

Обзор и перспективы исследований трансформации промышленного пространства в условиях тенденции замещения людей машинами

СЮ Вэньбо, СЮНЬ Кэи, ВАН Синпин

Аннотация: С наступлением эры цифрового интеллекта отношения между человеком и машиной претерпевают структурную перестройку, порождая новую парадигму отношений человека и пространства, формирующую как технологические, так и социальные пространства. Эта тенденция особенно ярко проявляется в развитии и эволюции промышленного пространства. С технико-промышленной точки зрения данное исследование прослеживает эволюционную траекторию человеко-машинных отношений и утверждает, что при обретении машинами определённой пространственной субъектности их географическое распределение будет дифференцироваться в зависимости от различных сценариев, что влечёт за собой корректировку пространственного порядка городской промышленности. Обзор современных передовых исследований показывает, что размышления, вызванные замещением людей машинами, в основном сосредоточены на замещении занятости и эволюции региональных моделей, трансформации отношений индустрии и города, а также интеллектуализации промышленных пространств, однако систематическое осмысление новых пространственных парадигм всё ещё отсутствует. В свете текущих технологических тенденций и практических потребностей данное исследование предлагает создание совместного пространственного аналитического каркаса на основе синергии «человек — машина — территория — индустрия» и определяет три приоритетных направления исследований: перераспределение пространства человека и машины в условиях реконструкции субъектности машин; перебалансировка индустрия-город в условиях тенденции деантропизации производственных пространств; корреляция и синергия между физическими и виртуальными производственными пространствами.

Ключевые слова: человеко-машинные отношения; замещение людей машинами; трансформация промышленного пространства; пространственная парадигма

Технический прогресс оказывает сложное и глубокое влияние на городское пространство. Каждый раз, когда появляется новая технология и получает масштабное промышленное применение, отношения между человеком и машиной корректируются под двусторонним воздействием технической и социальной систем, проецируясь на внутреннюю организацию и внешнюю форму города. Такие теоретики города, как Мамфорд, ещё рано связали исследование технического прогресса с развитием города, утверждая, что «настоящая техническая революция заключается не в машинных инновациях, а в восстановлении органической связи между техникой и человечностью», открыв тем самым важную перспективу «техноисторического взгляда» для изучения истории городского развития. Сегодня новые информационные технологии и искусственный интеллект вновь подталкивают человеческое общество к критической точке трансформации производственных систем; отношения человек-машина снова стоят перед серьёзной корректировкой. Новые технологии не только значительно

повышают производительность, но и порождают интеллектуальные производственные пространства, а также вызывают в обществе острую обеспокоенность «замещением людей машинами» — то есть заменой рабочих мест человека машинами. Перед лицом новых способов производства, тенденций перемещения рабочей силы и пространственных характеристик промышленных цепей необходимы новые пространственные предложения и стратегии адаптации. На этой основе обзор исследований эволюции промышленных пространств с позиции замещения людей машинами является важной перспективой для изучения законов пространственной организации и механизмов будущего города под воздействием новых технологий.

1 Контекст: технологические тенденции замещения людей машинами и пространственные вызовы

1.1 Технологическая генеалогия и поэтапные характеристики замещения людей машинами

Промышленная революция является отправной точкой формирования современной экономико-социальной структуры, а также началом систематической и масштабной замены человеческого труда машинами. С исторической точки зрения замещение человека машинами можно разделить на четыре этапа.

(1) Этап инструментального усиления (до промышленной революции): в аграрном обществе механизмы существовали как физические продолжения человеческих органов — люди конструировали и управляли механическими устройствами или использовали природные силы, такие как ветер или вода, для усиления определённых физиологических функций, таких как физическая сила или выносливость. Хотя сложность различных механизмов различалась, по своей сути они не отличались от рычага, изобретённого и использованного Архимедом.

(2) Этап энергетической замены (первая и вторая промышленные революции): изобретение парового двигателя и электрических систем позволило человеческому производству выйти за пределы ограничений человеческой, животной силы и природной энергии. Недостатки человеческой и животной силы были восполнены, а дефекты нестабильности природной энергии преодолены. На этой основе механические системы получили независимый источник энергии, а энергетическая ценность человеческого труда была практически полностью заменена машинами. Ценность человека сместилась в техническую сферу — это первое появление относительно чёткого разделения труда между человеком и машиной.

(3) Этап замены информационного управления (третья промышленная революция): изобретение вакуумных ламп и транзисторов сделало возможным «управление сильным током через слабое напряжение»; поддерживаемая архитектурой фон Неймана, машина могла не только выполнять стандартизированные производственные процессы согласно предустановленным инструкциям, но и осуществлять прямой информационный обмен между машинами. В человеческой рабочей силе спрос на синих воротников снизился, а их роль всё больше смещалась от операторов к надзирателям.

(4) Этап замены способности к мышлению и принятию решений (эра технологий искусственного интеллекта): под влиянием технологий анализа больших данных и глубокого обучения машины преодолели ограничения выполнения по заранее установленным человеком программам, начав участвовать в обработке информации на

когнитивном уровне и приобретая способность к взаимодействию с людьми в реальном времени и совместному принятию решений. Разделение труда между человеком и машиной всё больше смещается в пользу машин. С развитием технологий мозговых интерфейсов и других нельзя исключить, что в будущем сформируется состояние глубокого слияния биологического и искусственного интеллекта.

В целом, технологическую логику замещения людей машинами можно разделить на два измерения: во-первых, замещение людьми машинами постепенно переходит от замены мышечной силы к замене умственной силы — некоторые исследователи на этом основании выделяют «первую машинную революцию» и «вторую машинную революцию»; во-вторых, эволюция режима управления человеком машинами — от ручного управления механическими устройствами к управлению машинами через программные инструкции и постепенному развитию управления с помощью речи и сознания — некоторые исследователи с точки зрения человеческого познания предложили концепции «третьей когнитивной революции» и «революции Тьюринга». См. рисунок 1.

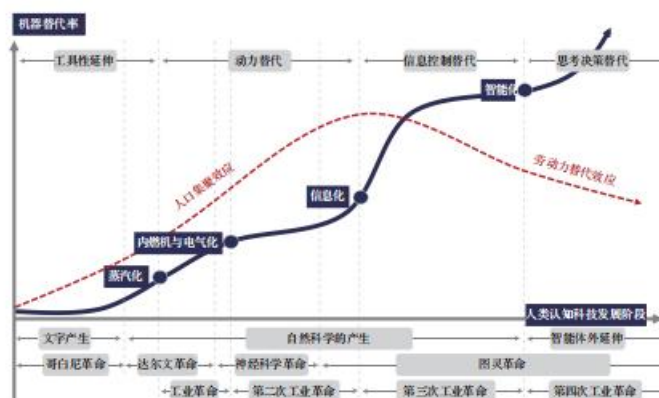


Рис.1 Общий исторический процесс замены машин

1.2Тенденции эволюции разделения труда человек-машина с точки зрения философии техники

Отношения человек-машина в целом прошли несколько этапов развития: инструментализм, партнёрство, симбиоз. На этапе инструментализма машина рассматривалась как продолжение человеческого инструмента. На этапе партнёрства машина перестала рассматриваться исключительно как полностью пассивный инструмент, а стала рассматриваться как способная превзойти человека в определённых аспектах и сформировать с ним разделение труда — так были предложены технические концепции, такие как «совместные человеко-машинные вычисления». Сегодня искусственный интеллект успешно преодолел технологический переломный момент «неприменимо → неудобно → применимо» и вошёл в технологическую форму интеллектуальной машины. Интеллектуальная машина не просто имитирует поведение человека, она может моделировать мышление и сознание человека, что делает границу между «человеком» и «почти-человеком» всё более размытой. Основатель кибернетики Норберт Винер считал, что отношения между человеком и машиной не должны ограничиваться исключительно контролем человека над машиной, а должны быть отношениями взаимного сотрудничества и симбиоза, указывая, что самые важные отношения в человеческом обществе — это

отношения между человеком и машиной, между машинами и между людьми.

Но независимо от того, оптимистично или пессимистично относиться к развитию технологий искусственного интеллекта, замещение людей машинами является практически необратимой тенденцией. С расширением субъекта разделения труда — от исключительно человеческого разделения труда к двуединому субъектному разделению и сотрудничеству человек-машина — разделение труда человек-машина стало важным проявлением четвёртого великого социального разделения труда. В этом процессе разделения труда человек-машина одновременно существуют два парадоксальных эффекта: «замена человека машиной» и «усиление человека машиной» (или «взаимопомощь человек-машина»), так называемые эффекты «конкурентно-симбиотического сосуществования». В целом, по сравнению с прямым бинарным противостоянием человека и машины в эпоху крупной машинной индустрии, интеллектуальные механические устройства действительно берут на себя важную роль «освободителя», в определённой степени освобождая «человека», но работники постоянно сталкиваются с риском быть заменёнными интеллектуальными машинами.

1.3. Необходимость пространственного поворота в исследованиях замещения людей машинами

Крупная машинная индустрия составляет производственную основу современного городского развития и играет решающую роль в формировании градостроительных идей и моделей, а также в формировании пространственных форм. Как правило, промышленные зоны являются пространствами, которые наиболее концентрированно отражают замещение людей машинами, но когда машины не обладают автономией, скопление машин и скопление промышленного населения происходят синхронно. Поэтому в течение довольно длительного периода, хотя машины и оказывали определённое замещающее действие на человеческий труд (в основном энергетическое замещение), они также создавали больше рабочих мест в процессе индустриализации, и их воздействие на общество было относительно контролируемым. Когда системы машин смогли обмениваться информацией обратной связи и взаимного управления, человеческая рабочая сила начала покидать производственные линии первого уровня, и эффект замещения людей машинами начал превосходить эффект скопления промышленного населения, вызванный крупной машинной индустрией. Взрыв технологий искусственного интеллекта ещё больше усилил эту тенденцию: в промышленной сфере человеческая рабочая сила постепенно отделилась от производственной линии первого уровня, породив сценарии заводов без операторов, автоматизированных портов, шахт без персонала; в сфере обслуживания такие технологии, как автоматизированная логистика и беспилотное вождение, также находятся в критический момент масштабного распространения и применения. Таким образом, замещение людей машинами впервые может вытеснить человеческую рабочую силу из привычных пространств занятости, сформировавшихся с момента возникновения промышленной цивилизации, и совместно вызвать фундаментальное изменение моделей пространственной организации. Видно, что замещение людей машинами больше не является скрытой философской, технической или социальной проблемой, а постепенно становится явной пространственной проблемой.

Соответствующие исследователи в области городского планирования уже осознали потенциальное пространственное воздействие новой технико-экономической парадигмы: новые технологии, представленные информационными технологиями, значительно изменяют материальную пространственную форму и способы функционирования городов. Но текущие обсуждения в основном развёртываются вдоль оси «технология — пространство», таких как обсуждение отношений между виртуальным и реальным пространствами, децентрализации и уплотнения городских функциональных сетей, функциональной композитности и т.д., с относительно малым вниманием к связи «людей», замещаемых машинами, с пространством. ЯН Юнчунь и др. считают, что вмешательство новых технологий приведёт к тому, что отношения человек-земля в городе перейдут от координации человек-земля к виртуальному взаимодействию; СЮ Вэньбо и др. предложили модель распределения человек-машина в городском пространстве в условиях глубокого сотрудничества человек-машина (рисунок 2), но для этой модели всё ещё отсутствуют конкретные эмпирические исследования. В целом, дисциплины с пространственной атрибутикой, такие как география и городское планирование, должны обращать внимание на самые передовые вопросы замещения людей машинами, и через междисциплинарные теоретические исследования и систематические пространственные эмпирические исследования восполнить этот пробел в исследованиях по этому ключевому вопросу будущего городского развития.

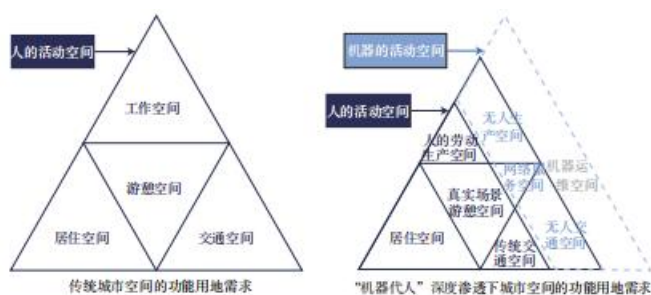


Рис.2 Предполагание распределения человеко-машинного пространства и эволюционная тенденция состава городской земли

2 Прогресс исследований промышленных пространств в условиях тенденции замещения людей машинами

Обрабатывающая промышленность является отраслью, в которой роботы вмешались раньше всего, имеют наибольший масштаб применения и наиболее значительное влияние. Трансформация промышленных пространств с ядром в виде производственных функций, несомненно, является ключевой областью исследований замещения людей машинами на текущем этапе. В последние годы различные регионы активно продвигают строительство интеллектуальных заводов, заводов без освещения, направляя промышленные парки в сторону интеллектуализации и деантропизации, что вызвало дифференцированные пространственные эффекты на различных пространственных масштабах: региональном, городском, парковом и заводском. Соответствующие исследования можно в основном классифицировать по трём направлениям.

2.1 Макроуровень: внимание к отраслевым и региональным различиям эффекта замещения занятости

Замещение машинами занятости человека является самым основным фактором, влияющим на изменение регионов и городского пространства. Исторически最早的 опасения по поводу того, что машины заменят людей, исходят от Рикардо и Джона Бартона, которые считали, что машины вытесняют рабочих и создают излишки человеческого труда. В начале XIX века в Великобритании произошло знаменитое луддитское движение — массовое восстание рабочих, боявшихся, что производственные машины заменят их работу, которые разрушали производственные машины в знак протеста против применения новых технологий. Общеизвестно, что влияние технического прогресса на промышленное и социальное развитие в целом нейтрально, и влияние машин на занятость рабочей силы сочетает в себе как «эффект вытеснения», так и «эффект создания». Дарон Аджемоглу и др. считают, что можно повысить производительность труда для компенсации замещения рабочей силы машинами, создавая новые задачи, подходящие для человеческой рабочей силы. Но есть и мнение, что автоматизация благоприятствует росту, но неблагоприятна для равенства. В целом, влияние вмешательства искусственного интеллекта на занятость рабочей силы носит структурный характер, особенно значительно повышая спрос на высококвалифицированную и низкоквалифицированную занятость, а среднеквалифицированная рабочая сила замещается в наибольшей степени, что приводит к явлению «поляризации» занятости. С точки зрения типов трудовых навыков рабочих мест, замещение людей машинами приводит к тенденции сосуществования «технологического обновления» и «деградации труда» на некоторых рабочих местах, но рабочие места, основанные на «скрытых знаниях», наименее подвержены копированию и замене роботами.

С точки зрения международного опыта, повышение уровня автоматизации и цифровизации промышленного производства действительно напрямую заменяет часть рабочей силы. В исследованиях обрабатывающей промышленности США, хотя концентрация информационного капитала в значительной степени повышает производительность труда, уровень занятости также снижается быстрее, что может привести к снижению заработной платы и избытку рабочей силы. В Японии около 55% рабочих мест находятся в состоянии, относительно легко заменяемом компьютерами. Хотя Китай по сравнению с Европой, США и Японией является поздней индустриальной страной и имеет больше преимуществ в стоимости рабочей силы, в регионах, таких как дельта Жемчужной реки и дельта Янцзы, уже наблюдаются довольно выраженные явления замены людей машинами, а в производственных предприятиях также наблюдается значительная отрицательная связь между уровнем автоматизации предприятий и спросом на рабочую силу.

Что касается региональных различий замещения людей машинами, в целом, население обрабатывающей промышленности Китая в целом демонстрирует тенденцию к «деантропизации», но с точки зрения взаимосвязи «промышленность — население — пространство», Китай не попал в ловушку «чрезмерной деиндустриализации», а находится в состоянии здоровой деиндустриализации, движимой технологиями. Поскольку занятость в обрабатывающей промышленности демонстрирует характеристики «поляризации», традиционные промышленные рабочие сталкиваются с «технологической безработицей», факторы рабочей силы больше не играют решающей роли в региональной передаче промышленности, а среднетехнологические

обрабатывающие отрасли после достижения зрелости больше не отдают приоритет передаче во внутренние регионы с более низкими затратами на рабочую силу. В настоящее время в Китае наблюдается явление одновременного существования замены людей машинами и межотраслевого перемещения рабочей силы и регионального возврата, что указывает на то, что бинарная структура между городскими и сельскими районами всё ещё существует, а рынок труда всё ещё имеет определённые региональные характеристики. Некоторые исследования показывают, что интеллектуализация промышленности оказывает более выраженное влияние на повышение стоимости продукции предприятий более высокого уровня. Некоторые исследования с точки зрения предприятий также могут подтвердить вышеуказанные суждения: в интеллектуальной среде географическая структура предприятий часто доминируется крупномасштабными предприятиями, а порог технологических инвестиций приводит к тому, что «сильные становятся ещё сильнее, слабые — ещё слабее»; применение новых технологий позволяет предприятиям эффективно компенсировать влияние роста цен на рабочую силу и снизить вероятность миграции предприятий.

Замещение людей машинами также демонстрирует значительные различия между различными отраслями. Согласно исследованиям команды профессора Ли Сюня, уровень замещения рабочей силы в дельте Жемчужной реки составляет около 10%, а уровень замещения машинами в городе Дунгуань составляет около 16%; самые высокие уровни замещения наблюдаются в производстве общего оборудования, производстве металлических изделий и производстве резиновых изделий (рисунок 3). В исследовании района Шуньдэ города Фошань, уровень замещения машинами типичных предприятий, таких как Midea, составляет около 22%, уровень замещения рабочей силы машинами в отрасли производства бытовой техники района Шуньдэ составляет около 11,15%, а средний уровень замещения рабочей силы машинами в обрабатывающей промышленности всего района составляет около 7,72%.

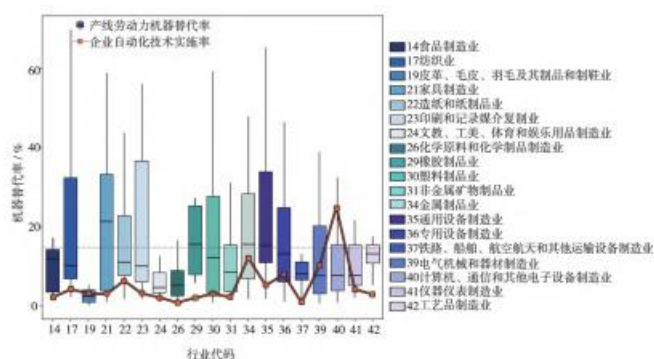


Рис.3 Уровень замены машин по производственному подсектору в городе Дунгуань (2014-2016 годы)

В последние годы исследования в таких дисциплинах, как промышленная экономика, экономика труда, население, ресурсы и окружающая среда, также обратили внимание на влияние интеллектуализации промышленности на занятость в обрабатывающей промышленности и провели измерение и объяснение влияния на масштаб, структуру, поток, уровень доходов и стабильность занятости. Такие исследования в основном измеряют уровень интеллектуализации промышленности через косвенные данные о населении, экономике, промышленности, инновациях и проверяют взаимосвязь между

различными факторами с помощью эконометрических моделей, объясняя их механизмы действия, но им не хватает обобщения и объяснения пространственных явлений.

2.2 Мезоуровень: внимание к изменениям в выборе промышленного местоположения и реконструкции отношений индустрия-город

Непрерывное углубление процесса замещения людей машинами снижает объяснительную силу традиционной теории промышленного местоположения для текущего размещения промышленных пространств. Модернизация способов транспорта и логистики, деантропизация промышленных пространств и другие факторы привели к значительным изменениям в отношениях пространство производства — город. Команда профессора ХУАН Цзиннань считает, что размещение промышленных пространств будет развиваться в двух моделях: ориентация на транспорт и ориентация на технологии. Некоторые исследования также исходят из категорий промышленности и считают, что произойдёт несколько моделей: «сервисно-ориентированное» размещение лёгкой промышленности, «транспортно-ориентированное» размещение тяжёлой промышленности, «технологически-ориентированное» размещение креативной промышленности. В целом, роль затрат на рабочую силу в выборе местоположения промышленного пространства постоянно ослабевает, а влияние таких факторов, как транспортные расходы, стоимость земли, деловая среда и инновационные сети, постоянно растёт. Соответствующие исследования Шэньчжэня показывают, что различные этапы промышленного производственного процесса пространственно демонстрируют характеристики дифференциации, то есть промышленные производственные активности распределяются по модели «многополюсного непрерывного распределения» на периферии центрального города, а промышленные исследовательские активности распределяются по модели «однополюсного разбросанного распределения» в центральном городе.

Что касается изменений в пространственных отношениях индустрия-город, то интеллектуальное производство демонстрирует тенденцию к гибкости и будет способствовать сетевой трансформации производственной организации, порождая композитные пространства, соответствующие новым формам бизнеса. Постфордистский способ производства приводит к тому, что производственные пространства на макроуровне переходят от агрегированного размещения к рассредоточенному, периферийному размещению. Некоторые учёные также делят отечественные кластеры интеллектуального производства на 3 типа размещения: парковый, городской, региональный. Некоторые учёные обратили внимание на анализ эволюции промышленного пространства на уровне столичных кругов и обнаружили сходные характеристики, то есть пригородные зоны крупных мегаполисов в целом демонстрируют тенденцию к оттоку занятого населения, а занятое население центральных городских районов продолжает уплотняться, особенно пространственные блоки с доминирующей функцией обрабатывающей промышленности демонстрируют характеристики несоответствия масштаба населения и земли. Другие учёные, наблюдая за профессиональными посёлками, обнаружили, что реализация «замены людей машинами» может способствовать расширению промышленных цепей в сферу услуг, что позволяет посёлковым пространствам достичь композитной трансформации.

2.3 Микроуровень: внимание к микроскопической пространственной организации интеллектуальных заводов и парков

Технический прогресс напрямую влияет на пространственные функции и формы заводов и заводских территорий, что влечёт за собой изменения в планировке пространств промышленных парков. С момента публикации «Made in China 2025» в китайской промышленности постоянно появляются исследования интеллектуальных заводов, постепенно уточняя общую архитектуру строительства интеллектуальных заводов. Однако, ограниченные профессиональным бэкграундом, эти исследования в основном сосредоточены на объектах производственных технологий и технологических процессов, что довольно ограничено для руководства планированием и строительством промышленных пространств.

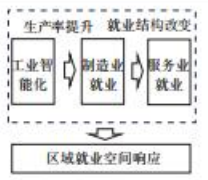
В областях городского планирования и архитектуры некоторые учёные уже обратили внимание на тенденцию изменения моделей использования промышленных пространств к эффективному, интенсивному и гибкому развитию под влиянием новых технологий, считая, что по сравнению с традиционными промышленными пространствами, интеллектуальные промышленные носители в разной степени изменяются по форме, занимаемой площади, пролёту, высоте этажа и несущей способности, что предъявит новые требования к шкале размещения и планировке промышленных земель парков. Среди них: ЧЭН Цзяпин и др. проанализировали отраслевые характеристики и занимаемую площадь 46 «заводов-маяков» в Китае, средняя площадь земли каждого завода составляет 1,03 км², масштаб заводов в целом довольно велик, но это исследование не проводило горизонтальное сравнение между заводами-маяками и традиционными заводами обрабатывающей промышленности; ЧЖУ Кай и др. через исследование заводов будущего в Ханчжоу считают, что на микроскопическом масштабе промышленные пространства сформируют интенсивную деловую модель, инкубационную исследовательскую модель, композитную сетевую модель и заводскую производственную модель; команда профессора ВЭЙ Чэн считает, что новые интеллектуальные производственные системы бросают определённый вызов традиционным моделям планирования промышленных пространств и будут оказывать глубокое влияние на промышленные пространства с различных аспектов: функциональная композитность, качество окружающей среды, интеллектуализация носителей, оптимизация организации земель. В целом, исследователи-планировщики в основном проводят анализ на уровне моделей пространств парков и заводов, и исследования больше направлены на размещение земель, функциональную организацию, масштаб и форму заводов, организацию внутренних производственных потоков, инфраструктурное обеспечение и т.д., обслуживая планирование и проектирование материальных пространств.

2.4 Характеристики и недостатки исследований

С точки зрения дисциплинарных областей, пространственных масштабов и фокуса исследований, замещение людей машинами, как важная переменная, влияющая на экономическое и социальное развитие, уже привлекло внимание соответствующих дисциплин. Многие учёные прогностически обратили внимание на возможное влияние применения новых технологий на будущие промышленные пространства и попытались сделать соответствующие научные решения с точки зрения теоретического построения, моделирования моделей и практики планирования. Но поскольку такие новые

технологии, как искусственный интеллект, всё ещё находятся в начальной и быстро растущей фазе, пространственные ответы относительно отстают, и наблюдаемые пространственные явления относительно редки. В настоящее время исследования пространственного измерения всё ещё имеют недостатки в теоретическом построении и эмпирических исследованиях. Недостаточно глубоких исследований в отношении процессов и механизмов пространственной эволюции, соответствия пространственного спроса и предложения, синергетических эффектов индустрия-город-человек, и срочно необходимо построить новые объяснительные каркасы. См. рисунок 4.

Рис.4 Резюме существующих исследований по замене машин в промышленном

分析尺度	区域产业格局层面	产城空间关系层面	厂区/园区空间层面
分析框架	劳动力流动——区域发展	产业变迁——城市空间结构响应	技术应用——新空间利用模式
现有研究的认识论	机器人人的技术属性	工业智能化及其区位变化	智能化产业空间的模式
	机器代人与劳动力市场的地域性	新产业空间的“弹性化”模式	产业用地规模改变
	机器人人的行业属性	产业从中心集聚走向分散、边缘布局	产业空间功能改变
	劳动力的区域迁移	就业由郊区向中心城区流动	产业空间形态改变
	企业的劳动力需求演化	大都市边缘区“产城分离”	智慧基础设施体系构建
涉及学科	产业经济学、劳动经济学、人口资源环境学	城乡规划学、产业经济学、地理学	城乡规划学、建筑学、总图运输等
典型研究范式	 生产率提升 就业结构改变 工业智能化 制造业就业 服务业就业 区域就业空间响应 工业智能化对劳动力就业的影响机制	 “机器人人”后工业在城市中的分布情形	 大型制造单元空间模式
	主要关注人，对物质空间的研究不足，缺乏人口—用地关联性研究	主要关注物质空间，对人的研究不足，较少关注人在城市空间中的“再流动”	主要聚焦空间本体的功能和形态，缺乏对产业环节微观组织的研究
未来研究潜在方向	机器人人引致的产业用地“无人化”“减人化”现象及其规律	就业空间和产业空间的分化带来的产城空间关系演化趋势	数智化技术驱动下的虚实结合的工业生产系统空间组织模式

пространстве

(1) На региональном уровне существующие исследования в основном развёртываются с точки зрения характеристик эволюции паттернов факторов рабочей силы на макрорегиональном масштабе, уделяя основное внимание увеличению или уменьшению масштаба населения и изменению пространственного распределения, но относительно игнорируя изменения масштаба и структуры промышленных земель, недостаточно исследований о связи населения и земель. В будущем можно продолжить внимание к исследованиям явлений и закономерностей «деантропизации» и «сокращения персонала» промышленных земель, вызванных замещением людей машинами.

(2) На городском уровне существует много исследований об изменении промышленных пространств и эволюции городской структуры, но основное внимание уделяется изменениям местоположения, масштаба, функций и форм материальных пространственных носителей, таких как промышленные парки, а относительно игнорируются изменения в выборе занятости человеческой рабочей силы под воздействием замещения людей машинами и её закономерности «перераспределения» во внутренних городских пространствах. Последующие исследования должны обязательно обращать внимание на дифференциацию между пространством занятости (рабочим местом человеческой рабочей силы) и промышленным пространством (местом с производственными функциями) и

использовать это как точку входа для переосмысления тенденций эволюции отношений индустрия-город.

(3) На микроскопических пространственных уровнях парков и заводов существующие исследования уже обратили внимание на изменения в функциях и формах материальных пространств новых промышленных пространств, но относительно недостаточно исследований внутренней организационной логики промышленных пространств под управлением цифровых интеллектуальных технологий, особенно недостаточно исследований о моделях комбинации и выборе «микроместоположения» различных этапов, таких как управление предприятиями, НИОКР, производство и продажи. Необходимо переосмыслить пространственные закономерности исходя из внутренних организационных моделей промышленных производственных систем.

3 Исследовательские прозрения: трансформация парадигмы промышленных пространств под сотрудничеством человек-машина

3.1 Реконструкция пространственной субъектности машин: от инструментального замещения к замещению поведенческой активности

В многих областях, таких как наука, литература, кино, человечество всегда мечтало о появлении «силиконовой жизни», обладающей интеллектом, подобным человеческому. Ещё в 1950 году в своём произведении «Я, робот» американский писатель-фантаст Айзек Азимов сформулировал знаменитые «три закона робототехники», которые называются «основой современной робототехники». Сегодня роботы уже могут автономно генерировать определённые действия через «поведенческие вычисления». Хотя по своей сути они всё ещё являются электро-механическими устройствами, они уже стали машинами с «человеческим вкусом». В будущем, с повышением уровня интеллекта, биороботы, вероятно, будут глубже интегрироваться в общество как «другие люди».

Хотя эта автономность роботов основана на алгоритмах и сенсорных системах, установленных человеком, они всё же получили способность и право «принимать решения на месте» во многих пространственных сценариях. В юридической сфере некоторые эксперты уже указали, что человекообразные роботы могут быть включены в сферу субъектов юридической ответственности, и предложили основную архитектуру юридического управления. С точки зрения истории взаимодействия между технологическим развитием и эволюцией городов, субъекты освоения и использования пространства, несомненно, расширятся от единственного человека до «квазичеловека» — роботы освободятся от единственного атрибута инструмента и приобретут в определённой степени атрибуты независимых пространственных субъектов. Особенно в промышленных пространствах, *machines' occupation and use of space will largely surpass that of humans, and "repel" and "squeeze out" humans in space.*

Таким образом, взаимодействие человек-машина происходит не только на функциональном уровне, но и становится повсеместным пространственным сценарием в городах будущего. Хотя это пространственное «отторжение» и «вытеснение» основаны на целях освобождения человека и повышения производительности, по факту это приведёт к изменению географического распределения человека и машин и вызовет корректировку пространственного порядка города. Это и есть основная логика того, как эволюция отношений человек-машина влияет на модели организации промышленных пространств.

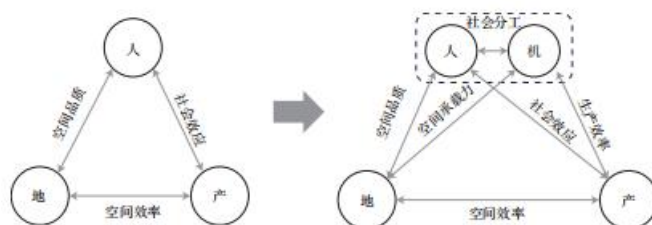
3.2. Изменение логики распределения пространственных ресурсов: от «сопряжения человек-земля» к частичному «разобщению человек-земля»

Теоретически, когда роботы одновременно обладают функциональной и пространственной способностью замещения человеческой рабочей силы, связь между развитием производительности, скоплением населения и расширением землепользования больше не является стабильной, что будет способствовать растворению логики развития «индустрия — город — человек», сформировавшейся со времён промышленной цивилизации. Распределение городских пространственных ресурсов перейдёт от «сопряжения человек-земля» к «разобщению человек-земля». Суть этого преобразования заключается в том, что нарушается тесная связь между традиционными городскими пространствами и распределением человеческой рабочей силы в условиях промышленной цивилизации; технология осуществляет трансрегиональную рекомпозицию как на виртуальном, так и на физическом уровне отношений между населением, промышленностью и пространственной организацией, что вызывает глубокие преобразования городской формы, функционального размещения и землепользования. Что касается конкретных моделей развития города, предположим, что город имеет основную функцию промышленного производства: когда производственные звенья материального производства достигают высокой степени «деантропизации», расширение масштаба промышленности теряет функцию скопления населения и стимулирования урбанизации. В реальности мы уже наблюдаем эту тенденцию в некоторых городах, например, в городах с развитой материальной обрабатывающей промышленностью, таких как Яньчэн и Чанчжоу, или в некоторых ресурсных городах, наблюдается явление «разобщения человек-земля» между сокращением населения и пространственным ростом. Некоторые города, движимые современными услугами, культурным творчеством и потребительским ростом, могут одновременно испытывать рост населения и пространственное сокращение, что, по-видимому, означает, что урбанизация и индустриализация в некоторых случаях также могут быть разобщены.

Появление этой новой тенденции оказывает значительное воздействие на современные концепции и технологии городского планирования. Ограниченный «определением земли по человеку» эгалитаризм, вероятно, не сможет адаптироваться к потребностям пространственного развития всех городов, по крайней мере, не может объективно отразить потребности развития производительности. Особенно на макрорегиональном уровне распределение пространственных ресурсов станет более сложным, и давняя изоморфная связь между промышленным и городским местоположением также начнёт ослабевать. В крайнем случае, мы можем даже вообразить появление нового типа «города без людей» с доминирующими функциями «безоператорного производства», «безоператорной добычи» и «безоператорных портов». Поэтому в рамках новых отношений человек-машина необходимо построить аналитический каркас синергетической эволюции «человек — машина — земля — индустрия», рассматривая человека и интеллектуальные машины совместно как субъектов, участвующих в социальном разделении труда и использовании городского пространства: необходимо как пересмотреть вопрос о несущей способности промышленных пространств в условиях производства, доминируемого машинами, так и продолжать оптимизировать качество окружающей среды с человекоцентричной

точки зрения; необходимо как учитывать повышение эффективности производства, вызванное замещением людей машинами, так и принимать во внимание социальные эффекты после замещения рабочей силы; одновременно необходимо научно обеспечивать предложение и размещение промышленных пространств, повышая пространственную эффективность. См. рисунок 5.

Рис.5 Трансформация пространственной логики из «человеко-земля-промышленность»



в «человеко-машина-земля-промышленность»

3.3 Размышления о построении новых моделей промышленных пространств под сотрудничеством человек-машина

3.3.1 Перераспределение пространства под реконструкцией субъектности машин

Машины не являются людьми, машины служат только людям. Но неоспоримо: когда машины приобретают определённые способности поведенческой активности, схожие с человеческими, они также должны занимать пространство, как и люди. Поскольку не все машины могут войти в человеческое общество с низким воздействием, неизбежно часть машин при масштабном применении будет сдавливать пространство человеческой активности. По аналогии с законами эволюции биологического мира, интеллектуальные машины как «новый вид», вмешивающиеся в первоначальный порядок промышленных пространств, доминируемый людьми, отношения человек-машина неизбежно пройдут через различные этапы замещения, адаптации и совместного обитания, симбиоза, производя под воздействием интерактивных игр «реакцию отторжения» пространственного организма и постепенно достигая нового пространственного порядка человеко-машинного симбиоза. Для планировщиков координация и распределение пространственных отношений между людьми и машинами, возможно, станет скрытым условием в будущей работе по городскому планированию и планированию промышленных пространств: от организации региональных производственных сетей и логистических сетей, координации отношений порт-город и индустрия-город, до планирования и строительства вспомогательных объектов промышленных парков, координации архитектурных функций и форм с системами логистики с/без операторов, покрытия и обслуживания цифровой инфраструктуры и т.д., всё это должно одновременно учитывать дифференцированные потребности людей и машин в использовании пространства.

3.3.2 Перебалансировка индустрия-город при деантропизации производственных пространств

Долгое время пара концепций «промышленное пространство» и «пространство занятости» были лишь двумя различными размерностями выражения одного и того же типа пространства: пространство, несущее промышленные функции, является пространством, поглощающим занятость. Но после того как тенденция замещения людей машинами постепенно проявилась, мы обнаруживаем, что смысл этой пары

концепций претерпел тонкие изменения: промышленные пространства с ядром в обрабатывающей промышленности не обязательно могут концентрированно нести занятость, а пространства занятости в городах с ядром в деловых офисах и НИОКР демонстрируют характеристики «распределённости» и «атомированности» — промышленные пространства и пространства занятости разъединились. В промышленных парках мало людей и автомобилей, курьеры доставки и водители Didi становятся новыми резервуарами для поглощения занятости. Таким образом, с исчезновением массовых перемещений между промышленными и городскими пространствами, промышленным пространствам и городским пространствам также необходимо достичь нового баланса. Два тренда — интеграция индустрии и города и «разделение индустрии и города» — являются потенциальными направлениями эволюции.

3.3.3 Корреляция и синергия между физическими и виртуальными производственными пространствами

Объектами традиционной работы по планированию промышленных пространств в основном являются материальные пространства. Руководства по типам промышленности, функциональное зонирование, транспортная организация, морфологический дизайн, размещение вспомогательных объектов и т.д. являются основными средствами, которыми планировщики обрабатывают эти пространства. Но с полным наступлением эры цифрового интеллекта промышленные пространства также вступают в новую фазу цифрового и интеллектуального развития. Помимо видимых и осязаемых физических пространств, таких как заводские цеха, штаб-квартиры, исследовательские лаборатории, торговые точки, виртуальные пространства, порождённые технологиями промышленного облака, промышленного интернета, промышленных больших данных, также являются важной частью производственной системы. Эти производственные сети, построенные на информационных потоках и вычислительных мощностях, создают условия для трансрегиональной организации и дискретного распределения различных звеньев управления, НИОКР, производства и продаж предприятий. В общей тенденции «распределённого» развития пространственного размещения промышленного производства, хотя код и алгоритмы не могут напрямую преобразовывать материальное пространство, они в определённой степени реконструируют нижележащую логику распределения и эксплуатации промышленных пространств, определяя поведенческую активность человеческих индивидов и роботов в промышленной производственной системе. Поэтому пространственная синергия человек-машина происходит не только в конкретных традиционных промышленных пространствах, но и в цифровых пространствах. Планировочное сообщество уже заметило важную роль искусственного интеллекта и алгоритмов в пространственной организации и пространственном управлении. Планировщикам необходимо больше привносить «облачное» мышление в проектирование промышленных пространств, уделять внимание характеристикам цепочечной, сетевой организации пространств, продвигать исследования по планированию промышленных пространств от относительно статичного размещения промышленных категорий, кластеров, предприятий к динамичным моделям производственной организации, производственным звеньям, технологическим процессам, разделению и соотношению человек-машина, более точно соответствующая

дифференцированным пространственным потребностям различных промышленных категорий и производственных звеньев.

4 Заключение

Собственный интеллект машин является важной переменной, которой никогда не было ни в одной предыдущей исторической фазе. Когда волна цифрового интеллекта и «замещения людей машинами» наступает, интеллектуальные машины, повышая производительность человеческого общества, также неизбежно должны «потребовать» соответствующее пространство и стать важными пользователями промышленных пространств. Отношения человек-машина уже не просто касаются философской и этической сфер, а превращаются в конкретную пространственную проблему.

Исследование обнаружило, что уже много экспертов и учёных обращают внимание на пространственные преобразования, вызванные новыми технологиями, такими как искусственный интеллект, среди них есть работы, сочетающие теоретическую глубину и воображение, обеспечивающие важную исследовательскую поддержку для развития промышленных пространств в эпоху искусственного интеллекта. Но исследование также обнаружило, что из-за молниеносного развития технологий текущие исследовательские изыскания по-прежнему в основном основываются на традиционных пространственных аналитических каркасах, не хватает систематического теоретического осмысления новейших технологических тенденций и прикладных сценариев, технологический детерминизм по-прежнему остаётся основным направлением, относительно недостаточно систематического осмысления социально-пространственной системы под технологическим управлением, особенно недостаточно внимания к пространствам людей, замещённых машинами. Безусловно, данное исследование также является лишь ограниченным обзором и интерпретацией тенденций развития и планировочных концепций будущих промышленных пространств с новой перспективы эволюции отношений человек-машина. В будущем на этой основе будут проводиться более глубокие исследования по теоретическому построению и пространственному эмпиризму развития промышленных пространств в условиях эволюции отношений человек-машина, чтобы предложить новые идеи для развития и планирования городов будущего в эру цифрового интеллекта.

Благодарность экспертам-рецензентам за ценные замечания к данной статье!

Примечания

- ① «Эффект вытеснения» означает прямое замещение машинами повторяющихся рабочих мест (например, рабочих конвейерной линии), что приводит к безработице части работников; «эффект создания» означает новые рабочие места, порождённые применением новых технологий, включая инженеров-механиков, инженеров по алгоритмам, аналитиков данных и др.
- ② Технологическое обновление означает повышение эффективности производства через интеллектуализацию машин, а деградация труда — это процесс, при котором работники из-за разложения их навыков на простые операции постепенно превращаются во вспомогательные роли или даже замещаются.
- ③ Скрытые знания в промышленном производстве — это опыт, интуиция и ситуативные навыки, накопленные работниками в результате длительной практики, трудные для кодификации, такие как прецизионное осязание, обонятельное

обнаружение неисправностей или «хитрости» решения сложных проблем, которые составляют основное преимущество человека перед машиной.

Список литературы

- [1] МАМФОРД Л. Техника и цивилизация [М]. ЛИНЬ Хуа, пер. Пекин: China CITIC Press, 2025.
- [2] ВАН Кай, ЧЖАО Яньцзин, ЧЖАН Цзинсян и др. Академическая беседа о «новых производительных силах и городском и сельском планировании» [J]. Urban Planning Forum, 2024(4): 1-10.
- [3] У Чжицян, ЯН Цзюань, СЮЙ Хаовэнь и др. Десять ключевых ежегодных тем развития дисциплины городского планирования (2024–2025) [J]. Urban Planning Forum, 2024(6): 8-11.
- [4] ВИНАР Н. У человека есть человеческое применение: кибернетика и общество [М]. ЧЭН Бу, пер. Пекин: Издательство Пекинского университета, 2010.
- [5] ЖЭНЬ Сяомин, ПАНЬ Цинь. Философская мысль фон Неймана в области компьютерных наук [J]. Studies in Philosophy of Science and Technology, 2011, 28(4): 18-22.
- [6] ВАН Шидзюнь, ЧЖАО Лицзюнь, ХУ Чжибинь. Развитие нового поколения искусственного интеллекта и ответ Китая: с точки зрения «второй машинной революции» [J]. E-Government, 2020(4): 58-69.
- [7] FLORIDI L. The fourth revolution: how the infosphere is reshaping human reality [M]. OUP Oxford, 2014.
- [8] ГО ИКЭ. Размышления об истории, современном состоянии и будущей стратегии развития искусственного интеллекта [J]. Frontiers of Academic Forum, 2021(23): 41-53.
- [9] ВАН ЧЭНЬ, ЖЭН Сянши. От взаимодействия человек-машина к совместным вычислениям: эволюция мысли и перспективы будущих отношений человек-машина [J]. Science & Technology Review, 2024, 42(8): 6-20.
- [10] ЮЙ Ханьчао, ВАН Фэн, ЦЗЯН Шуцян. Некоторые насущные проблемы развития искусственного интеллекта в Китае [J]. Science & Technology Review, 2018, 36(17): 40-44.
- [11] ДУН Чжисинь, ЯН Цзюнь. Капиталистическая логика развития искусственного интеллекта и её регулирование: по поводу «Sapiens» и «Homo Deus» [J]. Economist, 2018(8): 20-26.
- [12] ПЭН Сяньянь, ВАН Дань. Историческая логика трансформации отношений человек-машина с точки зрения исторического материализма [J]. Modern Business Trade Industry, 2025(2): 176-178.
- [13] ВАН Вэйхуа, ЯН Цзюнь. Экономико-философское размышление об антропологической ценности развития искусственного интеллекта [J]. Journal of Xi'an University of Finance and Economics, 2022, 35(3): 54-64.
- [14] ХЭ ЦЗЯН, ЯНЬ Шуминь. Разделение труда человек-машина: генеративная логика, типы моделей и механизмы действия [J]. Nankai Business Review, 2024, 27(6): 88-99.
- [15] EINOLA K, KHOREVA V. Best friend or broken tool? Exploring the co-existence of humans and artificial intelligence in the workplace ecosystem [J]. Human Resource Management, 2023, 62(1): 117-135.
- [16] ЛИ Цюнцун, ЛИ Чжэнь. Диалектика «отношений человек-машина» в интеллектуальную эпоху: современный отклик марксистской мысли о «человеке и машине» [J]. Studies in Mao Zedong and Deng Xiaoping Theories, 2021(1): 71-79.

- [17] ЧЖОУ Цзин, СЯО Ян. Новые вопросы исследований технического прогресса и городского и сельского развития в эпоху искусственного интеллекта [J]. Shanghai Urban Planning, 2022(5): 1-6.
- [18] ХУАН Чжаои, ЯН Дунъюань. Сравнительное исследование теорий города будущего [J]. Urban Planning Forum, 2001(1): 1-6.
- [19] BATTY M. Inventing future cities [M]. Cambridge: MIT Press, 2018.
- [20] У Чжицян, ХАНЬ Цзин, ЧЖАО Цянь и др. 300 лет проектов города будущего: характеристика и сущностные размышления [J]. Urban Planning, 2025, 49(2): 4-12.
- [21] ВАН Сун, ХУАН ЦЗИНЬНАНЬ, ВАН Цуньсун и др. Предположения об эволюции городского пространства под влиянием искусственного интеллекта: с точки зрения футурологии города [J]. Urban Development Studies, 2023, 30(12): 18.
- [22] ВЭЙ ЧЭН, ЧЭН Сайднань, ШЭНЬ Цзин. Тенденции эволюции городского пространства под управлением искусственного интеллекта и ответ планирования [J]. Urban Development Studies, 2022, 29(7): 47-54.
- [23] ЯН Юнчунь, ЦЗЯНЬ Юйтін. Реформы и вызовы развития городской географии в эпоху искусственного интеллекта [J]. Acta Geographica Sinica, 2024, 79(10): 2425-2441.
- [24] СЮ Вэньбо, ВАН Синпин, ВАН Ичжэ. Инновации и ответ планирования городского пространства будущего в эпоху экономики без операторов [J]. Planners, 2024, 40(6): 39-45.
- [25] СРАФФА П. Сочинения и переписка Рикардо [M]. Пекин: The Commercial Press, 1997.
- [26] SATO R. The estimation of biased technical change and the production function [J]. Quarterly Journal of Economics, 1992, 107(1): 35-78.
- [27] ACEMOGLU D, RESTREPO P. The race between man and machine: implications of technology for growth, factor shares, and employment [J]. American Economic Review, 2018, 108(6): 1488-1542.
- [28] BERG A, BUFFIE E F, ZANNA L F. Should we fear the robot revolution? (The correct answer is yes) [J]. Journal of Monetary Economics, 2018, 97: 117-148.
- [29] МЭН Хао, ЧЖАН Мэйша. Как искусственный интеллект влияет на спрос на рабочую силу? Эмпирические свидетельства на уровне китайских предприятий [J]. Journal of Xi'an Jiaotong University (Social Sciences), 2021, 41(5): 65-73.
- [30] ЦЮЙ Сяобо, ЧЭН Цзе. Изменение структуры занятости в Китае: «модернизация» или «поляризация»? [J]. Labour Economics Research, 2015, 3(1): 119-144.
- [31] СЮЙ И, Е Синь. Модернизация технологий, деградация труда? Социологическое исследование трёх заводов «замены людей машинами» [J]. Sociological Studies, 2020, 35(3): 23-46.
- [32] ЮЙ Линчжэн, ВЭЙ Сяхай, СЮНЬ Чжунвэй и др. Промышленные роботы, трудовые задачи и премия за нестандартные способности: свидетельства парного обследования «предприятие-работник» в обрабатывающей промышленности [J]. Management World, 2021, 37(1): 47-59.
- [33] ACEMOGLU D, HANSON G H, DORN D, et al. Return of the solow paradox? IT, productivity, and employment in US manufacturing [J]. American Economic Review, 2014, 104(5): 394-399.
- [34] DAVID B. Computer technology and probable job destructions in Japan: an evaluation [J]. Journal of the Japanese and International Economies, 2017, 43: 77-87.
- [35] ШАО Вэньбо, ШЭН Дань. Загадка снижения поглощения занятости китайскими

предприятиями через информатизацию [J]. *Economic Research Journal*, 2017, 52(6): 120-136.

[36] ZHOU L, JIE Y, YE Z, et al. Understanding the geographical process of the decline in manufacturing employment in China between 2000 and 2020 [J]. *Population, Space and Place*, 2025, 31: e2855.

[37] КОН Гаовэнь, ЛЮ Шаша, КОН Дунминь. Роботы и занятость: разведочный анализ на основе отраслевой и региональной гетерогенности [J]. *China Industrial Economics*, 2020(8): 80-98.

[38] СЮНЬ Цзао, ХОУ Юйлинь. Интеллектуализация промышленности и промышленный градиентный переход: повторная проверка «теории летящих гусей» [J]. *The Journal of World Economy*, 2021, 44(7): 29-54.

[39] Ю ЛЕ, ЧЭНЬ ЧЭНЬ, ЧЖАО Минь. Преодоление поворотного пункта Льюиса в городском и сельском развитии Китая: теоретические исследования и политические размышления, вызванные явлением «замены людей машинами» [J]. *Urban Planning*, 2017, 41(6): 9-17.

[40] ВАН Шубинь. Модернизация интеллектуализации промышленности и дифференциация иерархической структуры городов [J]. *The Journal of World Economy*, 2020, 43(12): 102-125.

[41] ВАН Линьхуэй, ЦЗЯН Хао, ДУН Чжицин. Перестроит ли интеллектуализация промышленности географическую структуру предприятий? [J]. *China Industrial Economics*, 2022(2): 137-155.

[42] ВЭЙ Сяхай, ГО Каймин, У Чуньсю. Цифровые технологии, стоимость рабочей силы и выбор переноса предприятий [J]. *Chinese Journal of Population Science*, 2021(1): 104-116.

[43] LI X, HUI E C, LANG W, et al. Transition from factor-driven to innovation-driven urbanization in China: a study of manufacturing industry automation in Dongguan City [J]. *China Economic Review*, 2020, 59: 101382.

[44] ХУАН Мэйюй, ЦИНЬ Сяочжэнь, ЧЖОУ Цзиньмяо. «Замена людей машинами» и новая модель городского роста: на примере района Шуньдэ города Фошань провинции Гуандун [J]. *Tropical Geography*, 2019, 39(1): 11-19.

[45] ХУАН ЦЗИНЬНАНЬ, ЯН Шилинь. Эволюция городского пространства под управлением замены людей машинами и контрмеры планирования: некоторые предварительные предположения [J]. *Urban Development Studies*, 2021, 28(3): 58-64.

[46] ХУАН ЦЗИНЬНАНЬ, ЮЙ Гуанпин, ЯН Шилинь и др. От индустриального города к постиндустриальному городу и городу искусственного интеллекта: размышления об эволюции городских промышленных пространств, вызванной текущей заменой людей машинами [J]. *Urban Development Studies*, 2023, 30(3): 98-105.

[47] БИ Сюэчэн, ЧЖАН Дунинь, Е Сяньцюань и др. Характеристики и факторы распределения промышленных активностей в сверхкрупных городах с точки зрения «земля-жильё»: на примере города Шэньчжэнь [J]. *Tropical Geography*, 2025, 45(3): 374-385.

[48] СЮ Вэньбо, ВАН Синпин, ЧЭН Цюи. Взаимодействие между миграцией обрабатывающих предприятий и эволюцией инновационной структуры города: эмпирическое исследование 51 предприятия в Шэньчжэне [J]. *Urban Planning Forum*, 2023(3): 92-99.

[49] ЖАНЬ Аобо, ЯН Дун. Стратегии планирования новых интеллектуальных

- промышленных пространств в условиях постфордизма [J]. *Planners*, 2023, 39(7): 16-23.
- [50] ЦИНЬ Цзин. Характеристики пространственного размещения кластеров интеллектуального производства и ответ планирования [J]. *Planners*, 2023, 39(7): 1-8.
- [51] ЯНЬ Сюэсинь, ЧЖОУ Цзе, ШЭН Фубинь и др. Дифференцированное влияние типов промышленности на потоки занятого населения в пригородах крупных городов: на примере города Ухань [J]. *Economic Geography*, 2023, 43(10): 63-74.
- [52] ЛИНЬ Шидзя, НЮ Синь. Характеристики эволюции и стратегии оптимизации пространственной структуры крупных городов с точки зрения соответствия «население-промышленность»: на примере Шанхая [J]. *Shanghai Urban Planning*, 2024(3): 86-93.
- [53] ЧЖАН Чжэньлун, У Ди, ЦЗЯН Линдэ. Измерение уровня скоординированного развития сопряжения структуры население-промышленность и анализ факторов-препятствий: на примере Сучжоу [J]. *Modern Urban Research*, 2024(6): 126-132.
- [54] ИНЬ Лайшэн, ЧЖАН Шуминь. Исследование путей трансформации и модернизации профессиональных посёлков в контексте новой индустриализации: на примере «замены людей машинами» в Далан, Дунгуань [J]. *Journal of Dongguan University of Technology*, 2017, 24(4): 1-6.
- [55] ЦЗЯО Хуншо, ЛУ Цзянься. Обзор текущего состояния исследований интеллектуальных заводов и их ключевых технологий [J]. *Mechanical & Electrical Engineering*, 2018, 35(12): 1249-1258.
- [56] ЯН Чуньли. Анализ тенденций развития интеллектуальных заводов в Китае [J]. *China Industry Review*, 2016(1): 56-63.
- [57] ЛИ Вэньчжу, ЛЯН Цзянин, ЛИ Вэйцзянь и др. Исследование об ответе планирования городского пространства будущего под технологическим управлением: на примере тематического проекта города будущего в планировании территориального пространства Хэйхэ [J]. *Planners*, 2023, 39(3): 27-35.
- [58] ЧЭН ЦЗЯПИН, ЦЗЭН Жун, СЮНЬ Мучэнь. Анализ характеристик распределения и влияющих факторов заводов-маяков в Китае [С]// Китайское общество городского планирования. Город народа, планирование расширяет возможности: Труды ежегодного конгресса городского планирования Китая 2023. Пекин: China Architecture & Building Press, 2023.
- [59] ЧЖУ Кай, ГУ Чжилин, СЮНЬ Ваньсян и др. Исследование о микроорганизационной структуре и моделях городских промышленных пространств для заводов будущего [J]. *Planners*, 2023, 39(5): 61-67.
- [60] ВЭЙ ЧЭН, ЧЭН Сайнань, ЦЮ Кэин и др. Новые потребности в интеллектуальных промышленных пространствах и ответ планирования в эпоху «замены людей машинами»: на примере планирования и проектирования северного индустриального парка Чжуншань [J]. *Planners*, 2023, 39(7): 24-31.
- [61] АЗИМОВ А. Полное собрание рассказов о роботах [М]. Е Лихуа, пер. Нанкин: Jiangsu Phoenix Literature and Art Publishing House, 2014.
- [62] ФЭН Сисэн. Робот — не человек, а машина, но к нему нужно относиться как к человеку [J]. *Science and Society*, 2015, 5(2): 1-9.
- [63] ЛИ Тин. Совместная эволюция человека и машины [М]. Пекин: Publishing House of Electronics Industry, 2014.
- [64] СЯО Цзюньюн, ЧЖОУ Шилинь. Дискуссия и обоснование квалификации человекоподобных роботов как субъектов права [J]. *Academic Exchange*, 2025(1): 44-58.

- [65] ЛИ Шэн. Базовая архитектура правового управления человекоподобными роботами [J]. Dongfang Law, 2024(3): 117-128.
- [66] EICHNOLZ L. Municipal AI integration: a structured approach [J/OL]. Frontiers of Urban and Rural Planning, 2025, 3(6): 152. [2025-07-05]. <https://doi.org/10.1007/s44243-025-00056-3>.
- [67] ЮАНЬ Цифэн, ЛИ Ган, СЮЭ Яньфу. Трансформация инноваций и пространственный ответ зоны развития Гуанчжоу с точки зрения промышленных кластеров [J]. Urban Planning Forum, 2022(4): 95-102.