, удовлетворяя разнообразные потребности стареющего населения. Это способствует усовершенствованию сектора услуг и, таким образом, оптимизации структуры экономики. С развитием цифровой экономики предельные затраты на ее социальное использование постепенно снижаются, формируя экономию от масштаба, что значительно повышает общественную эффективность, сокращает потребность в рабочей силе в трудоемких отраслях и компенсирует ее дефицит, вызванный старением населения. В долгосрочной перспективе старение населения способствует стимулированию технологических инноваций, повышению качества рабочей силы и развитию отрасли услуг для пожилых людей, что также поддерживает оптимизацию структуры экономики. Цифровая экономика усиливает этот эффект, при этом она ослабляет негативное воздействие старения населения на оптимизацию структуры, связанное с сокращением предложения рабочей силы.

На основе этого выдвигается вторая гипотеза.

H2: цифровая экономика усиливает положительное воздействие старения населения на оптимизацию структуры экономики и ослабляет отрицательные эффекты старения на ее модернизацию.

2. Косвенное влияние старения населения на модернизацию отраслевой структуры Китая

Эффект производительности труда

Демографическое развитие представляет собой непрерывный динамический процесс. Теория демографического перехода (Demographic Transition Theory) описывает неизбежный переход общества от высоких уровней рождаемости и смертности к низким [33]. Низкий уровень рождаемости означает постепенное сокращение численности детского населения, тогда как низкий уровень смертности характеризует увеличение средней продолжительности жизни [34]. Изменения в численности и составе рабочей силы непосредственно влияют на структуру факторов производства. В этом контексте взаимосвязь демографической структуры и экономического развития становится одним из ключевых направлений исследований в экономике и социологии [35].

Старение населения приводит к устойчивому росту доли пожилых людей при одновременном снижении доли трудоспособного населения. Этот дисбаланс между спросом и предложением на рынке труда способствует росту затрат на рабочую силу, снижает прибыльность традиционного обрабатывающего сектора и вынуждает предприятия корректировать структуру факторов производства. В результате компании делают больший упор на накопление человеческого капитала и технологические инновации, что способствует переходу к капиталоемким и наукоемким отраслям [36]. Однако если процесс перехода от «количественного демографического дивиденда» к «качественному демографическому дивиденду» будет недостаточно эффективным, традиционные отрасли утратят конкурентные преимущества, в то время как новые сектора экономики еще не успеют сформировать свою конкурентоспособность, что может привести к структурному кризису [37]. Кроме того, в менее развитых регионах Китая уровень пенсионного обеспечения и медицинского обслуживания остается относительно низким, что вынуждает значительную часть трудоспособного населения продолжать работать для поддержания благосостояния семьи. Для пожилых людей это может означать продолжение трудовой деятельности после достижения пенсионного возраста с целью снижения экономического бремени. В то же время усиление нагрузки по уходу за престарелыми членами семьи может привести к снижению уровня участия женщин в рабочей силе, что в конечном итоге окажет негативное влияние на общий объем трудовых ресурсов [38].

Кроме того, старение населения в сочетании со снижением рождаемости может ускорять «старение» самой рабочей силы. Данная тенденция приводит к тому, что физические и когнитивные навыки работников, как уже отмечалось выше, изменяются по принципу перевернутой U-образной кривой [22]. Молодые работники обладают лучшей физической подготовкой и высокой мотивацией к обучению, что позволяет им быстрее адаптироваться к технологическим изменениям и новым условиям труда. Однако их недостаточный опыт и недостаточный уровень профессиональных компетенций могут ограничивать темпы технологического прогресса. В то же время пожилые работники обладают богатым профессиональным опытом и знаниями, но их физическое состояние и когнитивные функции постепенно ухудшаются, что может снижать их производительность труда и инновационный потенциал [35]. Развитые регионы способны смягчить негативное влияние старения населения на качество рабочей силы за счет увеличения инвестиций в здравоохранение и образование. Тогда как регионы с низким уровнем урбанизации могут стимулировать миграцию сельского населения в города, создавая эффекты агломерации рабочей силы и человеческого капитала [34].

Исходя из этого, формулируется следующая исследовательская гипотеза.

H3: старение населения влияет на модернизацию отраслевой структуры экономики через производительность труда.

Эффект человеческого капитала

Согласно «Государственному плану развития народонаселения Китая (2016–2030)», к 2030 г. ожидаемая средняя продолжительность жизни в Китае достигнет 79 лет. С одной стороны, увеличение продолжительности жизни усиливает степень старения населения, но с другой – создает условия для продления «демографического дивиденда» [39]. Рассматривая первую волну стареющего населения Китая, можно отметить, что большинство этих людей родились в 1960-х гг. Из-за уровня социально-экономического развития на тот период времени и ограниченного доступа к образовательным ресурсам уровень накопленного человеческого капитала остается относительно низким. Эти группы пожилых людей в основном были заняты в трудоемких отраслях, когда за счет эффекта кривой обучения они овладели профессиональными навыками и сформировали свою конкурентоспособность в традиционных секторах промышленности [40]. Однако с углублением процесса старения конкурентные преимущества трудоемких отраслей постепенно ослабевают, и предприятия ориентируются на капиталоемкие и наукоемкие отрасли. Такая трансформация предъявляет более высокие требования к профессиональным навыкам пожилых работников при их возможном повторном трудоустройстве после выхода на пенсию. Однако из-за более низкой способности к обучению и адаптации к новым технологиям среди пожилых людей подобные программы переквалификации часто оказываются неэффективными. В то же время стремительное развитие китайской экономики приводит к увеличению числа молодых людей, получающих профессиональное и высшее образование [41].

По мере углубления проблемы старения «окно возможностей демографического дивиденда» постепенно закрывается, что требует перехода модели экономического роста Китая от трудоемкой к основанной на человеческом капитале [42]. С одной стороны, высококвалифицированный работник обладает уникальными способностями к оптимальному распределению ресурсов и технологическим инновациям, что делает его более продуктивным и полезным для общества. Кроме того, человек является не только производителем, но и потребителем. С точки зрения потребительского спроса более высокий уровень образования обычно коррелирует с более высокими требованиями к качеству потребляемых товаров и услуг [43]. Следовательно, экономическое развитие требует увеличения доли высококвалифицированных работников, что способствует повышению инновационной эффективности и производительности промышленности, тем самым ускоряя процесс модернизации отраслевой структуры [44]. С другой стороны, когда основная часть работников удовлетворяет свои базовые потребности, они начинают стремиться к более высокому качеству жизни. Доходный эффект инвестиций в человеческий капитал ускоряет этот процесс, что вынуждает предложение адаптироваться к изменениям рыночного спроса. В результате наблюдается значительный рост потребления товаров с высокой добавленной стоимостью, таких как предметы роскоши и высокотехнологичная продукция, что способствует модернизации вторичного и третичного секторов экономики. Хотя значительное повышение уровня человеческого капитала среди молодого поколения играет ключевую роль в стимулировании отраслевой трансформации, оно также сокращает возможности трудоустройства для пожилых работников и ограничивает доступ к ресурсам для их переквалификации. Таким образом, конкуренция за человеческий капитал между поколениями усиливает дисбаланс накопления человеческого капитала в стареющем обществе. В целом углубление процесса старения населения может сдерживать накопление человеческого капитала, что, в свою очередь, оказывает негативное влияние на модернизацию отраслевой структуры.

Исходя из вышеизложенного формулируется четвертая гипотеза.

H4: старение населения влияет на модернизацию отраслевой структуры через человеческий капитал.

Эффект технологических инноваций

Углубление процесса старения населения ведет к дефициту рабочей силы и росту стоимости труда, что создает серьезные вызовы для трудоемких отраслей и низкотехнологичных производств. В условиях этой тенденции крупные предприятия с меньшими финансовыми ограничениями обладают большими ресурсами и адаптационными возможностями в ответ на нехватку рабочей силы. Такие компании инвестируют в технологические инновации и модернизацию основных средств, внедряя передовые производственные технологии и оборудование, что способствует оптимизации структуры факторов производства и модернизации отраслевой структуры [45]. Эффект технологического замещения является одним из ключевых механизмов влияния технологических инноваций на модернизацию отраслевой структуры. С одной стороны, технологические инновации повышают рентабельность автоматизированных систем и интеллектуальных роботов, снижая затраты на их внедрение. Это, в свою очередь, снижает барьеры для замены человеческого труда на передовые технологии, тем самым смягчая негативные последствия нехватки рабочей силы [46]. С другой стороны, технологические инновации способствуют развитию гибких производственных систем и персонализированного производства, позволяя предприятиям оперативно реагировать на изменения рыночного спроса и выпускать более разнообразные и индивидуализированные продукты. Этот процесс ускоряет переход отраслей к высокотехнологичным и наукоемким секторам, обеспечивая структурное обновление экономики. Более того, технологические инновации снижают зависимость от традиционной рабочей силы, способствуя переходу от низкоценовой к высокоценовой цепочке создания стоимости [47]. В условиях стареющего общества технологии позволяют компаниям разрабатывать специальные продукты и услуги для пожилых людей, такие как «умные носимые» устройства для здоровья, системы телемедицины и интеллектуальные домашние помощники. Эти технологические достижения не только расширяют возможности потребления среди пожилого населения, но и стимулируют диверсификацию спроса, что становится важным двигателем роста сектора услуг [20]. По мере углубления старения населения компании продолжают разрабатывать адаптированные для пожилых людей продукты и услуги, ускоряя развитие «серебряной экономики». Это, в свою очередь, способствует разнообразию и сервисной трансформации отраслевой структуры. С теоретической точки зрения некоторые исследователи отмечают, что на ранних стадиях старения населения изменение возрастной структуры рабочей силы и снижение инновационного потенциала могут негативно сказываться на технологическом прогрессе [48, 49]. Однако по мере усиления процесса старения предприятия интенсифицируют технологические инновации для компенсации нехватки рабочей силы, что, в свою очередь, ускоряет развитие высокотехнологичных отраслей. Исследование Дэн Сяна и др. (2018), основанное на модели эндогенных технологических изменений, показало, что при стабильной численности населения положительное влияние старения населения на технологический прогресс становится все более выраженным, что дополнительно подтверждает стимулирующую роль старения в модернизации отраслевой структуры [50]. С накоплением физического и человеческого капитала технологические инновации становятся более зрелыми. Это не только снижает зависимость от традиционной рабочей силы, но и способствует переходу экономики на более высокие уровни цепочки создания стоимости.

Исходя из вышеизложенного формулируется пятая гипотеза.

H5: старение населения влияет на модернизацию отраслевой структуры через технологические инновации.

Эффект структуры потребления

В условиях современной тенденции «старение населения и снижение рождаемости» характер потребления, структура потребления и потребительские привычки различных возрастных групп значительно различаются. Изменения в возрастной структуре населения неиз-

бежно вызывают изменения в потребительском спросе, формируя новые рыночные потребности, что оказывает значительное влияние на развитие сопутствующих отраслей.

Во-первых, с ростом доли пожилого населения общий объем потребления в обществе увеличивается. Этот рост снижает совокупный объем капитала в экономике. В условиях значительного разрыва в доходности капитала между тремя секторами экономики Китая капитал ускоренно перераспределяется во вторичный и третичный сектора, увеличивая их долю в ВВП, способствуя модернизации и оптимизации отраслевой структуры [51]. Кроме того, в соответствии с гипотезой жизненного цикла, рост доли пожилого населения значительно повышает общий уровень потребления, одновременно снижая уровень сбережений домохозяйств и совокупный объем накопленного капитала [52]. Это изменение приводит к увеличению стоимости капитала, что, в свою очередь, повышает издержки для капиталоемких отраслей, вынуждая их перестраивать производственные процессы. В ответ на это компании склонны внедрять технологические инновации, ориентированные на повышение квалификации персонала, что оптимизирует распределение факторов производства, повышает производительность труда и помогает переходу экономики от экстенсивной к интенсивной модели развития, обеспечивая глубинную модернизацию отраслей [36]. Во-вторых, старение населения содействует модернизации отраслевой структуры за счет изменений в уровнях потребительского спроса. С возрастом физиологические функции человека ухудшаются, что вызывает значительное увеличение спроса на медицинское обслуживание, уход за пожилыми и сопутствующие услуги. Эти потребности имеют жесткий (неэластичный) характер. Согласно данным Фонда ООН в области народонаселения (UNFPA, 2017), в условиях глобального старения населения спрос на медицинские услуги и связанные с ними отрасли стремительно растет. Таким образом, тенденция старения населения ускоряет развитие третичного сектора, особенно сферы здравоохранения и социальных услуг, что способствует структурному сдвигу экономики в сторону преобладания сектора услуг. Кроме того, по мере увеличения доли пожилого населения их потребности в качестве продукции и услуг возрастают. Их потребительские предпочтения трансформируются от основного уровня выживания к комфортному уровню жизни, ориентированному на качество и впечатления. Для удовлетворения этого растущего потребительского спроса предприятия вынуждены интенсифицировать инвестиции в исследования и разработки, оптимизировать производственные процессы и ускорять технологические инновации, что в конечном итоге стимулирует модернизацию отраслевой структуры. Наконец, старение населения способствует оптимизации отраслевого баланса между городами и сельскими районами, что приводит к координированному развитию отраслевой структуры. Дуализм экономики Китая порождает значительные различия в отраслевой структуре городских и сельских районов. Однако с углублением процесса старения потребительский спрос пожилых людей в сельской местности постепенно увеличивается, что открывает новые возможности для расширения рынка товаров и услуг в сельских районах.

На основе вышеизложенного выдвигается шестая гипотеза.

Н6: старение населения влияет на модернизацию отраслевой структуры через структуру потребления.

Эффект государственных расходов на социальное обеспечение

В условиях углубляющегося старения населения роль государства в социально-экономическом развитии становится все более значимой. Рост численности пожилого населения приводит к сокращению рабочей силы, а традиционная функция семьи по обеспечению пожилых людей ослабевает. В результате система социального обеспечения становится основным источником экономической поддержки для пожилого населения [53]. В ответ на этот вызов государство увеличивает объем финансирования социальной защиты и пенсионных программ, компенсируя отсутствие возможности самостоятельного ухода за пожилыми

людьми. Развитие финансового сектора также способствует инновациям и распространению пенсионных финансовых инструментов, что делает их важным элементом системы социального обеспечения [54]. Повышение уровня социальной защиты не только снижает финансовую нагрузку на пожилых людей, но и усиливает потребительскую способность населения в целом, стимулирует рост спроса на услуги и, как следствие, стимулируя структурную трансформацию экономики в пользу третичного сектора [55]. Кроме того, пожилые люди подвержены более высокому риску заболеваний, что делает увеличение бюджетных расходов на здравоохранение неизбежным следствием старения населения [56]. Рост государственных инвестиций в медицинский сектор улучшает условия здравоохранения и делает более доступными медицинские услуги, что повышает общий уровень здоровья населения и качество жизни. С потребительской точки зрения улучшение системы здравоохранения способствует повышению покупательной возможности населения, расширяя потребительский спрос. Это, в свою очередь, ускоряет развитие третичного сектора экономики, особенно в области здравоохранения и сопутствующих отраслей, содействуя переходу структуры экономики от производственной модели к модели, ориентированной на потребление [57]. Однако увеличение расходов на социальное обеспечение и здравоохранение также может привести к потенциальным негативным последствиям. Чрезмерное финансирование социальной сферы может сократить бюджетные ассигнования на другие важные направления, особенно образование и научно-исследовательские разработки (НИОКР). Перераспределение государственных ресурсов может замедлить накопление человеческого капитала и снизить технологический инновационный потенциал, что в свою очередь ограничивает возможности модернизации отраслевой структуры [58]. Во-первых, сокращение инвестиций в образование замедляет процессы повышения квалификации работников, что ограничивает развитие наукоемких отраслей. Во-вторых, недостаточное финансирование НИОКР может ослабить способность экономики к инновациям, что в долгосрочной перспективе может замедлить процесс оптимизации отраслевой структуры [59].

Исходя из вышеизложенного формулируется последняя гипотеза.

H7: старение населения влияет на модернизацию отраслевой структуры через государственные расходы на социальное обеспечение.

3. Исследовательский дизайн

Построение модели

Для изучения воздействия старения населения на модернизацию отраслевой структуры Китая были использованы исследования, которые провели Сун Фэнхуа и Нье Жуй (2022) [5], Цзэн Яо (2022) [9], Ван Хун (2023) [60], Лян Янан и Чжан Чэн (2022) [6] и другие авторы. На основе их работ была построена регрессионная модель (1), использующая фиксированные эффекты региона и времени для оценки

$$Structure_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 AGE_{it} + CV + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it}. \quad (1)$$

В вышеуказанной модели модернизация отраслевой структуры (Structure) является зависимой переменной, старение населения (AGE) – независимой переменной, а CV – переменными контроля, которые включают уровень урбанизации (UR), уровень экономического развития (GDP), степень торговой открытости (OPEN), прямые иностранные инвестиции (FDI), степень государственного вмешательства (GOV). Индексы переменных i, t указывают на регион и год соответственно. Здесь α_0 – это константа, α_1 – коэффициент регрессии, который необходимо оценить, а ε_{it} – случайная ошибка. Для контроля двойных фиксированных эффектов по годам и регионам добавлены эффекты года v_t и эффекты региона μ_i .

Для проверки конкретного механизма воздействия старения населения на модернизацию отраслевой структуры в данной работе была построена медиаторная модель, представленная ниже:

$$CS_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 AGE_{it} + CV + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it}; \quad (2)$$

$$Education_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 AGE_{it} + CV + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it}; \quad (3)$$

$$Innovation_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 AGE_{it} + \alpha_2 AGE_{it}^2 + CV + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it}; \quad (4)$$

$$LP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 AGE_{it} + CV + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it}; \quad (5)$$

$$SSE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 AGE_{it} + CV + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it}. \quad (6)$$

В вышеуказанной модели для построения медиаторных эффектов были использованы следующие медиаторные переменные: структура потребления (CS) (2), человеческий капитал ($Education$) (3), технологические инновации ($Innovation$) (4), производительность труда (LP) (5) и расходы на социальное обеспечение (SSE) (6). Кроме того, для проверки роли цифровой экономики в процессе старения населения и модернизации отраслевой структуры вводится зависимость между уровнем цифровой экономики и уровнем старения, что позволяет построить следующую модель модерации (7):

$$Structure_{it} = \beta_0 + \beta_1 AGE_{it} + \beta_2 DIGI_{it} + \beta_3 AGE_{it} \times DIGI_{it} + \beta_4 CV + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it}, \quad (7)$$

где AGE – доля пожилого населения; $Structure$ – отраслевую структуру; $DIGI$ – цифровую экономику; CV представляет контрольные переменные.

Выбор переменных

Зависимая переменная: модернизация отраслевой структуры ($Structure$)

Модернизация отраслевой структуры – процесс, имеющий различные стадии. Существующие исследования часто задействуют такие показатели, как доля третьего сектора или соотношение второго и третьего секторов для ее измерения, что является несколько односторонним. Для более полного отражения сути модернизации отраслевой структуры в данной работе применена методология, предложенная Хэ Сюнланом и Ши Шидзяо [61]: «структура валовой продукции отраслей», «структура занятости по отраслям» и «рационализация отраслевой структуры». На основе этих показателей рассчитывается интегральный индекс с использованием метода энтропии для измерения модернизации отраслевой структуры.

Объясняющая переменная: доля пожилого населения (AGE)

Уровень старения измеряется через коэффициент старости, который представляет собой отношение числа людей старше 65 лет к числу людей трудоспособного возраста (15–65 лет). Рост этого коэффициента указывает на усиление тенденции старения населения. Поскольку данные о старении имеют пробелы, для их обработки используется линейная интерполяция на основе данных Шестой (2010) и Седьмой (2020) всекитайской переписи населения, как это предложено Чэнь Ихуэй и др. (2023) [62].

Промежуточная переменная: структура потребления (CS)

Модернизация структуры потребления – это процесс перехода от более низких стандартов потребления к более высоким, когда спрос на основные товары трансформируется с низкокачественных на более качественные. Это также является процессом оптимизации структуры потребления. Государственное статистическое бюро КНР выделяет восемь категорий потребления: пищевые продукты, табак и алкоголь, одежда, жилье, товары и услуги для дома, транспорт и связь, образование, культура и развлечения, медицинские услуги, а также прочие товары и услуги. Изменения в доле каждой категории потребления в общем объеме часто используются для измерения модернизации структуры потребления. Наиболее распространенным показателем модернизации структуры потребления является снижение доли расходов на товары массового спроса или повышение доли расходов на индивидуализированные товары. В данной работе мо-

дернизация структуры потребления рассматривается как результат комплексного воздействия различных уровней потребительских расходов. Простое использование доли расходов на низкокачественные или высококачественные товары не может отразить этот комплексный эффект. Поэтому потребительские расходы разделяются на три уровня: базовое потребление, среднее потребление и высококачественное потребление. Далее на основе метода измерения, который предложили Ван Пин и Ван Цинмей [63], для разных уровней потребления назначаются разные веса, что позволяет вычислить уровень модернизации структуры потребления как в городах, так и в сельской местности, после чего общий индекс модернизации структуры потребления (8) рассчитывается с учетом соотношения населения в городах и сельской местности:

$$Upgrade_t = \sum_{i=1}^2 \frac{P_{it}}{P_t} \left(\frac{Jun_{it}}{C_{it}} + \frac{Int_{it}}{C_{it}} \times 2 + \frac{Sen_{it}}{C_{it}} \times 3 \right), \quad (8)$$

где Jun_{it} , Int_{it} и Sen_{it} – соответственно первичное потребление, среднее потребление и высококачественное потребление (вес первичного потребления составляет 1/6, среднего – 2/6, а высококачественного – 3/6); C_{it} и P_{it} – соответственно общий объем потребления и общая численность населения в сельской местности или в городах на момент времени t ; P_{it} – сумма населения в сельской местности и городах на момент времени t ; индекс i используется для различения городов и сельских районов; $Upgrade_t$ – индекс модернизации структуры потребления: чем больше значение, тем больше доля высококачественного потребления и меньше доля первичного потребления (этот индекс является положительным, и его увеличение указывает на более выраженную модернизацию структуры потребления).

Человеческий капитал (*Education*) измеряется через долю студентов в высших учебных заведениях в общей численности населения в каждой провинции, что основано на теории человеческого капитала, подчеркивающей важность образования для повышения навыков работников, их производительности и инновационных способностей. Доля студентов в вузах отражает степень распространения образовательных ресурсов в регионе и их потенциал для повышения качества рабочей силы.

Технические инновации (*Innovation*) основаны на теории инновационной экономики, которая рассматривает результаты технологических достижений и их рыночную ценность. В данной работе используются такие показатели, как количество заявок на патенты и число выданных патентов. Количество заявок на патенты отражает активность инновационной деятельности и потенциал инновационных способностей, в то время как количество выданных патентов указывает на качество инноваций и признание их рыночной ценности с юридической точки зрения.

Производительность труда (*LP*) измеряется через показатель «ВВП/занятость», что основано на теории производственной функции, где ВВП рассматривается как совокупный выход труда, капитала и других факторов производства. Производительность труда напрямую отражает эффективность экономического выхода на единицу труда и служит одним из важных индикаторов для оценки экономической конкурентоспособности региона или страны.

Расходы на социальную поддержку (*SSE*) измеряются через их долю в ВВП и остаются важным инструментом, предоставляемым правительством для обеспечения социально значимых услуг, поддержания социальной стабильности и содействия устойчивому экономическому развитию. Доля этих расходов в ВВП позволяет наглядно увидеть вес социальных гарантий в экономической системе и выявить уровень инвестиций ресурсов в обеспечение базовых жизненных нужд и содействие социальной справедливости в разных регионах.

Модераторная переменная: цифровая экономика

В настоящем исследовании применена методика, которую предложили Шао Инин и др. [64], У Цзяньхуэй и Го Юнсинь [65], Пань Кай и Чжан Синсин [66] и Лю Цзюнь и др. [67]. Для построения системы индикаторов цифровой экономики взяты три аспекта: цифровая инфраструктура, цифровая индустриализация и цифровизация отраслей. Цифровая

инфраструктура включает в себя такие показатели, как уровень доступа к широкополосному интернету, распространенность широкополосного интернета, размер мобильных телефонных сетей, длина оптоволоконных кабелей, количество веб-страниц и доменов. Цифровая индустриализация включает в себя такие показатели, как объем телекоммуникационных услуг на душу населения, уровень распространенности мобильных телефонов, количество юридических лиц в области информационных технологий, доля работников в сфере информационных технологий, количество заявок на внутренние патенты и количество принятых заявок на внутренние патенты. Цифровизация отраслей включает в себя такие показатели, как индекс цифровой финансовой доступности Пекинского университета, доля предприятий с деятельностью в электронной коммерции, объем продаж в электронной коммерции, количество сайтов на 100 предприятий, добавленная стоимость в секторах промышленности и услуг, инвестиции в научно-технические инновации и объем услуг по доставке. Данные для этих показателей можно получить из «Китайского статистического ежегодника». Для оценки уровня развития цифровых финансов используется индекс цифровых финансовых услуг, который был разработан Пекинским университетом и группой Ant Financial [68]. Как показано в табл. 1, система состоит из трех основных и 19 вторичных индикаторов.

Таблица 1. Система показателей оценки уровня развития цифровой экономики
Table 1. System of indicators for assessing the level of digital economy development

Основные показатели Key indicators	Вторичные показатели Secondary indicators	Конкретные определения показателей Specific definitions of indicators	Атрибут показателя Properties of the indicator	Вес Weight
Цифровая инфраструктура Digital infrastructure	Уровень доступности подключения к широкополосной сети интернет Internet broadband connection level	Число портов подключения к широкополосной сети интернет/численность постоянного населения региона Number of broadband internet connection ports/number of permanent population in the region	+	0,0193
	Процентное распространение широкополосного интернета Broadband internet penetration percentage	Число пользователей, подключенных к широкополосной сети интернет/численность постоянного населения региона Number of broadband internet users/number of permanent population of the region	+	0,0186
	Масштаб мобильных телефонных объектов Scale of mobile phone objects	Вместимость мобильных телефонных коммутаторов Capacity of mobile telephone exchanges	+	0,0235
	Длина магистральных оптоволоконных линий Length of trunk fiber optic lines	Длина магистральных оптоволоконных линий Length of trunk fiber optic lines	+	0,0197
	Количество веб-страниц Number of web pages	Прямые данные/Direct data	+	0,1261
	Количество доменных имен Number of domain names	Прямые данные/Direct data	+	0,0776
Цифровая индустриализация Digital industrialization	Среднее количество телекоммуникационных услуг на душу населения Average number of telecommunication services per capita	Общее количество телекоммуникационных услуг/численность постоянного населения региона Total number of telecommunication services/number of permanent population of the region	+	0,0711

	Процентное распространение мобильных телефонов Mobile phone penetration percentage	Прямые данные/Direct data	+	0,0126
	Количество юридических лиц в сфере информационной передачи, программного обеспечения и информационно-технологических услуг Number of legal entities in the field of information transmission, software and information technology services	Прямые данные/Direct data	+	0,0665
	Доля занятых в информационно-программной отрасли Share of employment in the information technology industry	Число занятых в городских единицах в сфере передачи информации, программного обеспечения и информационно-технологических услуг/ количество занятых в городских единицах Number of people employed in city units in the field of information transmission, software and information technology services/number of people employed in city units	+	0,0505
	Количество разрешенных заявок на патенты в стране Number of patent applications granted in a country	Прямые данные/Direct data	+	0,0811
	Количество поданных заявок на патенты в стране Number of patent applications filed in the country	Прямые данные/Direct data	+	0,0718
Цифровизация промышленности Industry digitalization	Индекс цифрового инклюзивного финансового развития Пекинского университета Peking University digital inclusive financial development index	Прямые данные/Direct data	+	0,0137
	Доля предприятий с электронными торговыми операциями Share of enterprises with electronic trading operations	Прямые данные/Direct data	+	0,0189
	Объем продаж через интернет E-commerce sales volume	Прямые данные/Direct data	+	0,0837
	Количество сайтов на 100 предприятий Number of sites per 100 enterprises	Прямые данные/Direct data	+	0,0068
	Добавленная стоимость в секторе вторичной и третичной промышленности Added value in the secondary and tertiary industry sector	Добавленная стоимость второго и третьего сектора промышленности Added value of the second and third sector of industry	+	0,0383
	Вложения в научные исследования и технологические инновации Investments in scientific research and technological innovation	Финансирование НИОКР в крупных промышленных предприятиях Financing R&D in large industrial enterprises	+	0,0694
	Объем почтовых и экспресс-услуг Volume of postal and express services	Прямые данные/Direct data	+	0,1306

Источник: составлено автором.

Source: compiled by the authors.

Для определения веса данных в данной работе используется матрица (9) с оригинальными данными $R = X_{ij}$, где i – это количество наблюдений (от 1 до m), а j – количество индикаторов (от 1 до n). Если значение показателя для объекта сильно варьируется среди данных от 1 до m , то энтропийный показатель будет маленьким, но вес показателя будет большим. Если данные имеют экстремальные значения (например, остаются неизменными), то вес такого показателя будет равен нулю и этот показатель не будет использоваться для вычисления веса.

$$R = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix}. \quad (9)$$

По горизонтали представлены показатели от 1 до n , по вертикали – образцы от 1 до m , выражающие значения n показателей для m образцов. Поскольку многие данные имеют различные единицы измерения, которые могут повлиять на результаты, необходимо выполнить нормализацию данных. Некоторые данные являются положительными показателями, другие – отрицательными, поэтому для обеспечения единообразия показателей применяется формула

$$P_{ij} = \frac{R_{ij} - \min_{1 \leq i \leq m}(R_{ij})}{\max_{1 \leq i \leq m}(R_{ij}) - \min_{1 \leq i \leq m}(R_{ij})}, j = 1, 2, \dots, n,$$

где R_{ij} представляет собой конкретное значение; j – j -й показатель; i – i -й образец; m – количество образцов; n – количество показателей.

Вычисление веса показателей производится по формуле

$$r_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^m P_{ij}}, j = 1, 2, 3, \dots, n.$$

Энтропия для каждого показателя e_j вычисляется следующим образом:

$$e_j = -c \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij},$$

где $c > 0$; $\ln$ – натуральный логарифм данных; $e_j \geq 0$.

$$c = 1/\ln(m),$$

где m – это количество выборок в данной работе; e находится в интервале от 0 до 1.

Для каждого показателя вычисляется его энтропийный вес:

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)}.$$

После выполнения вышеуказанных шагов фиксируем результаты весов, которые используются для расчета интегрального показателя.

Полученные с помощью метода энтропии веса показателей представлены в табл. 1, где вес показателей, таких как объем доставки и количество веб-страниц, является наивысшим, в то время как вес показателя «число сайтов на каждые сто предприятий» – наименьшим. После того как веса каждого показателя, рассчитанные с помощью метода энтропии, умножаются на нормализованные данные, фиксируется общая оценка развития цифровой экономики, а затем проводится ранжирование с использованием последних данных за 2023 г. (табл. 2).

Такие экономически развитые города, как Гуандун, Пекин и Чжэцзян, занимают первые три места, в то время как Цинхай и Тибет – самые низкие позиции.

Таблица 2. Основные характеристики развития цифровой экономики Китая
Table 2. Key characteristics of digital economy development in China

Провинции и города Provinces and cities	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Рейтинг Rating
Гуандун Guangdong	0,15	0,2	0,24	0,26	0,3	0,35	0,39	0,51	0,58	0,65	0,67	0,7	0,75	1
Пекин Beijing	0,14	0,16	0,19	0,23	0,3	0,31	0,34	0,39	0,44	0,46	0,44	0,48	0,49	2
Чжэцзян Zhejiang	0,12	0,17	0,17	0,18	0,23	0,27	0,29	0,33	0,38	0,44	0,43	0,45	0,48	3
Цзянсу Jiangsu	0,14	0,18	0,19	0,2	0,23	0,25	0,28	0,33	0,38	0,44	0,43	0,45	0,46	4
Шандун Shandong	0,08	0,1	0,15	0,15	0,16	0,18	0,2	0,23	0,25	0,29	0,31	0,33	0,36	5
Шанхай Shanghai	0,08	0,1	0,12	0,14	0,17	0,19	0,2	0,23	0,26	0,29	0,27	0,29	0,32	6
Фуцзянь Fujian	0,06	0,07	0,08	0,09	0,12	0,16	0,21	0,23	0,25	0,25	0,23	0,24	0,24	7
Хэнань Henan	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1	0,11	0,13	0,18	0,21	0,24	0,21	0,21	0,23	8
Сычуань Sichuan	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13	0,14	0,17	0,21	0,23	0,2	0,22	0,23	9
Хубэй Hubei	0,04	0,05	0,06	0,07	0,1	0,11	0,12	0,14	0,18	0,2	0,18	0,2	0,22	10
Аньхой Anhui	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,12	0,15	0,18	0,2	0,18	0,19	0,21	11
Хэбэй Hebei	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,1	0,12	0,15	0,17	0,2	0,18	0,19	0,2	12
Хунань Hunan	0,04	0,05	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,13	0,16	0,18	0,15	0,16	0,18	13
Шэньси Shaanxi	0,04	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,1	0,12	0,15	0,17	0,13	0,14	0,15	14
Чунцин Chongqing	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,12	0,14	0,16	0,13	0,14	0,15	15
Цзянси Jiangxi	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,11	0,14	0,16	0,13	0,14	0,15	16
Ляонин Liaoning	0,05	0,06	0,07	0,07	0,09	0,09	0,1	0,12	0,14	0,16	0,13	0,14	0,14	17
Тяньцзинь Tianjin	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,12	0,14	0,16	0,13	0,13	0,13	18
Гуанси- Чжуанский ав- тономный район Guangxi Zhuang Autonomous Region	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,08	0,1	0,13	0,15	0,11	0,12	0,13	19
Шаньси Shanxi	0,03	0,03	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,1	0,12	0,14	0,11	0,11	0,12	20
Юньнань Yunnan	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1	0,13	0,15	0,1	0,11	0,12	21
Гуйчжоу Guizhou	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,07	0,09	0,13	0,15	0,1	0,1	0,11	22
Внутренняя Монголия Inner Mongolia	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1	0,12	0,13	0,09	0,1	0,11	23

Хэйлунцзян Heilongjiang	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12	0,09	0,09	0,1	24
Синьцзян- Уйгурский ав- тономный район Xinjiang Uyghur Autonomous Region	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,08	0,1	0,13	0,08	0,09	0,1	25
Хайнань Hainan	0,02	0,02	0,03	0,04	0,06	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13	0,09	0,09	0,1	26
Цзилинь Jilin	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,09	0,1	0,12	0,08	0,08	0,09	27
Ганьсу Gansu	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1	0,12	0,08	0,08	0,09	28
Нинся-Хуэйский автономный район Ningxia Hui Auto- nomous Region	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,07	0,07	0,08	29
Цинхай Qinghai	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,11	0,12	0,07	0,07	0,08	30
Тибетский авто- номный район Tibet Autonomous Region	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,09	0,11	0,07	0,07	0,08	31

Источник: составлено автором.

Source: compiled by the authors.

Контрольные переменные

В соответствии с исследованиями, которые провели Вэй Цзяхуэй и др. (2021) [69], Ма Хунмэй и др. (2021) [70], а также Сяо Чжоюань и Чжан Яфэй (2024) [71], в качестве контрольных переменных в данной работе выбраны: урбанизация, уровень экономического развития, степень торговой открытости, интенсивность иностранных прямых инвестиций и уровень государственного вмешательства. Уровень урбанизации (*UR*) определяется как отношение городского населения к общему числу населения. Уровень экономического развития (*GDP*) вычисляется через логарифм валового внутреннего продукта. Степень торговой открытости (*OPEN*) определяется как доля общего объема внешней торговли в ВВП. Интенсивность иностранных прямых инвестиций (*FDI*) измеряется как доля иностранных прямых инвестиций в ВВП. Уровень государственных расходов (*GOV*) оценивается как доля государственных доходов в ВВП.

Источник данных

В исследовании рассматривается 31 провинция (или административный регион Китая) за период с 2011 по 2023 год (за исключением Гонконга, Макао и Тайваня). Данные взяты из таких источников, как «Китайский статистический ежегодник», «Китайский ежегодник труда», «Китайский ежегодник региональной экономики», «Китайский ежегодник статистики населения» и др. Для отсутствующих данных используется метод интерполяции. Для уменьшения проблемы гетероскедастичности в модели соответствующие переменные подвергнуты логарифмическому преобразованию. В табл. 3 отражена дескриптивная статистика всех переменных.

Таблица 3. Дескриптивная статистика**Table 3. Descriptive statistics**

Переменная Variable	Наблюдения Observations	Среднее отклонение Average deviation	Стандартное отклонение Standard deviation	Минимум Minimum	Максимум Maximum
STR	403	0,2094	0,1005	0,0947	0,6556
AGE	403	0,1581	0,049	0,067	0,306
CS	403	0,6563	0,1803	0,1806	1,1756
Edu	403	9,2086	1,1233	4,22	12,78
Inno	403	10,7495	1,5555	5,1358	13,809
LP	403	11,476	6,1135	2,3884	38,7606
SSE	403	0,1376	0,0386	0,0548	0,2997
DIFI	403	0,1344	0,1156	0,0072	0,7467
UR	403	0,5974	0,1309	0,2308	0,9118
lnGDP	403	9,8115	1,0113	6,4159	11,818
OPEN	403	0,2659	0,2813	0,0076	1,5083
FDI	403	1,2222	7,2012	0,0496	88,7123
GOV	403	0,2889	0,2044	0,105	1,3538

Для обеспечения обоснованности выбора контрольных переменных, а также для предотвращения многоколлинеарности линейности переменных в табл. 4 приведены результаты ее проверки для каждой переменной, которые показывают, что максимальное значение VIF составляет 3,7700, а среднее значение VIF (MeanVIF) равно 2,8100, что указывает на отсутствие проблемы многоколлинеарности линейности в модели.

Таблица 4. Проверка VIF модели**Table 4. VIF test of the model**

Переменная/Variable	VIF	1/VIF
lnGDP	3,77	0,2654
UR	3,68	0,2715
OPEN	3,19	0,3133
GOV	3,03	0,33
AGE	2,18	0,4578
FDI	1,03	0,9749
Среднее значение VIF/Average VIF value	2,81	–

Эмпирические результаты и анализ

Результаты и анализ базовой оценки

В данной статье используется модель фиксированных эффектов панелей для эмпирического анализа. Результаты базовой регрессии представлены в табл. 5, из которой можно четко увидеть следующие результаты. На первом этапе старение населения оказывает значительное положительное влияние на модернизацию структуры отраслей. С каждым увеличением уровня старения на 1 % уровень модернизации структуры отраслей в среднем увеличивается на 1,4601 единицы, что является значимым на уровне 1 %. На втором этапе старение населения оказывает значительное отрицательное влияние на модернизацию структуры отраслей. С каждым увеличением уровня старения на 1 % уровень модернизации структуры отраслей в среднем снижается на 2,9069 единицы, что также является значимым на уровне 1 %. Эти результаты further подтверждают эффект «сначала стимулирование, затем подавление», что свидетельствует о U-образном эффекте. Старение населения, стимулируя модернизацию структуры потребления и технические инновации, может эффективно способствовать развитию сектора

услуг и капиталоемких отраслей, что приводит к улучшению и повышению уровня рационализации и усовершенствования структуры отраслей. Однако с дальнейшим углублением старения сокращение трудовых ресурсов и увеличение нагрузки на социальное обеспечение создают эффект вытеснения для накопления капитала и технических инноваций. В то же время изменения в структуре потребления могут перестать поддерживать развитие высокодоходных отраслей, что препятствует оптимизации структуры отраслей. Это подтверждает гипотезу H1.

Таблица 5. Результаты базовой регрессии
Table 5. Results of the baseline regression

Переменная/Variable	(1)	(2)
	STR	STR
AGE	2,6224***	1,4601***
	-10,5906	-4,816
AGE2	-5,1923***	-2,9069***
	(-7,6777)	(-3,9802)
UR	—	-0,2543***
	—	(-3,2981)
lnGDP	—	0,0925***
	—	-6,3864
OPEN	—	-0,0029
	—	(-0,1487)
FDI	—	0,0002
	—	-0,8987
GOV	—	0,2548***
	—	-5,0588
Константа/Constant	-0,0630***	-0,7706***
	(-2,9764)	(-6,9562)
Региональный эффект/Regional effect	Контроль/Control	Контроль/Control
Число наблюдений/Observations	403	403
Коэффициент детерминации/R-squared	0,5086	0,5842
Количество объектов наблюдения/Number of id	31	31
F	191,4690***	73,2749***

Примечание. *, **, *** – значимость на уровне 10, 5 и 1 % соответственно; значения в скобках – t-статистика.

Note. *, **, *** indicate statistical significance at 10, 5, and 1% levels, respectively; t-values are reported in parentheses.

Источник: составлено автором.

Source: compiled by the authors.

Тестирование регулирующего эффекта цифровой экономики

Как показано в табл. 6, цифровая экономика, являясь важной регулирующей переменной, и демонстрирует, что взаимодействие старения и цифровой экономики на уровне статистической значимости 1 % сначала оказывает положительное влияние. Таким образом, цифровая экономика эффективно способствует положительному воздействию старения на оптимизацию структуры экономики, играя роль положительного регулятора. Это означает, что развитие цифровой экономики, повышая уровень технологических инноваций, оптимизируя распределение ресурсов и способствуя цифровой трансформации отраслей, может в полной мере раскрыть потребительский потенциал и потребности в услугах в стареющем обществе, ускоряя тем самым обновление структуры промышленности в сторону высококачественной и технологически насыщенной продукции. Затем взаимодействие старения и цифровой экономики на уровне статистической значимости 1 % становится отрицательным, что свидетельствует о том, что цифровая экономика может эффективно ослабить отрицательное воздействие старения на оптимизацию структуры промышленности, играя роль отрицательного регулятора. Это означает, что развитие цифровой экономики предоставляет технологиче-

скую альтернативу для решения проблемы нехватки рабочей силы, снижая зависимость от труда, повышая производительность и эффективность использования ресурсов, а также предотвращая чрезмерные утраты капитала и снижение производительности, вызванные старением. Кроме того, что касается контрольных переменных, то уровень экономического роста, степень открытости торговли, государственные расходы и прямые иностранные инвестиции имеют положительное и значимое влияние на структуру промышленности. А это означает, что в регионах с лучшими показателями экономического развития, более высокой открытостью торговли, более активным вмешательством государства и большим количеством иностранных инвестиций процесс обновления структуры промышленности (экономики в целом) более благоприятен. Регионы с высоким уровнем экономического развития могут обеспечить более сильную рыночную потребность и поддержку ресурсов для промышленного обновления. Повышение открытости торговли способствует внедрению передовых технологий и знаний, что оптимизирует отрасли. Увеличение государственных расходов в определенной степени стимулирует строительство инфраструктуры и улучшение социального обеспечения. Прямые иностранные инвестиции, в свою очередь, через передачу передовых технологий и управленческого опыта напрямую способствуют обновлению местной структуры промышленности. Это подтверждает гипотезу H2 (табл. 6).

Таблица 6. Анализ регулирующего эффекта
Table 6. Moderating effect analysis

Переменная/Variable	(1)	(2)
	STR	STR
AGE	1,7951***	1,5215***
	-6,582	-5,3621
AGE2	-3,9096***	-3,3912***
	(-5,4932)	(-4,7239)
DIFI	0,2845***	0,2733***
	-9,6647	-6,6277
DIFI*AGE	0,0613***	0,0708***
	-5,2662	-5,847
DIFI*AGE2	-0,0563***	-0,0654***
	(-5,1727)	(-5,8813)
UR	—	-0,0493
	—	(-0,6625)
lnGDP	—	0,0309**
	—	-2,0419
OPEN	—	0,0503***
	—	-2,6692
FDI	—	0,0006***
	—	-2,9466
GOV	—	0,1324***
	—	-2,8771
Константа/Constant	-0,008	-0,3042**
	(-0,3546)	(-2,5608)
Региональный эффект/Regional effect	Контроль/Control	Контроль/Control
Число наблюдений/Observations	403	403
Коэффициент детерминации/R-squared	0,6667	0,6928
Количество объектов наблюдения/Number of id	31	31
F	146,8454***	81,6482***

Примечание. *, **, *** – значимость на уровне 10, 5 и 1 % соответственно; значения в скобках – t-статистика.

Note. *, **, *** indicate statistical significance at 10, 5, and 1% levels, respectively; t-values are reported in parentheses.

Источник: составлено автором.

Source: compiled by the authors.

Анализ влияния старения населения на трансформацию и обновление структуры промышленности

В соответствии с теоретическим анализом структура потребления, человеческий капитал, технические инновации, производительность труда и социальные расходы являются важными механизмами воздействия старения населения на обновление структуры промышленности Китая. В табл. 7 представлены результаты проверки посреднического эффекта для структуры потребления, человеческого капитала, технических инноваций, производительности труда и социальных расходов.

Таблица 7. Анализ механизмов
Table 7. Mechanism analysis

Переменная/Variable	CS	Edu	Inno	LP	SSE
AGE	1,4869***	1,9742***	11,9888***	35,1076***	0,4504***
	-4,59	-4,5765	-4,7734	-13,6982	-13,2762
AGE2	-3,1321***	-	-35,2056***	-	-
	(-4,0136)	-	(-5,8187)	-	-
UR	0,5110***	-0,8547*	2,7096***	-33,3536***	0,0974**
	-6,2018	(-1,7865)	-4,2418	(-11,7337)	-2,5887
lnGDP	0,1523***	0,7438***	1,3039***	11,5735***	-0,0095
	-9,8413	-8,4149	-10,8669	-22,0368	(-1,3674)
OPEN	-0,1122***	-0,2221*	-0,1632	-2,3319***	-0,0138
	(-5,3458)	(-1,8577)	(-1,0033)	(-3,2831)	(-1,4727)
FDI	-0,0004	0,0021	0,0081***	-0,0243***	0
	(-1,5336)	-1,4962	-4,3198	(-2,8907)	(-0,4411)
GOV	0,2288***	-1,2261***	0,8679**	-4,4392**	-0,0558**
	-4,2499	(-3,9311)	-2,0796	(-2,3956)	(-2,2753)
Константа/Constant	-1,3284***	2,5195***	-4,8109***	-85,7710***	0,1213**
	(-11,2225)	-3,6564	(-5,2422)	(-20,9505)	-2,2379
Региональный эффект Regional effect	Контроль Control	Контроль Control	Контроль Control	Контроль Control	Контроль Control
Число наблюдений/Observations	403	403	403	403	403
Коэффициент детерминации R-squared	0,8985	0,7361	0,8549	0,9209	0,6681
Количество объектов наблюдения Number of id	31	31	31	31	31
F	461,7462***	170,1760***	307,1263***	709,8647***	122,7814***

Примечание. *, **, *** – значимость на уровне 10, 5 и 1 % соответственно; значения в скобках – t-статистика.

Note. *, **, *** indicate statistical significance at 10, 5, and 1% levels, respectively; t-values are reported in parentheses.

Источник: составлено автором.

Source: compiled by the authors.

Результаты (табл. 7) показывают, что на первом этапе увеличение старения населения оказывает положительное влияние на модернизацию структуры промышленности через такие факторы, как потребительская структура, человеческий капитал, технологические инновации, производительность труда и расходы на социальное обеспечение. Это влияние статистически значимо на уровне 1 %. На втором этапе результаты показывают, что старение населения через потребительскую структуру и технологические инновации сдерживает отрицательное влияние на структуру промышленности, и это также имеет статистическую значимость на уровне 1 %. На ранней стадии старения населения рост доли пожилых людей значительно изменяет структуру потребления в обществе. С одной стороны, потребность пожилых людей в медицинских услугах, услугах по уходу за пожилыми людьми и высокока-

чественных потребительских товарах увеличивается, что способствует быстрому развитию сектора услуг, особенно в сфере третичной индустрии. С другой стороны, изменения в потребительских предпочтениях пожилых людей стимулируют повышение уровня потребления, что усиливает спрос на продукты и услуги с высокой добавленной стоимостью, тем самым способствуя трансформации промышленной структуры, и переход от трудоемкой промышленности к технологически насыщенной и ориентированной на услуги. Однако с углублением старения населения стимулирующая сила потребительской структуры ослабевает, и высокий процент потребления пожилыми людьми не в состоянии эффективно поддерживать развитие новых отраслей, что приводит к недостаточной динамике потребительских изменений и сдерживает оптимизацию структуры производства.

С развитием экономики и общества старение населения стимулировало распространение образования и профессионального обучения, что повысило уровень знаний и навыков молодежи. Это, в свою очередь, способствовало развитию отраслей с высокой добавленной стоимостью и улучшению производительности труда. Однако с увеличением численности пожилого населения снижение численности рабочей силы и слабые инновационные способности работников старшего возраста могут отрицательно повлиять на накопление человеческого капитала. Тем не менее на втором этапе старения результаты (табл. 7) не показывают значительного сдерживающего воздействия механизма человеческого капитала на модернизацию структуры промышленности.

Технологические инновации являются важным двигателем старения населения, стимулирующим модернизацию структуры промышленности. На первом этапе старение населения через эффект «обратного давления» побуждает предприятия увеличивать затраты на исследования и разработки, что способствует технологическому прогрессу для преодоления дефицита рабочей силы. Например, широкое использование автоматизации, умного производства и технологий, адаптированных для пожилых людей, предоставляет мощный импульс для трансформации и модернизации промышленности. Однако на втором этапе старение может сдерживать технологические инновации через вытеснение ресурсов для исследований и разработок, а также ослабление инновационных способностей предприятий, что ограничивает вклад инноваций в модернизацию структуры промышленности.

На раннем этапе старение населения способствует росту производительности труда. Это связано с использованием капиталоемких технологий и увеличением доли высококвалифицированных работников, что значительно повышает эффективность производства на единицу рабочей силы. Однако долгосрочные последствия старения могут ставить под угрозу производительность из-за сокращения численности работающего населения и падения эффективности труда пожилых работников. Однако этот негативный эффект не проявляется в значительных результатах на втором этапе, что указывает на то, что положительное влияние производительности труда на модернизацию структуры промышленности остается стабильным (и результаты эмпирического анализа это показали).

Расходы на социальное обеспечение оказывают значительное положительное влияние на модернизацию структуры промышленности, стимулирует повышению потребительской способности и улучшению качества жизни населения. Старение населения стимулирует государственные расходы на здравоохранение, социальное обеспечение и пенсионные услуги, что не только улучшает уровень потребления населения, но и содействует расширению внутреннего спроса, косвенно поддерживая трансформацию структуры экономики в сторону сферы услуг и высококачественных отраслей. Несмотря на то, что расходы на социальное обеспечение могут в долгосрочной перспективе сокращать бюджетные ассигнования на другие области, такие как образование и исследования, этот механизм не показал негативного влияния в эмпирическом анализе.

В совокупности это подтверждает гипотезы H3–H7.

Проверка надежности

В данной статье для более точной проверки надежности модели на основе оценки базовой регрессии применяются три метода: использование лага на один период для объясняющих переменных, исключение данных за 2020 г., затронутых пандемией, а также замена независимой переменной на долю населения старше 65 лет. Как показано в табл. 8, результаты проверки надежности, полученные с помощью этих трех методов, совпадают с результатами базовой регрессии. Это подтверждает, что аналитическая модель в настоящем исследовании обладает высокой надежностью.

Таблица 8. Проверка надежности
Table 8. Robustness check

	Отставание на один период One period behind	Исключение данных 2020 года из-за пандемии Exclusion of 2020 data due to pandemic	Замена независимой переменной на долю населения старше 65 лет Replacing the independent variable with the proportion of the population over 65 years of age
Переменная/Variable	STR	STR	STR
LAGE	1,3806***	–	–
	–4,1004	–	–
LAGE ²	–3,0069***	–	–
	(–3,5514)	–	–
AGE	–	1,2877***	–
	–	–4,315	–
AGE ²	–	–2,5016***	–
	–	(–3,4824)	–
AGE65	–	–	2,3041***
	–	–	–4,3994
AGE65 ²	–	–	–6,3384***
	–	–	(–3,5702)
UR	–0,2237***	–0,2748***	–0,2593***
	(–2,8353)	(–3,5313)	(–3,3469)
lnGDP	0,1024***	0,0963***	0,0920***
	–6,2794	–6,6228	–6,3094
OPEN	–0,0056	0,0036	–0,0082
	(–0,2574)	–0,1849	(–0,4200)
FDI	0,0001	0,0002	0,0002
	–0,6422	–0,8	–0,8707
GOV	0,2717***	0,2324***	0,2519***
	–5,0326	–4,6745	–4,9762
Константа/Constant	–0,8723***	–0,7757***	–0,7819***
	(–6,7648)	(–7,0837)	(–7,1135)
Региональный эффект Regional effect	Контроль Control	Контроль Control	Контроль Control
Число наблюдений Observations	372	372	403
Коэффициент детерминации R-squared	0,5424	0,5925	0,5822
Количество объек- тов наблюдения Number of id	31	31	31
F	56,5643***	69,3891***	72,6579***

Примечание. *, **, *** – значимость на уровне 10, 5 и 1 % соответственно; значения в скобках – t-статистика.

Note. *, **, *** indicate statistical significance at 10, 5, and 1% levels, respectively; t-values are reported in parentheses.

Источник: составлено автором.

Source: compiled by the authors.

Анализ гетерогенности

Между регионами Китая существует значительная разница из-за исторических условий, природных ресурсов и других факторов, что приводит к различиям во влиянии старения населения на модернизацию структуры экономики. В статье рассматривается региональная гетерогенность в северо-восточных, восточных, центральных и западных регионах страны². В табл. 9 представлены результаты регрессионного анализа гетерогенности.

Таблица 9. Анализ гетерогенности
Table 9. Heterogeneity analysis

	Восток East	Центр Central region	Запад West	Северо-восток Northeast
Переменная/Variable	STR	STR	STR	STR
AGE	3,2214***	-0,3553	-0,0256	1,1930***
	-3,657	(-0,8405)	(-0,1322)	-2,9305
AGE2	-8,0382***	0,3142	0,0918	-2,6528***
	(-3,7810)	-0,289	-0,2034	(-3,3044)
UR	-0,1356	0,7361***	0,2389***	-0,1152
	(-0,9063)	-5,2137	-2,7814	(-0,7820)
lnGDP	0,1608***	-0,011	0,0223	-0,0104
	-4,7193	(-0,5306)	-1,6327	(-0,2696)
OPEN	0,0951**	0,0934	0,0474*	-0,1116*
	-2,5829	-1,0578	-1,8648	(-1,7793)
FDI	-0,0007	0,0129	-0,0001	0,0634***
	(-1,4199)	-1,2752	(-0,9567)	-2,8061
GOV	-0,1507	0,2516**	0,0990***	0,3748***
	(-0,7549)	-2,4616	-3,7193	-4,3908
Константа/Constant	-1,5862***	-0,1376	-0,2115**	0,1073
	(-5,3518)	(-0,8436)	(-2,2583)	-0,2984
Региональный эффект Regional effect	Контроль Control	Контроль Control	Контроль Control	Контроль Control
Число наблюдений/Observations	130	78	156	39
Коэффициент детерминации/R-squared	0,6451	0,9083	0,7556	0,8982
Количество объектов наблюдения Number of id	10	6	12	3
F	29,3380***	91,9412***	60,4927***	36,5385***

Примечание. *, **, *** – значимость на уровне 10, 5 и 1 % соответственно; значения в скобках – t-статистика.

Note. *, **, *** indicate statistical significance at 10, 5, and 1% levels, respectively; t-values are reported in parentheses.

Источник: составлено автором.

Source: compiled by the authors.

Анализ гетерогенности показывает, что влияние старения населения на модернизацию структуры промышленности в четырех крупных регионах Китая имеет различную природу. Для восточного и северо-восточного регионов влияние старения на модернизацию структуры промышленности имеет форму обратной U-образной кривой (сначала стимулирующее, затем подавляющее). Другими словами, на начальных стадиях старения в этих двух регионах, благо-

² Восточные районы включают в себя Пекин, Тяньцзинь, Хэбэй, Шанхай, Цзянси, Хэнань и Синьцзян, всего 12 провинций (районов/городов). Северо-восточные районы: Ляонин, Шаньдун, Гуандун и Хайнань, всего 10 провинций (городов). Центральные районы: Шаньси, Аньхой, Чунцин, Сычуань, Гуйчжоу, Юньнань, Тибет, Шэньси, Ганьсу, Цинхай, Нинся, Хубэй и Хунань, всего шесть провинций. Западные районы: Внутренняя Монголия, Синьцзян, Цилинь и Хэйлунцзян.

даря относительно развитой экономике, высокому уровню урбанизации и развитой системе социального обеспечения, старение эффективно стимулирует потребительский спрос и инновации в технике, что в свою очередь значительно способствует оптимизации структуры промышленности. Однако с дальнейшим увеличением численности пожилого населения снижение предложения рабочей силы, существенное повышение зависимости от рабочей силы и ослабление накопления капитала постепенно ослабляют позитивное воздействие на модернизацию структуры промышленности, что приводит к возникновению сдерживающего эффекта. В отличие от этого, влияние старения населения на модернизацию структуры промышленности в центральных и западных регионах Китая незначительно. Это, вероятно, связано с относительно низким уровнем экономического развития, слабой промышленной базой и двусторонней экономической структурой этих регионов. Во-первых, экономическая отсталость этих регионов затрудняет использование технологических инноваций и развитие капиталоемких отраслей для решения проблем производительности, вызванных старением; во-вторых, низкий уровень потребительской способности населения ограничивает эффект от структурных изменений потребления, вызванных старением. Кроме того, относительно отсталая система социальной защиты и инфраструктура еще больше ослабляют влияние старения на трансформацию структуры промышленности. Таким образом, в центральных и западных регионах старение населения не проявляется в качестве драйвера модернизации структуры промышленности.

Приведем несколько показательных примеров.

Согласно Докладу о развитии пожилого населения Пекина (2023), численность постоянных жителей в возрасте 60 лет и старше в 2023 г. достигла 4,948 млн чел., увеличившись на 297 тыс. по сравнению с 2022 г., что стало самым высоким приростом за последние восемь лет. Доля пожилых людей среди зарегистрированных жителей впервые превысила 30 %³. Одновременно продолжает расти доля добавленной стоимости третичного сектора – в 2023 г. она достигла 84,2 %, при доминировании отраслей информационных услуг, научных исследований и финансово-страховой сферы⁴. На фоне старения населения быстро развиваются отрасли «серебряной экономики». Правительство Пекина активно продвигает строительство системы «умного ухода», при этом уровень покрытия интеллектуальной платформы по уходу за пожилыми к 2023 г. превысил 85 %. Использование роботов по уходу, телемедицины и носимых устройств для мониторинга здоровья заметно возросло среди пожилых потребителей. Цифровая экономика играет ключевую роль в противодействии дефициту рабочей силы, вызванному старением. Согласно Докладу о развитии цифровой экономики Пекина (2023–2024), добавленная стоимость цифровой экономики в городе составила 1,8 трлн юаней, увеличившись на 8,5 % в годовом выражении. В течение трех лет Пекин сохраняет лидирующие позиции среди глобальных городов-эталонов цифровой экономики⁵.

Шанхай – один из первых городов Китая, столкнувшихся с демографическим старением. По состоянию на конец 2024 г. численность зарегистрированных жителей города достигла 15,3798 млн чел., из которых 5,7762 млн – это пожилые люди в возрасте 60 лет и старше, что равно 37,6 % от общей численности зарегистрированного населения. Среди них доля женщин составляет 52,2 %⁶, а мужчин – 47,8 %, что отражает тенденцию к «долговременному старе-

³ **北京市老龄事业发展报告(2023)**. URL: https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=RK2PMiCRJa1hirqmka_fnbLY7KAXP_UOvQAAPxTq8x0wwYeSnITHYkulBHRbqDet2MGnVx8LwktxcmdPBbzXUfTZafTrfsReA-SSXMCpCvSn0_eu45pNUWV2Ni4pL7qTEsJsire4BJqOjoRPjxhilZvFjsY2O0fzEw6GvE8xp6M=&uniplatform=NZKPT (дата обращения 12.03.2025).

⁴ **北京市2023年国民经济和社会发展统计公报**. URL: https://tjj.beijing.gov.cn/tjsj_31433/sjjd_31444/202403/t20240319_3594001.html (дата обращения 04.07.2025).

⁵ **北京数字经济报告: 北京跻身全球数字经济发展“第一梯队”** // Xinhuanet. URL: <http://www.xinhuanet.com/digital/20240710/bba63c0e333340c5916e7c9325b1c082/c.html> (дата обращения 04.07.2025).

⁶ **上海老年人口最新数据出炉: 60岁及以上户籍老年人口占比达37.6%** // China News Service. URL: <https://m.chinanews.com/wap/detail/chs/zw/10418480.shtml> (дата обращения 19.05.2025).

нию». В 2023 г. доля третичного сектора в ВВП города достигла 73,5 %, при этом активно развивались как высокотехнологичные отрасли (например, биофармацевтика, интеллектуальное оборудование, новые материалы), так и современные услуги (финансовые, логистические, профессиональные). Благодаря прочной промышленной базе Шанхаю удалось превратить трансформацию потребления, вызванную старением населения (в особенности в сферах здравоохранения, туризма, «умного» дома), в драйвер обновления отраслевой структуры^{7,8}. Согласно Прогнозному исследовательскому докладу о развитии цифровой экономики Шанхая на период 15-й пятилетки, в 2023 г. добавленная стоимость основных отраслей цифровой экономики города достигла 650 млрд юаней, превысив 18 % ВВП. Масштаб кластера индустрии искусственного интеллекта преодолел отметку в 280 млрд юаней, что позволило Шанхаю сохранить лидирующие позиции в стране⁹. Развитие цифровой экономики, включая платформы телемедицины, системы ИИ-ухода и цифровое здравоохранение, эффективно компенсирует сужение предложения рабочей силы, что способствует переходу к сервисной и интеллектуальной модели экономики.

Шэньян, являясь ядром старой индустриальной базы северо-востока Китая, особенно остро сталкивается с проблемой старения населения. Согласно Ежегодному докладу о развитии старшего поколения города Шэньяна (2023), на конец 2023 г. численность зарегистрированных жителей в возрасте 60 лет и старше составила 2,2426 млн чел. (29,4 % от общего числа), а в возрасте 65 лет и старше – 1,5854 млн (20,8 %)¹⁰. В нем остаются слабо развитыми как система социального обеспечения, так и цифровая инфраструктура, что делает воздействие старения особенно негативным для традиционной промышленности города. Тем не менее в 2023 г. экономика города начала набирать темпы: ВВП достиг 812,21 млрд юаней с ростом 6,1 % (на 0,9 п.п. выше общенационального уровня). Добавленная стоимость сельского хозяйства составила 33,44 млрд юаней (+5,0 %), промышленности – 295,31 млрд юаней (+7,2 %), сферы услуг – 483,45 млрд юаней (+5,5 %). Соотношение трех секторов равняется 4,1:36,4:59,5¹¹. Из-за оттока высококвалифицированных кадров и несоответствия между спросом и предложением в системе ухода за пожилыми «серебряная экономика» пока не получила полноценной индустриальной поддержки. Тем не менее Шэньян ускоряет развитие отраслей, связанных с искусственным интеллектом, умным производством и цифровыми двойниками, постепенно продвигая структурную трансформацию промышленности. По состоянию на конец 2023 г. в городе насчитывалось 21 911 технологически ориентированных предприятий, включая 14 804 национальных научно-технических малых и средних предприятия, 5052 высокотехнологичных предприятия, 1896 предприятий-«птенцов» и 321 предприятие, относящееся к категории газелей и единорогов¹². Кроме того, в рамках создания пилотной зоны интеллектуального ухода за пожилыми была реализована первичная интеграция роботизированных систем помощи в учреждениях по уходу, тем самым города с отстающими позициями стремятся ответить на вызовы старения населения через технологические инновации.

⁷ Shanghai's GDP increases by 5% in 2024. URL: <https://english.shanghai.gov.cn/en-Latest-WhatsNew/20250123/31cfd6cbe114078ac8b4ebbc410009.html> (дата обращения 23.01.2025).

⁸ Shanghai GDP exceeds 4.72 trillion yuan in 2023. URL: <https://english.shanghai.gov.cn/en-Latest-WhatsNew/20240129/11ba3377dd654ea38b9c22cbcf115cda.html> (дата обращения 29.01.2024).

⁹ 上海虚拟经济“十五五”规划：解码元宇宙、数字经济与数据要素三大爆发点 // ChinaIRN. URL: <https://www.chinairn.com/news/20250408/153558419.shtml> (дата обращения 13.03.2025).

¹⁰ 2023 年度沈阳市老龄事业发展公报 URL: <http://mzj.shenyang.gov.cn/xxgk/tzgg/202501/P020250107394074026857.pdf> (дата обращения 23.01.2024).

¹¹ 2023 年沈阳市 GDP 实现 8122.1 亿元 // China News Service. URL: <https://www.ln.chinanews.com.cn/news/2024/0123/340708.html> (дата обращения 23.01.2024).

¹² 2023 年沈阳市国民经济和社会发展统计公报 URL: https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=RK_2PMiCRJa210XBJMKIXUqZde4dr2SEzsJwv-0l2B1fxdfsmb_t5cI9lcsR2O7u0ZghJ8Jm6UQV1q2ElDtYw2FThHrt49XvSJoXyPH-YSUX7kWTIRKjyFV2083SOadNdc3jHQIAZfm4TYMdsDrPwrJgNMpVgVLugZZxPjK_hXhg=&uniplatform=NZKP T (дата обращения 23.01.2024).

Заключение

В данном исследовании используются панельные данные 31 провинции Китая за период с 2011 по 2023 г. для эмпирического анализа влияния старения населения на трансформацию и модернизацию структуры экономики. Результатом проведенного исследования стали следующие выводы.

На национальном уровне старение населения оказывает значительное влияние на модернизацию структуры экономики через такие каналы, как производительность труда, структура потребления, технологические инновации, человеческий капитал и государственные расходы на социальное обеспечение. В частности, структура потребления и технологические инновации показывают «усиливающееся, а затем подавляющее» влияние в виде инверсной U-образной кривой. Производительность труда, человеческий капитал и расходы на социальное обеспечение оказывают стимулирующее воздействие на модернизацию структуры экономики. В свою очередь, цифровая экономика оказывает регулирующее влияние на старение населения и структуру промышленности, сначала усиливая положительное влияние, а затем ослабляя его в будущем. Другими словами, цифровая экономика способствует модернизации структуры, одновременно смягчая негативные последствия старения населения для этой трансформации. Влияние старения населения на модернизацию структуры экономики варьируется в зависимости от региона. В восточных и северо-восточных регионах старение оказывает значительное позитивное влияние, причем это влияние на востоке более выражено, чем на северо-востоке.

Сделанные основные выводы позволяют сформулировать и рекомендации по инновациям.

Во-первых, способствовать дальнейшему улучшению структуры потребления, высвобождению потребительского потенциала стареющего общества и поддержке развития индустрий, ориентированных на услуги и высокую добавленную стоимость. Если конкретизировать, то необходимо усилить поддержку таких секторов, как здравоохранение, услуги для пожилых людей, оптимизировать рыночную среду для потребления, а также поощрять компании разрабатывать продукцию и услуги для пожилых людей с помощью налоговых льгот, субсидий и финансовой поддержки. Одновременно следует совершенствовать систему социального обеспечения, чтобы повысить потребительскую способность пожилого населения и улучшить качество их жизни.

Во-вторых, усиление стимулов для технологических инноваций и повышение конкурентоспособности промышленности. Учитывая ключевую роль технологических инноваций в старении и модернизации промышленной структуры, государству следует увеличивать финансовые вложения в НИОКР, оптимизировать механизмы стимулирования инноваций, особенно в таких областях, как автоматизация, искусственный интеллект и гибкое производство, а также стимулировать модернизацию технологий и интеллектуализацию предприятий. Для преодоления негативного воздействия старения на инновации следует создавать платформы для взаимодействия науки, образования и промышленности, способствовать сотрудничеству между предприятиями и научно-исследовательскими учреждениями и усиливать трансформацию технологических достижений.

В-третьих, накопление человеческого капитала и оптимизация структуры рабочей силы. В условиях старения населения важность накопления человеческого капитала возрастает. Государству необходимо способствовать улучшению качества образования и профессиональной подготовки, в частности в области высоких технологий, и обучению пожилых людей. Кроме того, следует совершенствовать пенсионную и более гибкую политику в сфере труда, расширяя участие в трудовой деятельности высококвалифицированных работников и максимизируя использование их опыта, чтобы снизить давление старения на рынок труда.

В-четвертых, содействие развитию цифровой экономики и смягчение негативных последствий старения. Цифровая экономика играет значительную роль в смягчении негативного

воздействия старения населения на структуру промышленности. Для этого необходимо продвигать строительство цифровой инфраструктуры, ускорять внедрение таких технологий, как 5G, искусственный интеллект и большие данные, особенно в удаленных и отсталых районах, чтобы уменьшить цифровой разрыв. Важно также обучать пожилых людей цифровым навыкам и интегрировать их в цифровую экономику, расширяя их потребительские возможности и экономическое участие.

В-пятых, реализация региональных дифференцированных политик для продвижения сбалансированного развития. С учетом региональных различий во влиянии старения населения на промышленную модернизацию следует разрабатывать проекты, ориентированные на особенности каждого региона. Для восточных регионов нужно увеличивать капиталовложения, направленные на развитие высокотехнологичных и цифровых секторов экономики. Для северо-восточных регионов следует ускорить реформы и трансформацию промышленности, ориентируясь на внешние капитальные вложения и технологические инновации. В центральных и западных регионах важно развивать инфраструктуру и социальное обеспечение, а также поддерживать промышленное развитие через перемещение производств с целью сбалансированного территориального роста.

В-шестых, улучшение социальной защиты и медицинского обслуживания для раскрытия потребительского потенциала. Государству следует продолжать увеличивать вложения в социальное обеспечение и здравоохранение для повышения уровня благосостояния в стареющем обществе и рост потребительской уверенности. Для этого важно совершенствовать систему медицинского и пенсионного обеспечения, сокращать зависимость пожилых людей от накоплений и стимулировать их потребительскую активность, что даст устойчивый фундамент для модернизации промышленной структуры, ориентированной на потребление.

Несмотря на то, что в настоящем исследовании на основе панельных данных по 31 провинциальному региону Китая была построена эмпирическая модель, позволяющая достаточно системно проанализировать взаимосвязь между старением населения, цифровой экономикой и модернизацией отраслевой структуры, работа имеет ряд ограничений. В частности, используемые данные и аналитическая рамка в значительной степени ориентированы на особенности институциональной среды, конкретный этап экономического развития и систему демографической политики, характерные именно для Китая, что в определенной мере ограничивает внешнюю адаптивность полученных результатов. Особенно это касается государств, которые также сталкиваются с проблемами старения населения, но при этом существенно отличаются от Китая по таким параметрам, как институциональная система, уровень технологического развития и механизмы социального обеспечения. В подобных случаях выводы и рекомендации, сформулированные в данной работе, могут оказаться затруднительными для прямого переноса и заимствования другими странами.

В перспективе целесообразно расширить аналитическую деятельность в направлении межстранового сравнительного анализа, что позволит выявить как универсальные черты, так и институционально обусловленные различия в процессе эволюции отраслевой структуры экономики той или иной страны в условиях демографических сдвигов. Это, в свою очередь, будет способствовать обогащению международного опыта в сфере индустриальной трансформации экономики в условиях нового демографического перехода и старения населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Cai Fang. The subject I on handbook of Chinese economics Lewisian turning points. *Marks of China's Economic Development Stages*, 2022, no. 1, pp. 16–22. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7107137820&from=Qikan_Search_Index (accessed 9 May 2025).
2. Wang C., Ne Y. Research progress on the impact of the digital economy on employment. *Economic Dynamics*, 2023, no. 4, pp. 134–149. (In Chinese) Available at: <https://www.doc88.com/p-97037896899258.html> (accessed 9 May 2025).

3. Shen K., Zhang W. The impact of population aging on technological innovation: moderating roles of health improvement and industrial upgrading. *Social Science Journal*, 2024, no. 06, pp. 149–158. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7113460873&from=Qikan_Search_Index (accessed 9 May 2025).
4. Xu J., Chen H., Qian M. Population aging, household consumption, and industrial structure modernization. *Economic Problems Research*, 2023, no. 03, pp. 143–158. (In Chinese) Available at: <https://www.doc88.com/p-19416536982658.html> (accessed 9 May 2025).
5. Sun F., Ne R. Research on the influence of population aging on "Double Upgrade". *Industrial Consumption*, 2022, no. 05, pp. 86–89. (In Chinese) DOI: 10.19851/j.cnki.CN11-1010/F.2022.05.202.
6. Liang Y., Zhang C. *Population aging, digital economy, and the optimization of China's industrial structure*, 2022, no. 12, pp. 114–131. (In Chinese) Available at: <https://www.doc88.com/p-18347566352918.html> (accessed 9 May 2025).
7. Johnston L.A. Getting old before getting rich: origins and policy responses in China. *China: An International Journal*, 2021, vol. 19, no. 3, pp. 91–111. DOI: 10.1353/chn.2021.0030 EDN: EHRLWC.
8. Liu X. Digital empowerment of high-quality development of the silver economy under the background of population aging. *Journal of Social Science of Harbin Normal University*, 2025, no. 16 (3), pp. 55–59. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7200759524&from=Qikan_Search_Index (accessed 9 May 2025).
9. Zeng Y. Research on the influence mechanism of population aging on industrial structural upgrading and regional differences. *Journal of Shanghai University (Social Sciences Edition)*, 2022, no. 39 (03), pp. 128–140. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7107816590&from=Qikan_Search_Index (accessed 9 May 2025).
10. Long H., Yan W., Ou Y. The impact of population aging on the upgrading of industrial structure: promotion or suppression? – empirical analysis based on the perspective of financial structure. *The Theory and Practice of Finance and Economics*, 2021, no. 42 (06), pp. 44–51. (In Chinese)
11. Wang R., Wang S. Aging, artificial intelligence and industrial restructure. *Finance & Economics*, 2020, no. 01, pp. 80–92. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7101010335&from=Qikan_Search_Index (accessed 9 May 2025).
12. Liu J., Wu J. Population aging, technological innovation and upgrading of manufacturing structure: based on dynamic panel and threshold effect models. *Journal of Henan Normal University (Philosophy and Social Sciences)*, 2021, no. 48 (05), pp. 60–66. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7105806690&from=Qikan_Search_Index (accessed 9 May 2025).
13. Ochsner C., Other L., Thiel E., Zuber Ch. *Demographic aging and long-run economic growth in Germany*. Available at: <https://ssrn.com/abstract=4727797> (Accessed 10 March 2025).
14. Harayama Y., Carraz R. A digital society for an ageing population: the Japanese experience. *The Routledge Handbook of Smart Technologies*. Eds. H.D. Kurz, M. Schütz, R. Strohmaier, S.S. Zilian. Routledge Taylor & Francis Group, 2022. pp. 625–643. DOI: 10.4324/9780429351921-38.
15. Yamashita T., Kim G., Liou C.L., Ando T., Bardo A.R., Liu D. The roles of education and literacy in the digital divide among middle-aged adults: cross-national evidence from the United States, Japan, and South Korea. *Adult Literacy Education*, 2024, vol. 6, no. 1, pp. 4–16. DOI: 10.35847/tyamashita.gkim.cliou.tando.abardo.dliu.6.1.4. EDN: KEODWF.
16. Shen X., Liang J., Cao J., Wang Z. How population aging affects industrial structure upgrading: evidence from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, vol. 19, no. 23, article number 16093. DOI: 10.3390/ijerph192316093. EDN: STMHVU.
17. Siliverstovs B., Kholodilin K.A., Thiessen U. Does aging influence structural change? Evidence from panel data. *Economic Systems*, 2011, vol. 35, Iss. 2, pp. 244–260. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecosys.2010.05.004>.
18. Zhang T., Li X. Population aging, resident consumption level and regional economic development. *Western China*, 2024, no. 01, pp. 46–53. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7111359005&from=Qikan_Search_Index (accessed 9 May 2025).
19. Roger M., Wasmer M. *Heterogeneity matters: labour productivity differentiated by age and skills*. Institut National de la Statistique et des Études Économiques Working Paper, G2011/04. 2011, 49 p. DOI: 10.2139/ssrn.2071600 Available at: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2071600 (accessed 10 March 2025).
20. Ince Yenilmez M. Economic and social consequences of population aging: the dilemmas and opportunities in the twenty-first century. *Applied Research in Quality of Life*, 2015, vol. 10, no. 4, pp. 735–752. DOI: 10.1007/s11482-014-9334-2. EDN: UIKALW.
21. Shelton C.A. The aging population and the size of the welfare state: is there a puzzle? *Journal of Public Economics*, 2008, vol. 92, Iss. 3–4, pp. 647–651. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2007.10.002>.
22. Skirbekk V. Age and individual productivity: a literature survey. *Vienna Yearbook of Population Research*, 2004, pp. 133–153. DOI: 10.1553/populationyearbook2004s133.
23. Yang D., Lu Z. Analysis on aging labor force and its impact on socio-economic development in China. *Population Journal*, 2006, no. 01, pp. 7–12. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=21126460&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).

24. Wang W., Liu Y., Peng D. Research on the effect of industrial structure upgrading under population aging. *China Industrial Economy*, 2015, no. 11, pp. 47–61. Article ID: 1006-480X(2015)11-0047-15 (In Chinese)
25. Du Y., Feng Y. The shock of accelerating population aging on economic growth. *Economic Research Journal*, 2021, no. 56 (02), pp. 71–88. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=00002GGKK7787JP0MND07JP1MDR&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
26. Zhao C. The impact of population ageing on the upgrading of regional industrial structure: a study based on the threshold regression model. *Population Research*, 2018, no. 42 (05), pp. 78–89. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=676433626&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
27. Lu J., Liu L., Guo Z. The influence mechanism of population aging on industrial structure in China: empirical analysis based on synergy and mediated effects. *Chinese Journal of Population Science*, 2018, no. 03, pp. 15–25. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=675491883&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
28. Cai X., Zhong A., Han B. Population aging, institutional quality and upgrading of industrial structure. *Industrial Economic Review*, 2022, no. 13 (02), pp. 148–160. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7107291919&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
29. Lee S., Kim M.S., Park Y. ICT Co-evolution and Korean ICT strategy – an analysis based on patent data. *Telecommunications Policy*, 2009, vol. 33, Iss. 5–6, pp. 253–271. DOI: 10.1016/j.telpol.2009.02.004.
30. Heo P.S., Lee D.H. Evolution of the Linkage structure of the ICT industry and its role in the economic system: the case of Korea. *Information Technology for Development*, 2019, vol. 25, no. 3, pp. 424–454. DOI: 10.1080/02681102.2018.1470486
31. Bai X., Song P., Li L., Liao S. Can digital economy promote the transformation of China's industrial structure? Based on the perspective of efficient technological progress. *Journal of Xi'an Jiaotong University : Social Sciences*, 2021, no. 41 (06), pp. 1–15. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7106048535&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
32. Guo B., Wang Y., Zhang H. Digital economy, green technology innovation and industrial structure upgrading – empirical evidence from 282 cities in China. *Lanzhou Journal*, 2022, no. 02, pp. 58–73. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7106687611&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
33. Lee R. The demographic transition: three centuries of fundamental change. *Journal of Economic Perspectives*, 2003, vol. 17, no. 4, pp. 167–190. DOI: 10.1257/089533003772034943
34. Bloom D.E., Canning D., Fink G. Implications of population aging for economic growth. *Oxford Review of Economic Policy*, 2010, vol. 26, no. 4, pp. 583–612.
35. Mason A., Lee R. Chapter 6: transfers, capital, and consumption over the demographic transition. *Population Aging, Intergenerational Transfers and the Macroeconomy*. Eds. R.L. Clark, N. Ogawa, A. Mason. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publ., 2007. DOI: <https://doi.org/10.4337/9781847208583.00014>.
36. Acemoglu D., Restrepo P. Secular stagnation? The effect of aging on economic growth in the age of automation. *American Economic Review: Papers & Proceedings*, 2017, no. 107 (5), 174–179. DOI: <https://doi.org/10.1257/aer.p.20171101>.
37. Cai F. Demographic transition, demographic dividend, and Lewis turning point in China. *China Economic Journal*, vol. 3, Iss. 2, pp. 107–119. DOI: <https://doi.org/10.1080/17538963.2010.511899>.
38. Del Boca D. The effect of child care and part time opportunities on participation and fertility decisions in Italy. *Journal of Population Economics*, 2002, vol. 15, pp. 549–573. DOI: <https://doi.org/10.1007/s001480100089>.
39. Wang Wei, Wang Wenpeng. Life expectancy, pension contribution rate reduction and elderly labor supply with a discussion on Chinese retirement policy reform. *Journal of Management World*, 2021, no. 09, pp. 119–133. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7105635811&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
40. Cai J., Stoyanov A. Population aging and comparative advantage. *Journal of International Economics*, 2016, vol. 102, pp. 1–21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2016.04.006>.
41. Wang X., Liang Q. Population aging, higher educational investment and industrial structure upgrading: theoretical mechanism and empirical analysis of provincial panel data. *Journal of Nanjing Audit University*, 2021, no. 18 (05), pp. 102–111. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7105643713&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
42. Lu Y., Cai F. From demographic dividend to reform dividend: a simulation based on China's potential growth rate. *The Journal of World Economy*, 2016, no. 39 (01), pp. 3–23. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=667800498&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
43. Ren H., Qin M. The impact of my country's population structure on consumption: reconsidering the multi-dimensional social population structure from the perspective of demand. *Journal of Commercial Economics*, 2021, no. 23, pp. 38–41. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7106104593&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
44. Liu Z., Li H., Hu Y. Human capital structure upgrading and economic growth: a reconsideration of disparities among China's eastern, central and western regions. *Economic Research Journal*, 2018, no. 53 (03), pp. 50–63.

- (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=674876427&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
45. Xian J., Wang W., Lan Y. Would population aging cause capital to replace labor? *South China Journal of Economics*, 2022, no. 5, pp. 43–62. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7107401646&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
 46. Acemoglu D., Restrepo P. The race between man and machine: implications of technology for growth, factor shares, and employment. *American Economic Review*, 2018, no. 108 (6), pp. 1488–1542. DOI: <https://doi.org/10.1257/aer.20160696>
 47. Lee R., Mason A. Is low fertility really a problem? Population aging, dependency, and consumption. *Science*, 2014, vol. 346, Iss. 6206, pp. 229–234. DOI: [10.1126/science.1250542](https://doi.org/10.1126/science.1250542).
 48. Czaja S.J. The impact of aging on access to technology. *ACM SIGACCESS Accessibility and Computing*, 2005, Iss. 83, pp. 7–11. DOI: <https://doi.org/10.1145/1102187.110218>.
 49. Wang W., Jian Z. The influence of population aging on technological innovation: based on innovation evaluation using dynamic factor analysis and dynamic GMM model. *Journal of Shanghai University of Finance and Economics*, 2017, no. 19 (06), pp. 4–17. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=673896837&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
 50. Deng X., Zhang W. Will population aging hinder technological progress – empirical evidence from China in 2000–2014. *Journal of Huazhong University of Science and Technology (Social Science Edition)*, 2018, no. 32 (03), pp. 28–38. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=675087704&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
 51. Bloom D.E., Chatterji S., Kowal P. Macroeconomic implications of population aging and selected policy responses. *The Lancet*, 2015, vol. 385, Iss. 9968, pp. 649–657. DOI: [10.1016/S0140-6736\(14\)61464-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61464-1). EDN: USLVMH.
 52. Modigliani F., Brumberg R. Utility analysis and the consumption function: an interpretation of cross-section data. *Post-Keynesian economics*. London, Allen and Unwin, 1955. pp. 388–436.
 53. Li L. Population aging, consumer spending, and the sustainability of health insurance. *Modern Economic Research*, 2017, no. 10, pp. 15–22. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=673430198&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
 54. Maestas N., Mullen K.J., Powell D. The effect of population aging on economic growth, the labor force, and productivity. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2023, vol. 15, no. 2, pp. 306–332. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296623>. EDN: EJZEYX.
 55. Zhang M., Chen C., Zhou S., Wang S., Wang B., Huang F., Liu C. The impact of accelerating population aging on the development of the service sector: evidence from China. *PLOS ONE*, 2024, vol. 19, Iss. 6, article number e0296623. DOI: [10.1371/journal.pone.0296623](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296623). EDN: VEAODD.
 56. Czaja, S.J., Lee C.C. Older adults and information technology. *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications*. Ed. by J.A. Jacko. CRC Press, 2012. pp. 825–840. DOI: [10.1201/b11963-41](https://doi.org/10.1201/b11963-41).
 57. Anwar A., Hyder S., Mohamed Nor N., Younis M. Government health expenditures and health outcome nexus: a study on OECD countries. *Frontiers in Public Health*, 2023, no. 11, article number 1123759. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1123759>.
 58. Acemoglu D., Restrepo P. Demographics and automation. *Review of Economic Studies*, 2022, vol. 89, no. 1, pp. 1–44. DOI: <https://doi.org/10.1093/restud/rdab031>. EDN: GFZETN.
 59. Kim J., Wang M., Park D., Petalcorin S. Fiscal policy and economic growth: some evidence from China. *Review of World Economics*, 2021, vol. 157, Iss. 3, pp. 555–582. DOI: [10.1007/s10290-021-00414-5](https://doi.org/10.1007/s10290-021-00414-5). EDN: ELYLXY.
 60. Wang H. Wang Hong. The impact of population aging on the upgrading of industrial structure – VAR analysis based on Heilongjiang Province. *Journal of Harbin Institute of Technology (Social Science Edition)*, 2023, no. 25 (2), pp. 153–160. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7109220840&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
 61. He X., Shi S. Research on the effect of poverty reduction and enrichment of China’s environmental regulations from the perspective of high-quality development. *Journal of Southwest Minzu University (Humanities and Social Sciences Edition)*, 2022, no. 43 (01), pp. 105–116. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7106498836&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
 62. Chen Y., Cai Q., Wang X. Population aging, corporate debt financing, and financial resource misallocation: an empirical study using prefectural census data. *Journal of Financial Research*, 2023, no. 2, pp. 40–59. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7109514392&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
 63. Wang P., Wang Q. A Research on the upgrading of urban residents consumption driven by consumer finance: based on the multiple responses of structure and quality. *Journal of Nanjing Audit University*, 2018, no. 15 (02), pp. 69–77. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=674742495&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).

64. Shao Y., Hua J., Li B. Research on the enabling effect and mechanism of digital economy on urban-rural integrated development. *Research of Agricultural Modernization*, 2024, no. 45 (03), pp. 477–487. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7112764893&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
65. Wu J., Guo Y. Digital economy boosts the development of new urbanization: an analysis based on spatial Durbin model and Threshold model. *Resource Development and Market*, 2024, no. 40 (09), pp. 1350–1361. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7112860373&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
66. Pan K., Zhang X. An analysis of the mechanism of digital economy enabling common prosperity. *Jiangnan Forum*, 2024, no. 06, pp. 27–32. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7112325181&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
67. Liu J., Yang Y., Zhang S. Measuring China's digital economy and its influencing factors. *Shanghai Economic Research*, 2020, no. 06, pp. 81–96. (In Chinese) Available at: <https://www.doc88.com/p-99720553723154.html> (accessed 10 March 2025).
68. Guo F., Wang J., Wang F. Evaluation of the development of China's digital inclusive finance sector: index and spatial characteristics. *Economics (Quarterly)*, 2020, no. 19 (4), pp. 1401–1418. (In Chinese) Available at: <https://www.doc88.com/p-87516539577639.html> (accessed 10 March 2025).
69. Wei J., Gu N. Aging and employment structure of China's service industry. *Economic Survey*, 2021, no. 38 (1), pp. 86–95. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7103858299&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
70. Ma H., Yang Y. Population aging, regional technological innovation and the upgrade of industrial structure: a study based on the Threshold regression model. *Science and Technology Management Research*, 2021, no. 41 (9), pp. 52–62. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7104784875&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).
71. Xiao Z., Zhang Y. Population aging, digital economy, and employment structure. *China Population, Resources and Environment*, 2024, no. 34 (07), pp. 170–183. (In Chinese) Available at: https://qikan.cqvip.com/Qikan/Article/Detail?id=7112878077&from=Qikan_Search_Index (accessed 10 March 2025).

Информация о авторе

Сунь Фан, аспирант Института экономики и менеджмента Национального исследовательского Томского государственного университета, Россия, 364050, г. Томск, пр. Ленина, 36; unasun77@gmail.com

Поступила в редакцию: 17.05.2025

Поступила после рецензирования: 20.08.2025

Принята к публикации: 29.09.2025

Information about the author

Sun Fang, Postgraduate Student, National Research Tomsk State University, 36, Lenin avenue, Tomsk, 364050, Russian Federation; unasun77@gmail.com

Received: 17.05.2025

Revised: 20.08.2025

Accepted: 29.09.2025