

Устойчивость искусственного интеллекта: взгляд урбаниста сквозь призму концепции умного и устойчи- вого города¹

Тан Иджитканлар,
Федерико Кугурульо

1. Введение

Искусственный интеллект (ИИ) — одна из самых подрывных технологий нашего времени [Kassens-Noor, Hintze, 2020]. Не усложняя, ИИ можно определить как машины или компьютеры, имитирующие когнитивные функции, которые люди связывают с человеческим разумом, такие как обучение и решение задач [Schalkoff, 1990]. Поле ИИ достаточно обширно и постоянно расширяется. Приведенное выше определение выходит за пределы возможностей нынешнего ИИ — узкого искусственного интеллекта — и тем самым охватывает два возможных будущих типа ИИ: общий искусственный интеллект и искусственный сверхинтеллект [Yampolskiy, 2015; Бостром, 2016; Как, 1996].

ИИ уже с нами. Системы на основе него используются в самых разных областях — от маркетинга до банковского дела и финансов, от сельского хозяйства до здравоохранения и безопасности, от исследования

Тан Иджитканлар, профессор городских исследований и градостроительства, Школа архитектуры и городской среды, Технологический университет Квинсленда; Australia, QLD 4000, Brisbane, George str., 2.

E-mail: tan.yigitcanlar@qut.edu.au

Федерико Кугурульо, доцент умного и устойчивого градостроительства, факультет географии, Школа естественных наук, Тринити-колледж, Дублинский университет; Ireland, Dublin 2, D02 PN40.

E-mail: cugurullo@tcd.ie

Во всем мире быстро растет популярность искусственного интеллекта (ИИ) и его применение, под которым подразумевается технология, имитирующая поведение, обычно ассоциируемое с человеческим интеллектом. Сегодня системы на основе ИИ используются в самых разных областях — от маркетинга до банковского дела и финансов, от сельского хозяйства до здравоохранения и безопасности, от исследований космоса до робототехники и транспорта, от чат-ботов до машинного творчества. В последнее время системы на основе ИИ также начинают становиться неотъемлемой частью многих городских служб. Городской искусственный интеллект управляет транспортными системами городов, ресторанами и магазинами, где на повседневном уровне разворачивается городская жизнь, ремонтирует городскую инфраструктуру и управляет сферами городского хозяйства, такими как дорожное движение, мониторинг качества воздуха, вывоз мусора и энергетика. Ожидается, что в наступившую эпоху неопределенности и сложности все более широкое внедрение ИИ продолжится, а значит, будет расти и его влияние на устойчивость развития наших городов. В данной работе устойчивость ИИ критически исследуется и проблематизируется в контексте умных и устойчивых городов. Авторы предлагают ряд соображений касательно появившихся недавно городских искусственных интеллектов и потенциального симбиоза между ИИ и умным и устойчивым урбанизмом. С точки зрения методологии статья представляет собой обзор текущего состояния литературы, исследований, разработок, тенденций и приложений, связанных с ИИ и умным и устойчивым городом. Таким образом, она является вкладом в актуальные академические дискуссии вокруг умных и устойчивых городов и ИИ. Кроме того, проливая свет на распространение ИИ в городах, данная статья призвана помочь городским политикам, градостроителям

1. Перевод с английского А. Ф. Васильева по изданию: © Yigitcanlar T., Cugurullo F. (2020) The Sustainability of Artificial Intelligence: An Urbanistic Viewpoint from the Lens of Smart and Sustainable Cities // Sustainability, MDPI. Vol. 12 (20). P. 1–24. Статья защищена лицензией Creative Commons Attribution 4.0.

космоса до робототехники и транспорта, от чат-ботов до машиностроения и машинного творчества [Yun et al., 2020]. В последние годы ИИ становится неотъемлемой частью города. Он грозит проникнуть в транспортные системы городов в виде автономных автомобилей [Acheampong, Cugurullo, 2019; Milakis, Van Arem, Van Wee, 2017; Nikitas et al., 2020]. Роботы управляют ресторанами и магазинами, где ежедневно разыгрываются основные аспекты городской жизни, и занимаются ремонтом городской инфраструктуры [Macrorie, Marvin, While, 2020; Mende et al., 2019]. Невидимые интеллектуальные платформы управляют многими областями городской жизни – от дорожного движения до безопасности и от сбора мусора до мониторинга качества воздуха [Caprotti, Liu, 2020; Barns, 2019]. Мы называем это направление ИИ *городским искусственным интеллектом*. Здесь ИИ реализован в городских пространствах, городской инфраструктуре и городских технологиях, и это превращает города в автономные объекты, работающие без надзора со стороны человека [Cugurullo, 2020].

В рамках этой работы мы ориентируемся в основном на узкий искусственный интеллект и уже существующие технологии ИИ. Мы конкретизируем проблемы и перспективы роста ИИ в городах и рассматриваем *устойчивость городского искусственного интеллекта* сквозь призму концепции *умного и устойчивого города* [Yigitcanlar, Kamruzzaman, 2015; Voda, Radu, 2018; Walshe, Casey, Kernan, Fitzpatrick, 2020; Yigitcanlar, 2010]. Под последним понимается город, использующий цифровые технологии, чтобы сделать инфраструктурные сервисы более эффективными и чувствительными к таким задачам, как снижение потребления ресурсов, повышение качества окружающей среды и сокращение эмиссии углерода [Evans et al., 2019]. Другими словами, в работе исследуется, как ИИ используется в городских условиях. Это использование раскрывает и потенциал данной технологии для устойчивого развития, и риски, которые она создает для наших городов и их жителей.

В плане методологии работа основана на обзоре актуальной литературы, исследований, разработок, тенденций и приложений, связанных с ИИ и умными и устойчивыми городами. В разделе 2 освещаются основные проблемы, с которыми сталкивается человечество на пути к устойчивости в планетарном масштабе. В разделе 3 приводятся доводы в пользу умного и устойчивого города как потенциальной модели, пригодной для реализации устойчивого будущего. В разделе 4 делается акцент на ИИ – роль которого растет – как новой технологии, соответствующей парадигме умного и устойчивого города. Затем в разделе 5 исследуется идея возможного симбиоза между ИИ и умными и устойчивыми городами, а также вероятное порождение этого симбиоза, а именно город с искусственным интеллектом. Раздел 6 посвящен тому, как можно улучшить технологии городского ИИ для достижения более устой-

и гражданам принимать информированные решения о внедрении ИИ, ориентированного на устойчивое развитие.

Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ); город с искусственным интеллектом; изменение климата; глобальные проблемы; умный и устойчивый город; умный город; технологические проблемы; городская политика; устойчивый урбанизм; городской искусственный интеллект

Цитирование: Иджитканлар Т., Кугурullo Ф. (2022) Устойчивость искусственного интеллекта: взгляд урбаниста сквозь призму концепции умного и устойчивого города // Городские исследования и практики. Т. 7. № 1. С. 35–64. DOI: <https://doi.org/10.17323/usp71202235-64>

Рис. 1. Ключевые глобальные проблемы устойчивого развития
 Источник: схема авторов.
 Примечание. "The Challenge" с англ. – «вызовы».



чивого городского будущего. Наконец, раздел 7 завершает статью перечнем идей, призванных ориентировать городские исследования, политику и развитие на устойчивое внедрение ИИ в городах.

2. Жизнь в интересное время: проблемы планетарной устойчивости

Мы живем в интересное время, то есть, как в легендарном китайском проклятии, время опасное, неопределенное и сложное [Coaffee et al., 2018]. Если фундаментальные факторы, стоящие за этими угрозами, неопределенностями и сложностями, не будут устранены или приведены к управляемому уровню, нынешнее интересное время может совпасть с концом человеческой цивилизации [Yigitcanlar, Foth, Kamruzzaman, 2019]. Эти фундаментальные факторы, которые сегодня относятся к ключевым проблемам человечества: (а) быстрый рост населения мира; (б) быстрое истощение природных ресурсов и изменение климата; (с) резкие технологические сдвиги и технологическое неравенство; (d) неправомерное использование данных и информации; (е) безжалостная неолиберальная экономика; (f) глобальные, региональные, локальные конфликты; (g) коррумпированное или неэффективное управление. Эти проблемы иллюстрируются на рис. 1 и более подробно характеризуются ниже.

Быстрый рост населения планеты. Человечество возникло около 300 000 лет назад с появлением *Homo sapiens*. Однако только за последние 10 000 лет благодаря технологическим успехам и накоплению знаний и опыта нам удалось создать более или менее безопасные условия для жизни. В результате к 1800 году население мира достигло отметки в 1 млрд. Единственным в мире городом-миллионером в тот год был Лондон. Сегодня, спустя более 220 лет, наше население составляет свыше

7,8 млрд человек, а в Лондоне проживает 9,3 млн. Но Лондон уже не самый большой город в мире. Городская агломерация Токио приближается к 40 млн человек, а во всем мире есть более 30 мегалополисов с населением более 10 млн человек каждый. Прогнозы численности населения говорят о том, что к концу столетия население мира будет составлять от 9 млрд до 12 млрд человек. Наряду с развитием мегалополисов все крупные мегаполисы также переживают быстрое расширение пригородов [Mortoja, Yigitcanlar, Mayere, 2020]. Этот параллельный рост человечества и городов создает риски нехватки воды, продовольствия и энергии [Tscharrntke et al., 2012; Rasul, 2014; Cohen, 2003].

Быстрое истощение природных ресурсов и изменение климата. Постоянное растущее население в сочетании с неустойчивостью развития сталкивается с пределами способности планеты поддерживать жизнь [Arbolino et al., 2018; Berck, Levy, Chowdhury, 2012; Mortoja, Yigitcanlar, 2020; Mahub et al., 2011]. Сильная зависимость от ископаемого топлива и ограниченные варианты в плане экологически чистой энергии (лишь около 25% всей энергии в мире поступает из возобновляемых ресурсов) вкупе с различными другими факторами ведут к утрате биоразнообразия и антропогенному изменению климата, а также к резкому увеличению частоты и масштаба стихийных бедствий [Konikow, Kendy, 2005; Sotto et al., 2019; Prior et al., 2012].

Резкие технологические сдвиги и технологическое (цифровое) неравенство. Хотя есть много позитивных технологических изобретений и разработок, технологии имеют и пагубные последствия для наших обществ, особенно для тех из нас, кому новые технологии недоступны, кто не может их принять или позволить себе [Robinson et al., 2015; Ragnedda, 2017]. Например, несмотря на то, что в мире насчитывается 4 млрд пользователей смартфонов, скорость и пропускная способность, уровень доступа к интернету и мобильным сервисам далеко не одинаковы [Riddlesden, Singleton, 2014]. В частности, с урбанистической точки зрения дорогостоящие городские технологии часто распределяются между городами неравномерно, что способствует расколу городских обществ и формированию высокотехнологичных экологических анклавов премиум-класса, укрыться в которых от бремени неудобств, связанных с изменением климата и деградацией окружающей среды, могут только

богатые меньшинства [Anguelovski, Irazábal-Zurita, Connolly, 2019; Cugurullo, 2013; Hodson, Marvin, 2010].

Неправомерное использование данных и информации. За последние два десятилетия с началом второй цифровой революции и массовой цифровизации данные и информация стали более широко- и легкодоступными. Особенно большие объемы данных дали платформы социальных сетей и общедоступный пользовательский контент. Тем не менее это ведет также к фейковым новостям и проблемам с безопасностью данных [Guess, Nagler, Tucker, 2019]. Кроме того, целенаправленные кампании в Facebook* и WhatsApp изменили результаты президентских выборов 2016 года в США и 2018 года в Бразилии, а также референдума 2016 года по Брекситу [Bastos, Mercea, 2018; Isaak, Hanna, 2018; Evangelista, Bruno, 2019], продемонстрировав, что данные используются не для информирования, а для введения в заблуждение и для защиты интересов определенных политических элит/групп.

Безжалостная неолиберальная экономика. Сегодня мы сталкиваемся с серьезнейшими экономическими проблемами. Мир движется к новой рецессии, если она еще не наступила. Хотя некоторые могут винить во всем недавнюю пандемию COVID-19, источником проблем является неолиберальный капитализм и потребительские и материалистические практики, которые он воспроизводит [Rapley, 2004; Regilme, 2019]. Общее состояние всего 8 человек, самых богатых в мире, равно общему состоянию самой бедной половины населения мира (около 3,8 млрд человек); это плод безжалостной неолиберальной экономики [Gould-Wartofsky, 2015]. Социально-экономическое неравенство быстро растет, а бедность и рецессия усложняют жизнь большинству людей во всем мире. В развивающихся странах, а также для ущемленных в правах групп и индивидов ситуация гораздо более драматична и неустойчива, особенно в связи с текущей пандемией COVID-19 [Grigoryev, 2020].

Глобальные, региональные и локальные конфликты. Конфликты и войны за ресурсы, землю или власть так же стары, как человеческая цивилизация. Однако современные войны принимают форму не только торговых, дипломатических и вооруженных конфликтов, но и форму кибервойны [Taplin, 2020]. Эти многочисленные конфликты вместе с изменением климата приводят к перемещению множества людей,

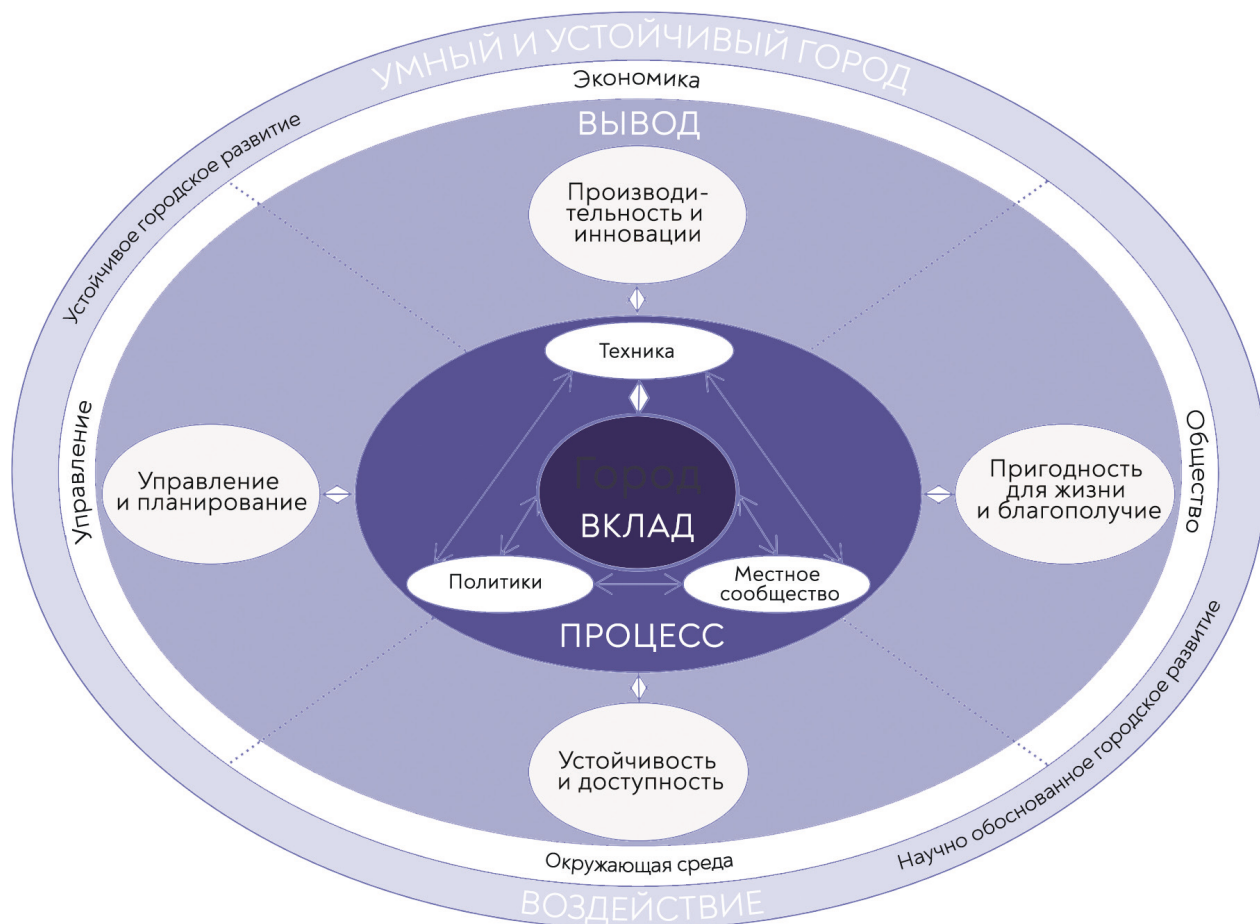
что существенно увеличивает число беженцев в мире [Atapattu, 2020; Berchin, Valduga, Garcia, de Andrade, 2020].

Коррупцированное или неэффективное управление. Правительства предположительно должны решать вышеупомянутые проблемы. Вместо этого узкий временной горизонт политиков, влияние корпораций и различные формы коррупции приводят к тому, что правительства оказываются не способными стать частью решения [Rothstein, 2013]. Примером может служить Парижское соглашение об изменении климата, которое, хотя и было подписано 197 странами (и 189 его ратифицировали), не привело ни к каким или почти ни к каким ощутимым результатам из-за бездействия правительств [Accord, 2017].

3. Умные и устойчивые города: стремление городов к достижению устойчивости

Вышеупомянутые проблемы с большим трудом поддаются решению, но они не останавливают многих ученых и мыслителей от поиска решений для реализации более устойчивого будущего [Jury, Vaux, 2005; Yigitcanlar, 2010; Wheeler, 2013]. Сегодня примерно 55% населения мира проживает в городах, сеть которых быстро расширяется [Chen et al., 2020]. Во многих странах, таких как Австралия, Великобритания и Нидерланды, этот показатель превышает 85% [Metaxiotis, Carrillo, Yigitcanlar, 2010]. Это делает городские территории главным объектом политики устойчивого развития, причем не только потому, что в них проживает большинство населения мира, но и потому, что в них сосредоточена глобальная социально-экономическая деятельность [Praharaaj, Han, Hawken, 2018; Yigitcanlar, Dur, 2013]. Смещение центра внимания со *страны* на *город* породило новые и альтернативные идеи построения устойчивого будущего [Chu, 2016].

В последние годы одной из самых обсуждаемых в кругах урбанистов идей был императив использования информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) для решения основных городских и социальных проблем [Trencher, 2019]. Эта тенденция породила понятие умного города. В то время как концепция умного города уходит корнями на несколько веков в прошлое, практика умного урбанизма стала популярной только в 2000-х годах благодаря городским проектам, осуществляемым частными компаниями, такими как IBM и Cisco [Angelidou, 2015; Cugurullo, 2018;



Модель «вклад–процесс–вывод–воздействие»

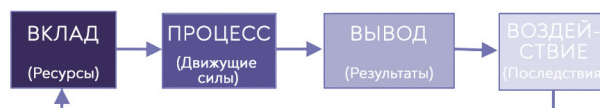
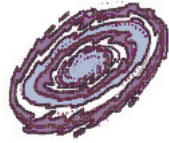


Рис. 2. Концептуальная схема умного и устойчивого города
Источник: [Yigitcanlar et al., 2019].

Desouza, Hunter, Jacop, Yigitcanlar, 2020]. С тех пор концепцию умного города подхватили многие крупные технологические, строительные и консалтинговые компании наряду с политиками и градостроителями [Yigitcanlar, 2016; Yigitcanlar, Inkinen, 2019]. Это привело к появлению множества инициатив по созданию умных городов, в рамках которых по всему миру меняются существующие города и строятся новые [Coletta, Evans, Heaphy, Kitchin, 2019; Karvonen, Cugurullo, Caprotti, 2018]. Если кратко, то в теоретическом плане умный город представляет собой населенный пункт, использующий цифровые данные и технологии для повышения эффективности функционирования различных взаимосвязанных городских сфер – энергетики, транспорта и безопасности, что в конечном итоге должно вести к экономическому развитию, повышению качества жизни и экологической устойчивости [Allam, Newman, 2018].

Тем не менее на практике это не всегда так. Многочисленные исследования пока-

зали, что существующие умные города на самом деле часто работают на экономические цели и не способны решать социальные и экологические проблемы [Cugurullo, 2016; Cugurullo, 2018; Kaika, 2017; Perng, Kitchin, Mac Donncha, 2018; Vanolo, 2016; Shelton, Zook, Wiig, 2015]. Именно поэтому в последние годы центр внимания исследований в этой области сместился в сторону концепции «умного и устойчивого города» в попытке сбалансировать экономические, социальные и экологические аспекты умного урбанизма [Haarstad, Wathne, 2019; Machado et al., 2018; Martin, Evans, 2018]. Концептуальная рамка представлена на рис. 2. Согласно определению, умный и устойчивый город – городское поселение, функционирующее как действенная система систем, которая опирается на экологически устойчивые практики и поддерживается сообществом, технологиями и политикой, ее целью является достижение желаемых результатов и желаемого будущего для всех людей и других живых существ [Yigitcanlar et al., 2019].



МЕЖПЛАНЕТНАЯ ИЛИ МЕЖЗВЕЗДНАЯ ЦИВИЛИЗАЦИЯ



Рис. 3. Уровни искусственного интеллекта

Источник: схема авторов.

Эта концептуализация использует модель ввод–процесс–вывод–воздействие [Noori et al., 2020]. В качестве «вводных данных» у нас город и его собственные ресурсы. Используя эту ресурсную базу, три «процесса» – а именно технология, политика и сообщество – генерируют стратегии, действия и инициативы. «Выходом» являются определенные изменения в экономической, общественной, экологической и управленческой сферах. Когда эти изменения согласуются с устойчивыми и научно обоснованными целями, принципами и практиками городского развития, они оказывают желаемое воздействие на умный и устойчивый город [Yigitcanlar et al., 2019].

В таком подходе подчеркивается, что, несмотря на преобладание техноцентрической точки зрения на создание умных городов, для построения городов, которые были бы не только умными, но и устойчивыми, нам в действительности нужен сбалансированный взгляд на связку сообщества, техники и политики как на движущую силу преобразования. Он также подчеркивает, что города следует понимать и рассматривать не как простые технологические артефакты, а как социальные процессы, и что к устойчивости следует подходить не одномерно, а целостно, как к равновесию разнообразных социальных, экологических и экономических сфер [James, 2014; Elmqvist et al., 2019; Robertson, 2017]. Другими словами, технология приведет к устойчивости только в том случае, если ее адекватность будет тщательно проверена через вовлечение сообщества, а вне-

дряться она будет путем разумной политики и государственного мониторинга [Yigitcanlar et al., 2019].

4. Технологии умного и устойчивого города: растущая роль искусственного интеллекта

Цифровые технологии открывают перед городами все больше новых возможностей стать умными и устойчивыми, особенно в том, что касается вопросов вовлеченности сообщества и участия горожан в управлении [Zhuravleva, Nica, Durana, 2019]. Сегодня существует большое разнообразие технологий умного и устойчивого города, и их перечисление заняло бы слишком много места [Chaurasia, Yunus, Singh, 2020; Ullah, Al-Turjman, Mostarda, Gagliardi, 2020]. Например, в недавнем исследовании с помощью аналитики социальных сетей были выявлены наиболее популярные в Австралии технологии умного и устойчивого города [Yigitcanlar et al., 2020]. Исследование было сосредоточено на установлении ключевых концепций и технологий умного города, а также на их восприятии и использовании в Австралии. Результаты показали, что преобладают концепции инноваций и устойчивости, а также технологии интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта (AI). Неудивительно, что сегодня эти передовые технологии сливаются, образуя «искусственный интеллект вещей» (AIoT) [Adly, Adly, Adly, 2020], способный повышать эффективность работы IoT, улучшать процессы принятия решений и взаимодействие

человека и машины, а также расширять возможности аналитики и управления данными [Mohamed, 2020]. Не существует ни универсального определения искусственного интеллекта, ни даже общепринятого подхода к его формулировке [Vostrom, 2017; Бостром, 2016; Clifton, Glasmeier, Gray, 2020]. Говоря простыми словами, искусственный интеллект – это небιологический интеллект, который имитирует когнитивные функции человеческого разума, такие как обучение и решение задач [Smith, 1984; Рассел, Норвиг, 2021]. В частности, объект с искусственным интеллектом должен обладать следующими компетенциями: учиться, собирая информацию об окружающей среде, осмысливать эти данные и извлекать из них концепции, функционировать в условиях неопределенности, принимать решения и действовать без внешнего контроля [Cugurullo, 2020]. Существует несколько типов машин и алгоритмов, в разной степени обладающих перечисленными компетенциями, что означает, что существуют и разные уровни ИИ [Vach, 2020]. Эти уровни показаны на рис. 3 и охарактеризованы ниже.

В 1997 году Deep Blue компании IBM победил действующего чемпиона мира по шахматам Гарри Каспарова – это был замечательный успех в истории ИИ и интеллектуальных машин. Однако правильнее классифицировать Deep Blue как *реактивную машину* (уровень 1), поскольку этот ИИ запрограммирован на выполнение одной-единственной задачи и не способен учиться и совершенствоваться [Girasa, 2020]. Прежде всего, этот тип ИИ не проявляет инициативу. Он в основном *реагирует* на информацию, введенную человеком, а не строит и осуществляет собственные планы. Его действия и идеи производны и генерируются в ответ на внешние стимулы.

Следующий уровень – *независимый искусственный интеллект* (уровень 2). В 2016 году AlphaGo от Google обыграл международного чемпиона по игре го Ли Седоля. Го – это, возможно, самая сложная настольная игра, когда-либо придуманная человечеством, и AlphaGo победил благодаря способностям обучаться и предпринимать самостоятельные действия, которые ее противник-человек не мог предвидеть. Эта победа стала выдающимся результатом и стимулировала исследования ИИ во всем мире. Похожим, хотя и менее впечатляющим примером являются распространенные сегодня чат-боты с искусственным интеллектом, которые многие компании

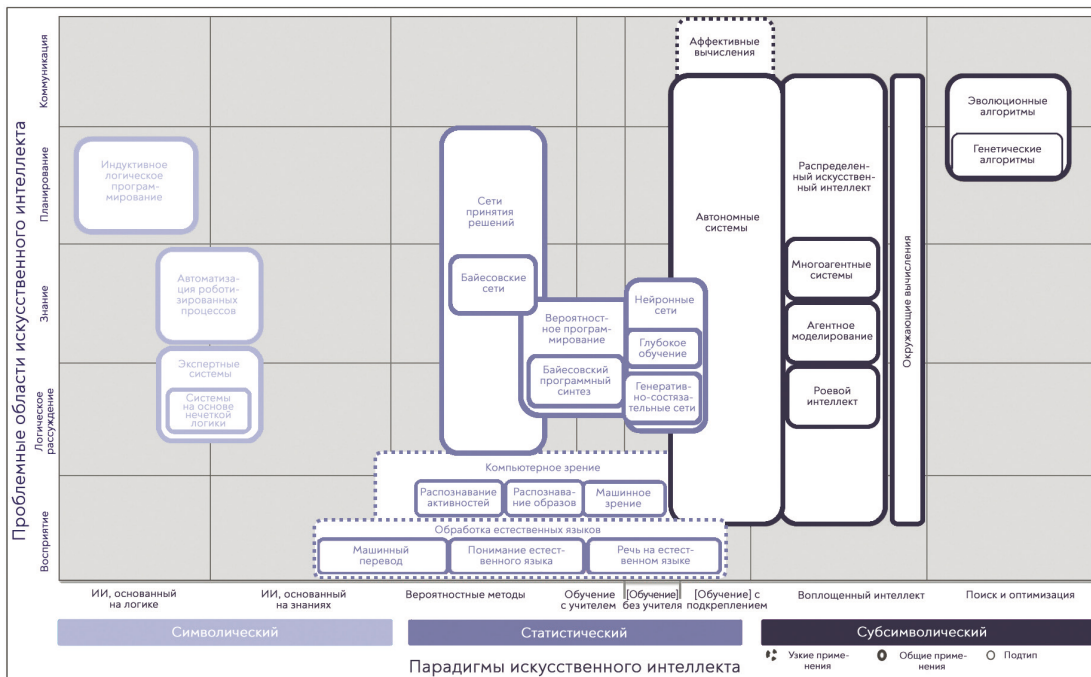
используют для взаимодействия с клиентами на своих сайтах. Среди других примеров – приложения, управляющие нашими телефонами и домами, беспилотные транспортные средства, способные выстраивать в хаотичной городской среде сложные маршруты и передвигаться по ним [Butler, Yigitcanlar, Paz, 2020; Hassani, Silva, Unger, TajMazinani, Mac Feely, 2020; Cugurullo, Acheampong, Gueriau, Dusparic, 2020]. Общим для этих разновидностей ИИ является то, что все они работают независимо. Их действия не определяются действиями человека. Независимый ИИ активно генерирует собственные планы и реализует их без человеческой указки.

Эти два типа ИИ составляют то, что обычно называют узким искусственным интеллектом (*artificial narrow intelligence*). Это тот уровень ИИ, которого мы достигли на сегодняшний день на практике и который становится обычным явлением в современных городах и обществах. Тем не менее НИОКР постоянно предлагают все более смелые и инновационные теории, такие как теория сознательного ИИ (*theory of mind AI*), которая описывает систему ИИ, обладающего убеждениями, желаниями и эмоциями [Cuzzolin, Morelli, Cirstea, Sahakian, 2020]. Следующим уровнем ИИ, скорее всего, станет обладающий самосознанием ИИ (*self-aware AI*), и тогда у нас появятся машины, которые действительно функционируют так же, как мы [Gonzalez-Jimenez, 2018]. Мы называем этот уровень *сознательным искусственным интеллектом* (*Mindful AI*) (уровень 3), чтобы обозначить искусственные интеллекты, которые не только обладают разумом и способны мыслить. Они также осознают свое сознание и мысли, которые они применяют к множеству различных областей знания. Это уровень общего искусственного интеллекта (*artificial general intelligence*), на котором поведение машины почти неотличимо от поведения человека.

Сознательный ИИ и в целом общий ИИ – это гипотетические этапы развития, которые могут стать трамплином для дальнейшего технологического прогресса в этой области. Высший уровень ИИ из всех, которые мы до сих пор представляли себе, – это *искусственный сверхинтеллект* (*artificial super intelligence*). Здесь, на уровне сверх-ИИ (уровень 4), ИИ делает всё и вся лучше, чем мы, люди [Pueyo, 2018]. Мнения ученых о сверхинтеллекте неоднозначны. Одни считают, что это может стать последним изобретением человечества, ведущим к концу человеческой

Рис. 4. Карта знаний сферы искусственного интеллекта

Источник: [Corea, 2018].



цивилизации, другие – что эта технология откроет новую эру и будет нашим единственным шансом покинуть эту планету и основать межпланетную или межзвездную цивилизацию [Gurzadyan, 1996; Лавлок, 2022; Тегмарк, 2019].

Будучи урбанистами, которых интересует настоящее и ближайшее будущее развития городов, мы имеем дело с теми технологиями, которые уже существуют и оказывают влияние на устойчивость городов. Поэтому далее мы сосредоточимся на узком искусственном интеллекте. Эта обширная область ИИ включает в себя технологии, обладающие как минимум одной из следующих возможностей:

(а) *восприятие*, включая слуховое/визуальное/текстовое/тактильное (например, распознавание лиц);

(b) *принятие решений* (например, системы медицинской диагностики);

(с) *предвидение* (например, прогнозирование погоды);

(d) *автоматическое извлечение знаний и распознавание паттернов* (например, выявление фейковых новостей);

(e) *интерактивное общение* (например, социальные роботы или чат-боты);

(f) *логические рассуждения и извлечение понятий* (например, развитие теории из предпосылок) [Vinuesa et al., 2020].

Картография современного состояния искусственного интеллекта очень полезна для лучшего понимания возможностей и воздействия узкого искусственного интеллекта. На рис. 4 показаны основные проблемные области и парадигмы ИИ.

Узкий искусственный интеллект все больше становится частью нашей жизни и неотъемлемым элементом городов. Например, государства во многих регионах мира тестируют беспилотные автомобили на основе ИИ, чтобы подготовить свои города и своих граждан к резким переменам, к которым приведет распространение беспилотного транспорта [Cugurullo et al., 2020; Faisal, Yigitcanlar, Kamruzzaman, Currie, 2019; Golbabaei, Yigitcanlar, Bunker, 2020; Narayanan, Chaniotakis, Antoniou, 2020]. В Сингапуре для контроля социального дистанцирования в эпоху COVID-19 используются собаки-роботы [Schellin et al., 2020]. Пару лет назад в Дубае запустили роботизированную полицию, призванную пресекать мелкую преступность [Lakshmi, Bahli, 2020]. В больницах ряда стран, таких как Япония, работают роботы-врачи [Suwa et al., 2020]. Многие дома становятся более безопасными и более энергоэффективными благодаря технологиям и службам умного дома, а домашняя автоматизация, или *домотика*, становится важной частью строительной индустрии [Jaihar, Lingayat, Vijaybhai, Venkatesh, Upla, 2020]. На сайтах крупных корпораций и обычных компаний появились чат-боты для ответов на вопросы клиентов [Brandtzaeg, Følstad, 2018]. В Китае и Малайзии крупномасштабные городские системы ИИ, называемые «городскими мозгами», управляются транспортными и энергетическими системами, а также системами безопасности нескольких городов [Cugurullo, 2020].

Кроме того, искусственный интеллект является неотъемлемой частью экологических исследований в ряде стран, таких как Австралия, где автономные дроны с помощью машинного обучения выявляют экологические опасности и животных, находящихся под угрозой исчезновения [Aziz, Haque, Rahman, Shamseldin, Shoaib, 2017; Wearn, Freeman, Jacoby, 2019]. Вдобавок сегодня большинство смартфонов предлагают ИИ в качестве персонального помощника [Kaplan, Haenlein, 2019]. Эти примеры – лишь верхушка айсберга технологий ИИ, поскольку самая крупная область их применения – аналитика. Многие решения, влияющие на нашу жизнь, принимаются в результате описательной, предиктивной и прескриптивной аналитики данных, собранных и обработанных ИИ [Wu, Silva, 2010; El Morr, Ali-Hassan, 2019]. Другими словами, анализ городских данных при помощи ИИ (AI-aided urban data science) сегодня широко используется в городах по всему миру для разрешения неопределенностей и сложностей городской среды [Allam, Dhunny, 2019; Engin, Treleaven, 2019].

5. Симбиоз: к городам с искусственным интеллектом?

ИИ – одна из самых мощных и подрывных технологий нашего времени, и его влияние на городские поселения и их жизнедеятельность быстро растет, влияя на повседневную жизнь [Гринфилд, 2018; Lu, Li, Chen, Kim, Serikawa, 2018]. Учитывая, что города являются основными центрами и движущими силами большей части социально-экономической активности, политической сферы и преобразований окружающей среды, важно понимать, как переплетаются развитие ИИ и развитие города [Boenig-Liptsin, 2017]. Это поднимает вопрос о том, не находятся ли они в симбиотических отношениях или не окажутся ли в них в будущем, и может ли эта революционная технология предложить новаторские решения в области устойчивого развития, которые можно использовать в новых городских моделях. В конце концов, ИИ уже проник в наши города, поэтому важно критически изучить его потенциал в сфере устойчивости городов [Cugurullo, 2020].

В недавнем исследовании [Yigitcanlar, Desouza et. al., 2020] эти вопросы были рассмотрены в рамках обстоятельного систематического обзора литературы – 99 рецензируемых исследовательских статей, посвященных одновременно умным

городам и ИИ. Результаты обзора были распределены по четырем сферам умного города, показанным на рис. 2: экономика, общество, окружающая среда, управление.

В том, что касается экономической сферы умных городов, то ИИ в основном сосредоточен на технологических инновациях, а также на производительности, прибыльности и управлении бизнесом. Вот некоторые наиболее типичные примеры вклада ИИ в эту область:

- повышение производительности и инновационности компаний за счет автоматизации процессов управления данными и их анализа;
- повышение эффективности использования и отдачи от существующих ресурсов и снижение дополнительных затрат за счет распознавания образов;
- поддержка принятия решений путем анализа больших объемов данных – например, аналитика больших данных – из нескольких источников;
- вывод заключений для облегчения принятия информированных решений на основе логики, аргументации и интуиции с помощью глубинного обучения.

В социальной сфере умного города ИИ в основном сосредоточен на общественном здравоохранении, качестве жизни и образовании. Особенно сильно ускорила переход к использованию ИИ в этих областях пандемия COVID-19. Основной вклад ИИ в эту область включает в себя:

- улучшение мониторинга здоровья населения с помощью интеллектуальных датчиков и инструментов аналитики, встроенных в жилища и/или на рабочих местах;
- улучшение диагностики в общественном здравоохранении с помощью аналитики медицинских изображений, особенно в области радиологии и медицинских службах;
- предоставление автономных репетиторских систем для обучения школьников и взрослых алгебре, грамматике и другим предметам;
- предложение персонализированных вариантов обучения с тем, чтобы облегчить ход обучения и расширить учебный план.

В экологической сфере умного города ИИ в основном сосредоточен на транспорте, энергетике, землепользовании и климате.

Важные примеры вклада ИИ в эту область включают:

- внедрение интеллектуальных систем городского транспорта с помощью модели «мобильность как услуга» (MaaS) – интеграция различных транспортных услуг в единый транспортный сервис по требованию;
- оптимизация производства и потребления энергии с помощью домашней автоматизации – домашних технологий с акцентом на экологические проблемы, энергосбережение и улучшение образа жизни;
- мониторинг изменений в естественной и искусственно созданной среде с помощью дистанционного зондирования с автономных дронов, используемых для обнаружения и отслеживания одновременно множества объектов по снятым с воздуха видео;
- прогнозирование рисков изменения климата с помощью алгоритмов машинного обучения в сочетании с климатическими моделями, используемыми для предвидения потенциальных катастрофических событий в заданных географических районах и принятия заблаговременных мер.
- Более того, помимо экологических проблем городов, ИИ также используется для решения глобальных экологических проблем. В целом приложения ИИ потенциально могут способствовать достижению семнадцати целей устойчивого развития [Vinueza et al., 2020]. Ниже мы приводим краткий перечень областей применения технологий ИИ с целью достижения экологической устойчивости.
- Для *смягчения изменения климата и климатического кризиса* ИИ применяется в научных исследованиях, городском и региональном планировании, землепользовании, жилищной сфере, мобильности, производстве и потреблении энергии [Barnes, Hurrell, Ebert-Uphoff, Anderson, Anderson, 2019; Huntingford et al., 2019; Jha, Bilalovic, Jha, Patel, Zhang, 2017].
- С целью *поддержания здоровья океана* ИИ применяется в устойчивом рыболовстве, мониторинге, сокращении и предотвращении загрязнения, защите среды обитания и биологических видов, а также снижении закисления [Wang et al., 2019; Lu et al., 2019; Probst, 2020].
- Для решения задачи достижения *чистоты воздуха* ИИ применяется в следую-

щих областях: фильтрация и извлечение загрязняющих веществ, мониторинг, сокращение и предотвращение загрязнения, раннее предупреждение о загрязнении и рисках, чистая энергия и интегрированное, адаптивное городское управление в режиме реального времени [AlOmar, Hameed, AlSaadi, 2020; Schürholz, Kubler, Zaslavsky, 2020; Sun, Bocchini, Davison, 2020].

- Области применения ИИ в сфере *сохранения биоразнообразия*: защита и восстановление среды обитания, устойчивая торговля, мониторинг, сокращение и предотвращение загрязнения, борьба с болезнями и инвазивными видами, а также приумножение и защита природного капитала [Jahani, Rayegani, 2020; Granata, Gargano, de Marinis, 2020; Santangeli et al., 2020].
- С целью обеспечения *безопасности водоснабжения* ИИ используют в управлении количеством, качеством и эффективностью водоснабжения, контроле водосбора, санитарном контроле и в планировании засухи [Martínez-Santos, Renard, 2020; Singh, Nandimath, Kumbhar, Das, Barne, 2020; Tung, Yaseen, 2020].
- Области применения ИИ для обеспечения *устойчивости к погодным условиям и стихийным бедствиям* включают: прогнозирование, системы раннего предупреждения, устойчивость инфраструктуры и ее планирование, а также финансовые инструменты [Pham et al., 2020; Ji et al., 2019; Raza et al., 2020].

В сфере управления умными городами ИИ в основном сосредоточен на национальной и общественной безопасности, управлении городским хозяйством и принятии управленческих решений. Вот некоторые примеры существенного вклада ИИ в эту область:

- для принятия более информированных решений – установка умных опор освещения, снабженных цифровыми датчиками, и предоставление технических инструментов исследователям-любителям (citizen scientist), которые могут действовать как живые датчики, – умные опоры и добровольцы, оснащенные интеллектуальными технологиями, генерируют большие объемы данных, которые обрабатываются ИИ;
- помощь предиктивной аналитики в управлении, планировании и операциях, связанных со стихийными бед-

ствиями, пандемиями и другими чрезвычайными ситуациями – использование ИИ для прогнозирования будущих событий;

- повышение работоспособности систем наблюдения с помощью умных опор освещения, оснащенных технологиями AIoT (хотя из-за кибератак и вопросов конфиденциальности наряду с преимуществами тут есть и серьезные проблемы);
- повышение кибербезопасности путем анализа данных и записей о киберинцидентах, выявления потенциальных угроз и предоставления программных исправлений и опций для повышения кибербезопасности.

Тем не менее приведенный выше список преимуществ не должен затмевать множество проблем, которые приносит с собой ИИ. Искусственный интеллект – это палка о двух концах. Это умное оружие можно использовать для борьбы с глобальными экологическими и другими проблемами, но оно одновременно может нанести значительный побочный ущерб, а также причинить вред тем, кто его применяет. Недостатков у ИИ не меньше, чем возможностей [Turchin, Denkenberger, 2020]. Ниже мы приводим сводку перспектив и ограничений ИИ, разбитую по сферам жизнедеятельности умного города [Yigitcanlar et al., 2020]. Как указывалось ранее, для достижения устойчивости городов необходимо нечто большее, чем *технология*. Чтобы нейтрализовать технологические недостатки ИИ, нужны практические усовершенствования и изменения в сферах *политики и общества* – двух других движущих силах, стоящих за развитием умных и устойчивых городов (см. рис. 2).

- *Возможности ИИ в сфере экономики* включают повышение производительности и инноваций, снижение затрат и увеличение ресурсов, поддержку процесса принятия решений и автоматизацию этого процесса [Агравал, Ганс, Голдфарб 2019; Li, Hou, Yu, Lu, Yang, 2017; Jarrahi, 2018]. К *ограничениям ИИ* можно отнести предвзятость решений, дестабилизацию рынка труда, сокращение доходов и занятости и усиление экономического неравенства [Korinek, Stiglitz, 2017; Truby, Brown, Dahdal, 2020; Dauvergne, 2020].
- *Возможности ИИ в социальной сфере* – улучшение мониторинга здравоохранения, улучшение медицинской

диагностики, более гибкая система образования, персонализация преподавания и обучения и оптимизация задач [Chatterjee, Bhattacharjee, 2020; Kerassidou, 2020; Yu, Beam, Kohane, 2018].

Ограничения ИИ – предвзятость решений, ошибочные диагнозы, нестабильный рынок труда, сокращение рабочих мест и подрыв конфиденциальности и безопасности данных [Hoffman, 2019; Noble, 2018; О'Нил, 2018].

- *Возможности ИИ в области экологии* – помощь в мониторинге состояния окружающей среды, оптимизация потребления и производства энергии, оптимизация транспортных систем и помощь в разработке более экологически эффективных транспортных и логистических систем [Bottarelli, Bicego, Blum, Farinelli, 2019; Guériaux, Cugurullo, Acheampong, Dusparic, 2020; Lu, et al., 2019a]. Напротив, *ограничения ИИ* включают в себя предвзятые решения, чрезмерное разрастание городов, ведущее к увеличению дальности поездок на автомобильном транспорте, дестабилизацию стоимости собственности, усиление зависимости от энергии из-за интенсивного использования технологий и увеличение углеродного следа [Brevini, 2020; Hawkins, Nurul Habib, 2019; Dauvergne, 2020].
- *Возможности ИИ в области управления* – расширение возможностей систем наблюдения, повышение кибербезопасности, улучшение систем раннего оповещения о стихийных бедствиях и ликвидации их последствий, предоставление гражданам-добровольцам новых технологий для сбора краудсорсинговых данных/информации [Zeadally, Adi, Baig, Khan, 2020; Zhang et al., 2019; Shneiderman, 2020]. К *ограничениям ИИ* относятся принятие предвзятых решений, включая расовую предвзятость и дискриминацию, подавление голоса/протестов/прав граждан, нарушение гражданских свобод, возможные нарушения конфиденциальности, неэтичное использование технологий, риск распространения дезинформации и проблемы с кибербезопасностью [Dignam, 2020; Taddeo, McCutcheon, Floridi, 2019; Taeihagh, Lim, 2019].

Перечисленные возможности и ограничения следует оценивать в контексте пяти уровней автономии, которые характеризуют способность ИИ принимать решения [Cugurullo, 2020; Teoh, 2020]. Уровень 0

соответствует отсутствию автономии, то есть полному контролю человека над каждым решением. Уровни 1 и 2 подразумевают принятие решений с помощью ИИ. На уровне 2 ИИ предлагает умеренную помощь или рекомендации. На уровне 3 решения ИИ требуют одобрения человека, в то время как на уровне 4 от человека требуется лишь отслеживать и проверять решения ИИ, чтобы иметь возможность вмешаться в случае возникновения проблемы. Уровень 5 означает полную автономию, когда все решения принимаются ИИ без контроля со стороны человека. По мере продвижения к уровню 5 растут масштабы и возможностей, и рисков. Обладая этими большими возможностями, ИИ должен будет брать на себя большую ответственность и поэтому, прежде чем мы перейдем к уровню 5, крайне важно разработать «ответственный и этичный ИИ» [Argrieta et al., 2020; Burton et al., 2020; Matthias, 2004]. С точки зрения урбанистики технология искусственного интеллекта развивается быстро, обретая в городах все большую автономию. Особенно в экспериментальных городах, где темпы внедрения технологических инноваций обычно высоки, мы уже можем видеть фрагменты городской среды, которые не просто *автоматизированы*, а *автономны*.

Ключевое различие между *автоматизацией* и *автономией* заключается в том, что автоматизированная технология раз за разом следует шаблонам, ранее разработанным для нее человеческим интеллектом, в то время как автономная технология разрабатывает свои собственные стратегии, редко повторяя одно и то же действие [Cicurullo, 2020]. Проще говоря, это разница между лифтом, который либо поднимается, либо опускается, останавливаясь на одних и тех же неизменных этажах, и автономным автомобилем, который может объехать целый город и ни разу не проследовать по одному и тому же маршруту. Это различие имеет решающее значение, поскольку автономный ИИ работает в реальных условиях, где под угрозой могут оказаться жизни реальных людей. Не в замкнутой шахте лифта, а, например, на городской дороге, на которой кроме него находятся сотни людей. Здесь автономный ИИ должен принимать важные решения и совершать действия, которые действительно могут убить. Речь идет о первом случае гибели пешехода под колесами беспилотного автомобиля в городе Темпе, штат Аризона, в марте 2018 года. Автономный Uber оказался не в состоянии адекватно

действовать в условиях неопределенности, типичной для открытых городских пространств, и его неспособность убила женщину, переходившую дорогу за пределами пешеходного перехода [Stilgoe, 2019]. Чем выше автономия ИИ, тем больше рисков, учитывая, что на сегодняшний день у нас нет городского искусственного интеллекта, который может в полной мере понимать, что правильно, а что неправильно (вопрос этики), а затем отвечать за свое поведение (вопрос ответственности).

Кроме того, важно признать, что и теория умных и устойчивых городов, и ИИ находятся в постоянном развитии. Как показано в разделах 3 и 4, было реализовано множество проектов умных городов, и еще большее их число находится в стадии разработки, в то время как эволюция ИИ достигла только второго уровня из четырех. Это означает, что пока что мы видим лишь небольшую часть того, что потенциально может предложить умный урбанизм, соединенный с искусственным интеллектом. Вопрос о том, ждет ли нас впереди самое лучшее или самое худшее, остается открытым. Разумеется, на данный момент не существует ни идеальной системы ИИ, ни идеального умного и устойчивого города, которые могли бы служить универсальной моделью развития, и, учитывая множество существующих в мире географических различий, сомнительна прежде всего и сама идея универсальной модели [Karvonen et al., 2018; Yigitcanlar, 2018; Yigitcanlar, 2009]. Это означает, что нам необходимо продолжать исследования как концептуализации, так и практического применения ИИ в умных и устойчивых городах в разных географических пространствах и масштабах [Leitheiser, Follmann, 2020]. Только тогда мы сможем проанализировать и в полной мере оценить возможности симбиоза ИИ и города и понять, может ли он породить «умные города с ИИ» [Yigitcanlar et al., 2020].

Наконец, остается критически важный вопрос о том, как определить и концептуализировать город с ИИ. В текущем понимании *город с искусственным интеллектом* — это «город, в котором алгоритмы являются доминирующими агентами, ответственными за принятие решений и арбитраж протоколов управления — систем норм и правил, от светофоров до налоговых структур, которые позволяют людям и организациям взаимодействовать между собой и в которых люди могут иметь ограниченное право голоса в выборе вариантов действий, представленных на их рас-

Рис. 5. Области улучшения искусственного интеллекта
Источник: схема авторов.



смотрение в каждом данном случае взаимодействия» [Desouza, 2017]. Чтобы подобные города достигли состояния устойчивости, необходимо тщательно рассмотреть вопросы прозрачности, справедливости, этики и сохранения человеческих ценностей. Эти нерешенные проблемы неотделимы от ИИ и, таким образом, препятствуют его устойчивости. Другими словами, чтобы повысить шансы на то, что город с ИИ станет устойчивым городом, нам нужен более совершенный ИИ, что и станет темой следующего раздела.

6. Обсуждение: более совершенный искусственный интеллект для более совершенных городов

Макридакис [Makridakis, 2017] задается вопросом о том, ведет ли революция ИИ к утопическому или антиутопическому будущему или же к чему-то среднему. Ответ на этот вопрос полностью зависит от того, как мы собираемся бороться с недостатками ИИ и как мы собираемся использовать ИИ в наших городах, на предприятиях и в жизни в целом. Как отмечает Бэтти [Batty, 2018], трудно в точности предсказать будущее городов, хотя можно строить города будущего, имея в виду, что мы можем активно работать в настоящем над улучшением современных городов и результатом в конечном итоге станут города будущего. Следуя этой мысли, если мы сосредоточимся на подводных камнях ИИ, то сможем найти способы действительно сделать ИИ более совершенным. Более «совершенным» в смысле более пригодным для того, чтобы сделать наши города и общества более устойчивыми. Ключевые области, в которых требуются улучшения, чтобы добиться ИИ, в большей степени способствующих устойчивости, проиллюстрированы на рис. 5, а подробнее описаны ниже.

Первым вопросом, решение которого необходимо для консолидации ориентированного на устойчивость ИИ, является *вовлеченность заинтересованных сторон*. Как правило, технологии искусственного интеллекта создаются исключительно технологическими компаниями без особых консультаций с более широкими заинтересованными группами или сторонами. Активное сотрудничество между широким и инклюзивным кругом заинтересованных сторон, особенно на этапах разработки и развертывания – в идеале в форме «четверной спирали» государства, частного сектора, научных кругов и общественности – повысит потенциал ориентации ИИ на устойчивость [Erskine, 2019; Loi, Wolf, Blomberg, Arar, Brereton, 2019]. Это, по сути, вопрос инклюзивности и демократии. Учитывая, что этос устойчивости связан с достижением *общего будущего*, мы утверждаем, что никакое общее будущее невозможно вообразить и реализовать, если не будут задействованы надлежащие формы демократического управления. В частности, в отношении ИИ это означает, что каждая технология ИИ, влияющая на города, должна обсуждаться всеми заинтересованными сторонами в городах, а не навязываться сверху могущественными технологическими компаниями.

Второй вопрос – о *доверии*. Непрозрачный характер принятия искусственным интеллектом (действующим как черный ящик) своих решений (иногда они ошибочны), возможность того, что ИИ потерпит неудачу в ситуации, когда на кону вопрос жизни и смерти, а также уязвимости в области кибербезопасности – все это ограничивает общественное доверие. Технологии искусственного интеллекта должны заслужить доверие не только в глазах общественности и в восприятии людей, но и у компаний и государственных учреждений, которые будут инвестировать в ИИ [Ahmad, Teredesai, Eckert, 2020; Chen, Kuo, Lee, 2020; Larsson, Heintz, 2020]. Это непростая проблема, потому что, как отмечает Гринфилд [Гринфилд, 2018], ИИ окутан завесой тайны, что означает, что, хотя он уже стал частью повседневной жизни многих людей, его механизмы и реальное функционирование понятны лишь немногим.

Следующая область улучшений касается вопросов *гибкости*. Системы искусственного интеллекта должны быть достаточно компетентными, чтобы справляться со сложностью и неопределенностью, которые являются чрезвычайно распростра-

ненными чертами современных городов [Kaker et al., 2020]. Кроме того, системы ИИ должны фокусироваться на решаемой проблеме, а не просто на данных, сбор которых, возможно, бессмыслен с точки зрения устойчивости, если только он не служит достижению одной из ранее определенных целей устойчивого развития. Кроме того, технология ИИ должна быть максимально экономичной и доступной. Это имеет решающее значение для более широкого распространения ИИ в городах за счет средств государственного сектора [Masanja, Mkumbo, 2020; Brock, Von Wangenheim, 2019]. Дорогой ИИ – это в конечном счете элитарный ИИ, который может позволить себе только богатое меньшинство. Элитарный ИИ может быть распределен только неравномерно, что создает разрыв между богатыми и бедными городами, а также внутренние разломы внутри отдельных городов, где небольшие премиальные анклавы сосуществуют рядом с неблагополучными районами.

Четвертая проблема – *монополия*. Монополистическая структура разработки и внедрения технологий проблематична, поскольку отсутствие конкуренции ограничивает технологическое разнообразие. Исключение монополизации ИИ может сделать технологии ИИ более доступными и поддержать текущие усилия по разработке «открытого ИИ». Это, в свою очередь, также будет способствовать демократизации исследований и практик ИИ, а также снизит риск образования *синглтона* [Allen, Agarwal, Kalpathy-Cramer, Dreyer, 2019; Moreau, Vogel, Barry, 2019]. Согласно Бострому [Bostrom, 2017; Бостром, 2016], синглтон – это такой мировой порядок, при котором миром правит один-единственный сверхинтеллект. Это маловероятная ситуация, пока речь идет об ИИ уровня 1 или 2, но может оказаться не такой уж отдаленной возможностью, если в мире будет только одна технологическая компания, способная создать искусственный сверхинтеллект.

Еще одним критически важным вопросом является *этика*. Нам нужно развивать ИИ таким образом, чтобы он уважал права человека, разнообразие и человеческую автономию. Хорошую отправную точку представляют собой недавние этические рекомендации по развитию ИИ, выпущенные Европейской комиссией [Floridi, 2019]. Однако, как заявил Миттельштадт [Mittelstadt, 2019], сами по себе принципы не могут гарантировать развитие этического ИИ. Следовательно, нам необходимо глобально

развивать этику ИИ – мультикультурную систему моральных принципов, которая исходит из серьезности рисков, связанных с ИИ, – вместе с механизмом мониторинга нарушений этики. Этика должна обеспечить, чтобы технологии ИИ были предназначены для процветания человека во всем мире [Jobin, Ienca, Vayena, 2019; Hagedorff, 2020], но это очень сложный вопрос, учитывая, что универсальных и общепризнанных этических принципов не существует [Awad et al., 2018; Awad et al., 2020].

Шестой вопрос касается *регуляции* и стоящих перед ним проблем. ИИ не может обеспечивать устойчивость и служить общему благу, если он никак не регулируется. В ситуации, когда различные пользователи ИИ (или, потенциально, системы создающего интеллекта и сверхинтеллекта) могут делать все, что захотят, достижение общего блага крайне маловероятно. Разные участники будут следовать разными траекториями и достигать разнородных (и не обязательно взаимовыгодных) результатов. Это представляет большой риск для общества, особенно для более бесправных и исторически маргинализированных групп и стран с низким уровнем дохода. Таким образом, нам нужны хорошо регулируемые и ответственные системы ИИ, снабженные механизмами компенсации сбоев. Такое регулирование должно также защищать общественные ценности [Scherer, 2015; Reed, 2018] и распространяться на городскую среду. В урбанистических исследованиях хорошо задокументировано, что, когда городское развитие не регулируется, ключевые вопросы устойчивости (такие, как справедливость и защита окружающей среды) отходят на второй план и затмеваются экономическими интересами [Cugurullo, 2016; Imrie, Street, 2009]. Следовательно, регулирование искусственного интеллекта и регулирование городской среды должны идти рука об руку в качестве двойного политического приоритета.

Последний вопрос касается развития ИИ *на благо общества* и на благо каждого члена общества [Floridi, Cowls, King, Taddeo, 2020]. ИИ и данные должны быть общим ресурсом, используемым на благо общества, а не для обслуживания экономических целей корпораций и интересов политических элит. ИИ *для всех* потребует установления прав совместного пользования ИИ (AI commons) [Tzimas, 2018]; ранее уже предпринимались аналогичные попытки создания прав совместного поль-

зования в цифровой сфере [Rottz, Sell, Pacheco, Yigitcanlar, 2019]. Предполагается, что такие права позволят каждому, где бы он ни находился, пользоваться многочисленными преимуществами, которые может предоставить ИИ [Cath, Wachter, Mittelstadt, Taddeo, Floridi, 2018]. Следует изучать возможности прав совместного пользования ИИ и использовать их, чтобы позволить тем, кто занимается внедрением ИИ, общаться со специалистами по ИИ и его разработчиками с тем, чтобы подчинить все системы ИИ общей и общественно значимой цели [ITU News, 2020]. С урбанистической точки зрения это, возможно, самая большая проблема, потому что открытие доступа к ИИ как общественному благу требует также и открытия доступа к городским пространствам, требует подхода к городу как к подлинно общественному ресурсу, а не территории, раздираемой неолиберальными амбициями.

7. Выводы: следующий большой вызов в устойчивом развитии

В этой работе исследовались возможности и ограничения создания и внедрения таких технологий ИИ, которые сделали бы нынешние и будущие города более устойчивыми. Анализ показал, что, хотя технология ИИ развивается и становится неотъемлемой частью городских служб, пространств и проектов, нам все еще необходимо найти способы встраивания ИИ в наши города с учетом требований устойчивости, а также свести к минимуму негативные социальные, экологические, экономические и политические эффекты, вызываемые все более глобальным внедрением ИИ. По своей сути, город с ИИ не является устойчивым городом. Как развитие ИИ, так и развитие городов необходимо совершенствовать и более строго ориентировать на устойчивость как главную цель. Отталкиваясь от этого, обзор привел к следующим мыслям о попытках повысить устойчивость ИИ и тех городов, которые его внедряют.

Прежде всего, ИИ как часть городской информатики значительно расширяет наши знания о вычислительной урбанистике [Kontokosta, 2018]. В эпоху неопределенности и сложности городские проблемы диагностируются и решаются с помощью многочисленных технологий ИИ. Однако с точки зрения устойчивости качество наших решений о будущем городов в значительной степени зависит от этой вычислительной мощности (технологии), а также

от инклюзивности процессов принятия решений и формирования политики. Следовательно, роста вычислительной мощности, предлагаемого ИИ, недостаточно для достижения устойчивости, если только она не сочетается с системами демократического управления и планирования, открытого для участия граждан.

Во-вторых, экспоненциально растет использование ИИ с целью повышения эффективности ряда сфер, таких как бизнес, анализ данных, здравоохранение, образование, энергетика, мониторинг окружающей среды, землепользование, транспорт, управление и безопасность. Это имеет прямое отношение к планированию, проектированию, развитию и управлению нашими городами [Quan, Park, Economou, Lee, 2019]. Тем не менее разные применения ИИ, как правило, остаются фрагментарными в том смысле, что разнородные ИИ нацелены на решение разнородных проблем и достижение не связанных друг с другом целей без применения целостного подхода. Таким образом, для устойчивого урбанизма необходима координация множества систем ИИ, действующих в наших городах, ведь устойчивость подразумевает мышление и действие исходя из *целого*, а не отдельных частей. С этой точки зрения узкий ИИ, выполняющий узкие задачи, упускает из виду широкий спектр социальных, экологических и политических проблем, внимание к которым необходимо для достижения устойчивости. Мы не можем и не должны ожидать, что гипотетический будущий общий ИИ заполнит эту лауну [Bundy, 2017]. Человеческая инициатива и координация нужны сегодня.

В-третьих, способность искусственного интеллекта к автономному решению проблем может быть полезна в некоторых городских процессах принятия решений. Тем не менее требуется предельная осторожность при контроле любых автономных решений, принимаемых ИИ, — человеческий вклад и надзор в настоящее время имеют решающее значение для работы узкого ИИ, и будут еще более важны, если инновации достигнут стадии общего искусственного интеллекта [Kirsch, 2020]. ИИ может помочь нам оптимизировать городские процессы и сделать города умнее. Мы можем быстрее двигаться к цели, если эта цель — умный урбанизм, но, если мы хотим создавать города умные и в то же время устойчивые, человеческий интеллект не должен находиться в тени искусственного.

В-четвертых, ИИ может способствовать позитивным переменам в городах и обществах и внести вклад в достижение нескольких целей устойчивого развития [Vinueza et al., 2020; Dwivedi et al., 2019]. Однако, несмотря на эти позитивные возможности, нам по-прежнему необходимо осторожно подходить к выбору правильной технологии ИИ для правильного места и обеспечивать ее доступность и соответствие политике устойчивого развития, не упуская из виду вопросы принятия со стороны сообществ [Sohn, Kwon, 2020]. ИИ не должен навязываться обществу и городам, он должен обсуждаться локально на низовом уровне с учетом географических, культурных, демографических и экономических различий. Устойчивость может быть достигнута только при здоровом сочетании технологий, участия сообщества и политических движущих сил, отсюда настоятельная необходимость развития не только в технологическом, но также в социальном и политическом плане.

В-пятых, мы должны быть готовы к неизбежному грядущим проблемам и конфликтам, которые ИИ создаст в наших городах и обществах. Распространение ИИ не будет черно-белым явлением. Множество оттенков серого будут характеризовать развертывание разнородных систем ИИ в разных частях мира. Даже в оптимистичном сценарии, в котором «доброкачественный ИИ» способствует устойчивости, кто-нибудь где-нибудь все равно пострадает. Таким образом, крайне важно разработать соответствующие меры и нормативную базу, а также выделить достаточные средства, чтобы смягчить проблемы, которые ИИ создаст для самых обездоленных городов и социальных групп, а также для окружающей среды [Donald, 2019]. Как было упомянуто ранее, устойчивость касается не отдельных частей, а целого. Устойчивой не является такая форма развития, которая раскалывает города и общества и разрушает природную среду, создавая победителей и проигравших. Подобно урагану, ИИ, скорее всего, потрясет все, что мы видим, знаем и о чем заботимся. Не следует забывать, что мы настолько сильны, насколько силен самый слабый член общества.

В-шестых, в будущем реальной возможностью могут стать симбиотические отношения между ИИ и городами. В сочетании с прогрессом в области государственной политики и вовлеченности сообщества прогресс в технологии

искусственного интеллекта может смягчить глобальные проблемы устойчивости, обсуждавшиеся в разделе 2 [Musikanski et al., 2020]. При этом, хотя города могут извлечь выгоду из технологий и приложений ИИ, развитие городов также может пойти на пользу прогрессу в области ИИ. Это ключевой аспект пересечения между развитием искусственного интеллекта и развитием городов. Как мы объясняли в разделе 4, ключевой компетенцией ИИ является способность к обучению. ИИ учится, воспринимая окружающую среду и тем самым приобретая и накапливая знания [Cugurullo, 2020]. Обучение – это еще и способ самосовершенствования ИИ. Искусственный интеллект – это технология, которая учится на собранных данных, на своих ошибках, а также на ошибках, допущенных другими системами ИИ и человеческим интеллектом. С этой точки зрения город представляет собой идеальную среду для обучения ИИ. Города – это места с наибольшей концентрацией знания, места, где происходят самые разнообразные события, где встречаются между собой многочисленные акторы и где были сделаны самые большие ошибки и величайшие открытия человечества. Именно в этом котле идей и опыта, который мы называем «городом», современный узкий ИИ способен обучаться успешнее всего, потенциально превращаясь в искусственный интеллект общего назначения.

В-седьмых, чтобы подготовить местные органы власти к грядущей эре ИИ, нам необходима дальнейшая децентрализация политической власти и экономических ресурсов. Хотя планировать внедрение ориентированного на устойчивость ИИ в наших городах крайне важно, в настоящее время почти все местные органы власти по всему миру не готовы к тщательному планированию и реализации проектов ИИ в масштабах города – с точки зрения технического персонала, бюджета и оборудования [Mikhaylov, Esteve, Campion, 2018; Sousa, de Melo, Bermejo, Farias, Gomes, 2019]. Большинство технологий ИИ дороги, и поэтому важно сделать их достаточно доступными, чтобы избежать их неравномерного и в конечном счете несправедливого распределения. Если ИИ должен стать частью города, то нам нужно рассматривать его не как элитарную технологию, а как общее благо, по поводу которого каждый имеет право голоса. Это, в свою очередь, вопрос городской политики и вопрос такой политизации ИИ, когда его развертывание в городах обсуждается и со-

гласовывается максимально инклюзивно и демократично, а не диктуется горсткой влиятельных технологических компаний. При технократии устойчивости не будет.

В-восьмых, некоторые из изменений, вызванных ИИ, могут быть невидимыми и неслышимыми, но их последствия с городской точки зрения могут оказаться ощутимыми и заметными. Например, ИИ явно оказывает влияние на экономику городов [Furman, Seamans, 2019]. Это влияние будет углубляться и расширяться по мере того, как инновации будут совершенствоваться и расширять возможности узкого ИИ. *Какова роль человека в экономике, в которой узкие искусственные интеллекты, общие искусственные интеллекты и искусственные сверхинтеллекты могут дешево выполнять человеческие задачи быстрее и лучше, чем сами люди?* Это вечный вопрос исследований ИИ, к которому мы можем добавить дополняющий его городской вопрос: *какова роль городов как экономических центров в эпоху ИИ?* Основой смысла существования городов заключается в том, что они предоставляют пространства, необходимые для применения человеческого труда, а также для обучения людей во многих областях, связанных с работой. Однако ИИ подрывает этот смысл. Если потребность в человеческом труде в городах уменьшится или, еще того хуже, совсем исчезнет, то и города, скорее всего, придут в упадок и перестанут существовать [Kassens-Noor, Hintze, 2020]. Поэтому сейчас как никогда важно переосмыслить, перепланировать и перепроектировать города таким образом, чтобы их функции и форма не диктовались человеческой экономикой и не зависели от нее. Это вопрос как переосмысления экономического аспекта городов, так и актуализации социальных, культурных, психологических, политических и экологических аспектов городских пространств.

Наконец, в контексте умных и устойчивых городов искусственный интеллект является новой областью исследований. Нужны дальнейшие теоретические и эмпирические исследования, рассматривающие это явление с разных сторон и в рамках разных дисциплин, чтобы создать базу знаний, которая необходима, чтобы городские политики, менеджеры, градостроители и граждане имели возможность принимать информированные решения о внедрении ИИ в городах и компенсировать неизбежные проблемы, которые за этим последуют. Это будет непростой задачей, потому что ИИ – это технология, а город – нет. Города

образованы прежде всего людьми и являются творениями человеческого разума. Слияние искусственного и человеческого интеллекта в городах – это следующий большой вызов для устойчивого развития.

Источники

- Агравал А., Ганс Дж., Голдфарб А. (2019) Искусственный интеллект на службе бизнеса. Как машинное прогнозирование помогает принимать решения. М.: Манн, Иванов и Фербер.
- Бостром Н. (2016) Искусственный интеллект. Этапы. Угрозы. Стратегии. М.: Манн, Иванов и Фербер.
- Гринфилд А. (2018) Радикальные технологии: устройство повседневной жизни. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС.
- Лавлок Дж. (2022) Новацен: грядущая эпоха сверхразума. СПб.: Издательство Европейского университета.
- О'Нил К. (2018) Убийственные большие данные. Как математика превратилась в оружие массового поражения. М.: АСТ.
- Рассел С., Норвиг П. (2021) Искусственный интеллект: современный подход. М.: Диалектика.
- Тегмарк М. (2019) Жизнь 3.0. Быть человеком в эпоху искусственного интеллекта. М.: АСТ.
- Accord C. (2017) Trump decision on climate change 'major disappointment': United Nations//Waste Water Manag. Aust. Vol. 44. P. 35.
- Acheampong R.A., Cugurullo F. (2019) Capturing the behavioural determinants behind the adoption of autonomous vehicles: Conceptual frameworks and measurement models to predict public transport, sharing and ownership trends of self-driving cars. Transp. Res. Part. F. Vol. 62. P. 349-375.
- Adly A.S., Adly A.S., Adly M.S. (2020) Approaches based on artificial intelligence and the internet of intelligent things to prevent the spread of COVID-19: Scoping review// J. Med. Internet Res. Vol. 22. P. e19104.
- Agrawal A., Gans J., Goldfarb A. (2018) Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence. Boston, MA: Harvard Business Press.
- Ahmad M.A., Teredesai A., Eckert C. (2020) Fairness, accountability, transparency in AI at scale: Lessons from national programs//Proceedings of the 2020 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency, Barcelona, Spain, 27-30 January 2020. P. 690-699.
- Allam Z., Dhunny Z.A. (2019) On big data, artificial intelligence and smart cities. Cities//Vol. 89. P. 80-91.
- Allam Z., Newman P. (2018) Redefining the smart city: Culture, metabolism and governance//Smart Cities. Vol. 1. P. 4-25.
- Allen B., Agarwal S., Kalpathy-Cramer J., Dreyer K. (2019) Democratizing AI//J. Am. Coll. Radiol. Vol. 16. P. 961-963.
- AlOmar M.K., Hameed M.M., AlSaadi M.A. (2020) Multi hours ahead prediction of surface ozone gas concentration: Robust artificial

- intelligence approach//Atmos. Pollut. Res. Vol. 11. P. 1572-1587.
- Angelidou M. (2015) Smart cities: A conjuncture of four forces//Cities. Vol. 47. P. 95-106.
- Anguelovski I., Irazábal-Zurita C., Connolly J.J. (2019) Grabbed urban landscapes: Socio-spatial tensions in green infrastructure planning in Medellín//Int. J. Urban. Reg. Res. Vol. 43. P. 133-156.
- Arbolino R., De Simone L., Carlucci F., Yigitcanlar T., Ioppolo, G. (2018) Towards a sustainable industrial ecology: Implementation of a novel approach in the performance evaluation of Italian regions. J. Clean. Prod. Vol. 178. P. 220-236.
- Arrieta A.B., Díaz-Rodríguez N., Del Ser J., Bennetot A., Tabik S., Barbado A., Chatila R. (2020) Explainable artificial intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI//Inf. Fusion. Vol. 58. P. 82-115.
- Atapattu S. (2020) Climate change and displacement: Protecting 'climate refugees' within a framework of justice and human rights. J. Hum. Rights Environ//Vol. 11. P. 86-113.
- Awad E., Dsouza S., Kim R., Schulz J., Heinrich J., Shariff A., Bonnefon J., Rahwan I. (2018) The moral machine experiment//Nature. No. 563. P. 59-64.
- Awad E., Dsouza S., Shariff A., Rahwan I., Bonnefon J.F. (2020) Universals and variations in moral decisions made in 42 countries by 70,000 participants//Proc. Natl. Acad. Sci. USA. No. 117. P. 2332-2337.
- Aziz K., Haque M.M., Rahman A., Shamseldin A.Y., Shoaib M. (2017) Flood estimation in ungauged catchments: Application of artificial intelligence-based methods for Eastern Australia//Stoch. Environ. Res. Risk Assess. Vol. 31. P. 1499-1514.
- Bach J. (2020) When artificial intelligence becomes general enough to understand itself. Commentary on Pei Wang's paper "on defining artificial intelligence"//J. Artif. Gen. Intell. Vol. 11. P. 15-18.
- Barnes E.A., Hurrell J.W., Ebert-Uphoff I., Anderson, C., Anderson D. (2019) Viewing forced climate patterns through an AI Lens//Geophys. Res. Lett. Vol. 46. P. 13389-13398.
- Barns S. (2019) Platform Urbanism: Negotiating Platform Ecosystems in Connected Cities. Singapore: Palgrave Macmillan.
- Bastos M., Mercea D. (2018) The public accountability of social platforms: Lessons from a study on bots and trolls in the Brexit campaign//Philos. Trans. R. Soc. A. Vol. 376 (2118).
- Batty M. (2018) Inventing Future Cities. Cambridge, MA: MIT Press.
- Berchin I.I., Valduga I.B., Garcia J., de Andrade J.B. (2020) Climate change and forced migrations: An effort towards recognizing climate refugees//Geoforum. Vol. 84. P. 147-150.
- Berck P., Levy A., Chowdhury K. (2012) An analysis of the world's environment and population dynamics with varying carrying capacity, concerns and skepticism//Ecol. Econ. Vol. 73. P. 103-112.
- Boenig-Liptsin M. (2017) AI and robotics for the city: Imagining and transforming social infrastructure in San Francisco, Yokohama, and Lviv//Field Actions Sci. Rep. Vol. 17. P. 16-21.
- Bostrom N. (2017) Superintelligence. Oxford: Oxford University Press.
- Bottarelli L., Bicego M., Blum J., Farinelli A. (2019) Orienteering-based informative path planning for environmental monitoring//Eng. Appl. Artif. Intell. Vol. 77. P. 46-58.
- Brandtzaeg P.B., Følstad, A. (2018) Chatbots: Changing user needs and motivations//Interactions. Vol. 25. P. 38-43.
- Brevini B. (2020) Black boxes. Not green: Mythologizing artificial intelligence and omitting the environment//Big Data Soc. Vol. 7. P. 2053951720935141.
- Brock J.K., Von Wangenheim F. (2019) Demystifying AI: What digital transformation leaders can teach you about realistic artificial intelligence//Calif. Manag. Rev. Vol. 61. P. 110-134.
- Bundy A. (2017) Preparing for the future of artificial intelligence//Ai Soc. Vol. 32. P. 285-287.
- Burton S., Habli I., Lawton T., McDermid J., Morgan P., Porter Z. (2020) Mind the gaps: Assuring the safety of autonomous systems from an engineering, ethical, and legal perspective//Artif. Intell. Vol. 279. P. 103201.
- Butler L., Yigitcanlar T., Paz A. (2020) How can smart mobility innovations alleviate transportation disadvantage? Assembling a conceptual framework through a systematic review//Appl. Sci. Vol. 10. P. 6306.
- Caprotti F., Liu D. (2020) Emerging platform urbanism in China: Reconfigurations of data, citizenship and materialities//Technol. Forecast. Soc. Chang. Vol. 151. P. 119690.
- Cath C., Wachter S., Mittelstadt B., Taddeo M., Floridi L. (2018) Artificial intelligence and the 'good society': The US, EU, and UK approach//Sci. Eng. Ethics. Vol. 24. P. 505-528.
- Chatterjee S., Bhattacharjee K.K. (2020) Adoption of artificial intelligence in higher education: A quantitative analysis using structural equation modelling//Educ. Inf. Technol. Vol. 11. No. 6. P. 5467.
- Chaurasia V.K., Yunus A., Singh M. (2020) An overview of smart city: Observation, technologies, challenges and blockchain applications. Blockchain Technology for Smart Cities. Singapore: Springer. P. 133-154.
- Chen G., Li X., Liu X., Chen Y., Liang X., Leng J., Huang K. (2020) Global projections of future urban land expansion under shared socioeconomic pathways//Nat. Commun. Vol. 11. P. 1-12.
- Chen S.Y., Kuo H.Y., Lee C. (2020) Preparing society for automated vehicles: Perceptions of the importance and urgency of emerging issues of governance, regulations, and wider impacts//Sustainability. Vol. 12. P. 7844.

- Chu E.K. (2016) The governance of climate change adaptation through urban policy experiments//*Environ. Policy Gov.* Vol. 26. P. 439–451.
- Clifton J., Glasmeier A., Gray M. (2020) When machines think for us: The consequences for work and place//*Camb. J. Reg. Econ. Soc.* Vol. 13. P. 3–23.
- Coaffee J., Therrien M.C., Chelleri L., Henstra D., Aldrich D.P., Mitchell C.L. (2018) Urban resilience implementation: A policy challenge and research agenda for the 21st century//*J. Contingencies Crisis Manag.* Vol. 26. P. 403–410.
- Cohen J.E. (2003) Human population: The next half century//*Science.* Vol. 302. P. 1172–1175.
- Coletta C., Evans L., Heaphy L., Kitchin R. (2019) *Creating Smart Cities.* London: Routledge.
- Corea F. (2018) AI Knowledge Map: How to Classify AI Technologies. Режим доступа: [https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/\(2018\)/08/22/ai-knowledge-map-how-to-classify-atechnologies/#5e99db627773](https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/(2018)/08/22/ai-knowledge-map-how-to-classify-atechnologies/#5e99db627773) (дата обращения: 11.05.2020).
- Cugurullo F. (2018) The origin of the smart city imaginary: From the dawn of modernity to the eclipse of reason. The Routledge Companion to Urban Imaginaries. London: Routledge. P. 113–124.
- Cugurullo F. (2013) How to build a sandcastle: An analysis of the genesis and development of Masdar City//*J. Urban. Technol.* Vol. 20. P. 23–37.
- Cugurullo F. (2016) Speed kills: Fast urbanism and endangered sustainability in the Masdar City project. Datta A. Shaban A. (Eds.) *Mega-Urbanization in the Global South: Fast Cities and New Urban Utopias of the Postcolonial State.* London: Routledge. P. 78–92.
- Cugurullo F. (2016) Urban eco-modernisation and the policy context of new eco-city projects: Where Masdar City fails and why//*Urban. Stud.* Vol. 53. P. 2417–2433.
- Cugurullo F. (2018) Exposing smart cities and eco-cities: Frankenstein urbanism and the sustainability challenges of the experimental city//*Environ. Plan. A.* Vol. 50. P. 73–92.
- Cugurullo F. (2020) Urban artificial intelligence: From automation to autonomy in the smart city//*Front. Sustain. Cities.* Vol. 2. P. 38.
- Cugurullo F., Acheampong R.A., Gueriau M., Dusparic I. (2020) The transition to autonomous cars, the redesign of cities and the future of urban sustainability//*Urban. Geogr.*
- Cuzzolin F., Morelli A., Cirstea, B., Sahakian, B.J. (2020) Knowing me, knowing you: Theory of mind in AI//*Psychol. Med.* Vol. 50. P. 1057–1061.
- Dauvergne P. (2020) Is artificial intelligence greening global supply chains? Exposing the political economy of environmental costs//*Rev. Int. Political Econ.*
- Dauvergne P. (2021) The globalization of artificial intelligence: Consequences for the politics of environmentalism//*Globalizations.* Vol. 18. P. 285–299.
- Desouza K. (2017) *Governing in the Age of the Artificially Intelligent City.* 2017. Режим доступа: <https://www.governing.com/commentary/col-governing-age-artificially-intelligent-city.html> (дата обращения: 15.09.2020).
- Desouza K., Hunter M., Jacop B., Yigitcanlar T. (2020) Pathways to the making of prosperous smart cities: An exploratory study on the best practice//*J. Urban. Technol.* Vol. 27. No. 3. P. 3–32.
- Dignam A. (2020) Artificial intelligence, tech corporate governance and the public interest regulatory response//*Camb. J. Reg. Econ. Soc.* Vol. 13. P. 37–54.
- Donald M. (2019) *Leading and Managing Change in the Age of Disruption and Artificial Intelligence.* London: Emerald Group Publishing.
- Dwivedi Y. et al. (2019) Artificial intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy//*Int. J. Inf. Manag.* Vol. 57. P. 101994.
- El Morr C., Ali-Hassan H. (2019) Descriptive, predictive, and prescriptive analytics//*Analytics in Healthcare.* Cham: Springer. P. 31–55.
- Elmqvist T., Andersson E., Frantzeskaki N., McPhearson T., Olsson P., Gaffney O., Takeuchi K., Folke C. (2019) Sustainability and resilience for transformation in the urban century//*Nat. Sustain.* Vol. 2. P. 267–273.
- Engin Z., Treleaven P. (2019) Algorithmic government: Automating public services and supporting civil servants in using data science technologies//*Comput. J.* Vol. 62. P. 448–460.
- Erskin M. (2019) Artificial intelligence, the emerging needs for human factors engineering, risk management and stakeholder engagement//*Proceedings of the World Engineers Convention, Engineers Australia, Melbourne, Australia, 20–22 November 2019.* P. 9–10.
- Evangelista R., Bruno F. (2019) WhatsApp and political instability in Brazil: Targeted messages and political radicalization//*Internet Policy Rev.* Vol. 8. P. 1–23.
- Evans J., Karvonen A., Luque-Ayala A., Martin C., McCormick K., Raven R., Palgan Y.V. (2019) Smart and sustainable cities? Pipedreams, practicalities and possibilities//*Local Environ.* Vol. 24. P. 557–564.
- Faisal A., Yigitcanlar T., Kamruzzaman M., Currie G. (2019) Understanding autonomous vehicles: A systematic literature review on capability, impact, planning and policy//*J. Transp. Land Use.* Vol. 12. P. 45–72.
- Faisal A., Yigitcanlar T., Kamruzzaman M., Paz A. (2020) Mapping two decades of autonomous vehicle research: A systematic scientometric analysis//*J. Urban. Technol.* Vol. 28. Iss. 3–4. P. 45–74.
- Floridi L. (2019) Establishing the rules for building trustworthy AI//*Nat. Mach. Intell.* Vol. 1. P. 261–262.

- Floridi L., Cowls J., Kin, T.C., Taddeo M. (2020) How to design AI for social good: Seven Essential factors//*Sci. Eng. Ethics*. Vol. 26. P. 1771-1796.
- Furman J., Seamans R. (2019) AI and the economy//*Innov. Policy Econ*. Vol. 19. P. 161-191.
- Girasa R. (2020) AI as a disruptive technology//*Artificial Intelligence as a Disruptive Technology*. Cham: Palgrave Macmillan. P. 3-21.
- Golbabaei F., Yigitcanlar T., Bunker J. (2020) Shared autonomous vehicles in the context of smart urban mobility: A systematic review of the literature//*Int. J. Sustain. Transp.* Vol. 15. No. 10. P. 731-748.
- Gonzalez-Jimenez H. (2018) Taking the fiction out of science fiction: (Self-aware) robots and what they mean for society, retailers and marketers//*Futures*. Vol. 98. P. 49-56.
- Gould-Wartofsky M.A. (2015) *The Occupiers: The Making of the 99 Percent Movement*. London: Oxford University Press.
- Granata F., Gargano R., de Marinis G. (2020) Artificial intelligence-based approaches to evaluate actual evapotranspiration in wetlands//*Sci. Total Environ*. Vol. 703. P. 135653.
- Grigoryev L.M. (2020) Global social drama of pandemic and recession//*Popul. Econ*. Vol. 4. P. 18-25.
- Guérliau M., Cugurullo F., Acheampong R., Dusparic I. (2020) Shared autonomous mobility-on-demand: Learning-based approach and its performance in the presence of traffic congestion//*IEEE Intell. Transp. Syst. Mag*. No. 12 (4).
- Guess A., Nagler J., Tucker J. (2019) Less than you think: Prevalence and predictors of fake news dissemination on Facebook*//*Sci. Adv*. Vol. 5, eaau4586.
- Gurzadyan G.A. (1996) *Theory of Interplanetary Flights*. New York: CRC Press.
- Haarstad H., Wathne M.W. (2019) Are smart city projects catalyzing urban energy sustainability?//*Energy Policy*. Vol. 129. P. 918-925.
- Hagendorff T. (2020) The ethics of AI ethics: An evaluation of guidelines//*Minds Mach*. Vol. 30. P. 1-22.
- Hassani H., Silva E.S., Unger S., TajMazinani M., Mac Feely S. (2020) Artificial intelligence (AI) or intelligence augmentation (IA): What is the future?//*Artif. Intell*. Vol. 1. P. 143-155.
- Hawkins J., Nurul Habib K. (2019) Integrated models of land use and transportation for the autonomous vehicle revolution//*Transp. Rev*. Vol. 39. P. 66-83.
- Hodson M., Marvin S. (2010) Urbanism in the anthropocene: Ecological urbanism or premium ecological enclaves?//*City*. Vol. 14. P. 298-313.
- Hoffmann A.L. (2019) Where fairness fails: Data, algorithms, and the limits of antidiscrimination discourse//*Inf. Commun. Soc*. Vol. 22. P. 900-915.
- Huntingford C., Jeffers E.S., Bonsall M.B., Christensen H.M., Lees T., Yang H. (2019) Machine learning and artificial intelligence to aid climate change research and preparedness//*Environ. Res. Lett*. Vol. 14. P. 124007.
- Imrie R., Street E. (2009) Regulating design: The practices of architecture, governance and control//*Urban. Stud*. Vol. 46. P. 2507-2518.
- Isaak J., Hanna M.J. (2018) User data privacy: Facebook*, Cambridge Analytica, and privacy protection. *Computer*//Vol. 51. P. 56-59.
- ITU News. (2020) Introducing 'AI Commons': A Framework for Collaboration to Achieve Global Impact. Режим доступа: <https://news.itu.int/introducing-ai-commons> (дата обращения: 20.09.2020).
- Jahani A., Rayegani B. (2020) Forest landscape visual quality evaluation using artificial intelligence techniques as a decision support system//*Stoch. Environ. Res. Risk Assess*. No. 34 (10). P. 1473-1486.
- Jaihar J., Lingayat N., Vijaybhai P.S., Venkatesh G., Upla K.P. (2020) Smart home automation using machine learning algorithms//*Proceedings of the 2020 International Conference for Emerging Technology*, Belgaum, India, 5-7 June 2020. P. 1-4.
- James P. (2014) *Urban Sustainability in Theory and Practice: Circles of Sustainability*. London: Routledge.
- Jarrahi M.H. (2018) Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making//*Bus. Horiz*. Vol. 61. P. 577-586.
- Jha S.K., Bilalovic J., Jha A., Patel N., Zhang H. (2017) Renewable energy: Present research and future scope of Artificial Intelligence//*Renew. Sustain. Energy Rev*. Vol. 77. P. 297-317.
- Ji L., Wang Z., Chen M., Fan S., Wang Y., Shen Z. (2019) How much can AI techniques improve surface air temperature forecast? A report from AI Challenger 2018 Global Weather Forecast Contest//*J. Meteorol. Res*. Vol. 33. P. 989-992.
- Jobin A., Ienca M., Vayena E. (2019) The global landscape of AI ethics guidelines//*Nat. Mach. Intell*. Vol. 1. P. 389-399.
- Jury W.A., Vaux H. (2005) The role of science in solving the world's emerging water problems//*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. Vol. 102. P. 15715-15720.
- Kaika M. (2017) Don't call me resilient again! The new urban agenda as immunology or what happens when communities refuse to be vaccinated with 'smart cities' and indicators//*Environ. Urban*. Vol. 29. P. 89-102.
- Kak S.C. (1996) Can we define levels of artificial intelligence?//*J. Intell. Syst*. Vol. 6. P. 133-144.
- Kaker S.A., Evans J., Cugurullo F., Cook M., Petrova S. (2020) Expanding cities: Living, planning and governing uncertainty. *The Politics of Uncertainty*. Routledge: London. P. 85-98.
- Kaplan A., Haenlein M. (2019) Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence//*Bus. Horiz*. Vol. 62. P. 15-25.

- Karvonen A., Cugurullo F., Caprotti F. (2018) Inside Smart Cities: Place, Politics and Urban Innovation. London: Routledge.
- Kassens-Noor E., Hintze A. (2020) Cities of the future? The potential impact of artificial intelligence//Artif. Intell. Vol. 1. P. 192-197.
- Kerasidou A. (2020) Artificial intelligence and the ongoing need for empathy, compassion and trust in healthcare//Bull. World Health Organ. Vol. 98. P. 245.
- Kirsch D. (2020) Autopilot and algorithms: Accidents, errors, and the current need for human oversight//J. Clin. Sleep Med. No. 16 (10). P. 1651-1652.
- Konikow L.F., Kendy E. (2005) Groundwater depletion: A global problem//Hydrogeol. J. Vol. 13. P. 317-320.
- Kontokosta C.E. (2018) Urban informatics in the science and practice of planning//J. Plan. Educ. Res. Vol. 41. No. 4. P. 382-395.
- Korinek A., Stiglitz J.E. (2017) Artificial intelligence and its implications for income distribution and unemployment//Natl. Bur. Econ. Res. Vol. w24174.
- Lakshmi V., Bahli B. (2020) Understanding the robotization landscape transformation: A centering resonance analysis//J. Innov. Knowl. Vol. 5. P. 59-67.
- Larsson S., Heintz F. (2020) Transparency in artificial intelligence//Internet Policy Rev. Vol. 9. P. 1-12.
- Leitheiser S., Follmann A. (2020) The social innovation-(re) politicisation nexus: Unlocking the political in actually existing smart city campaigns? The case of SmartCity Cologne, Germany//Urban. Stud. Vol. 57. P. 894-915.
- Li B.H., Hou B.C., Yu W.T., Lu X.B., Yang C.W. (2017) Applications of artificial intelligence in intelligent manufacturing: A review//Front. Inf. Technol. Electron. Eng. Vol. 18. P. 86-96.
- Loi D., Wolf C.T., Blomberg J.L., Arar R., Brereton M. (2019) Co-designing AI futures: Integrating AI ethics, social computing, and design//Proceedings of the 2019 on Designing Interactive Systems Conference, San Diego, CA, USA, 23-28 June 2019. P. 381-384.
- Lu H., Li H., Liu T., Fan Y., Yuan Y., Xie M., Qian X. (2019) Simulating heavy metal concentrations in an aquatic environment using artificial intelligence models and physicochemical indexes//Sci. Total Environ. Vol. 694. P. 133591.
- Lu H., Li Y., Chen M., Kim H., Serikawa S. (2018) Brain intelligence: Go beyond artificial intelligence//Mob. Netw. Appl. Vol. 23. P. 368-375.
- Lu J., Feng L., Yang J., Hassan M.M., Alelaiwi A., Humar I. (2019a) Artificial agent: The fusion of artificial intelligence and a mobile agent for energy-efficient traffic control in wireless sensor networks//Future Gener. Comput. Syst. Vol. 95. P. 45-51.
- Machado J.C., Ribeiro D.M., da Silva P.R., Bazanini R. (2018) Do Brazilian cities want to become smart or sustainable?//J. Clean. Prod. Vol. 199. P. 214-221.
- Macrorie R., Marvin S., While A. (2020) Robotics and automation in the city: A research agenda//Urban. Geogr. No. 42 (2). P. 197-217.
- Mahbub P., Goonetilleke A., Ayoko G.A., Egodawatta P., Yigitcanlar T. (2011) Analysis of build-up of heavy metals and volatile organics on urban roads in Gold Coast, Australia//Water Sci. Technol. Vol. 63. P. 2077-2085.
- Makridakis S. (2017) The forthcoming artificial intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms//Futures. Vol. 90. P. 46-60.
- Martin C.J., Evans J., Karvonen A. (2018) Smart and sustainable? Five tensions in the visions and practices of the smart-sustainable city in Europe and North America//Technol. Forecast. Soc. Chang. Vol. 133. P. 269-278.
- Martínez-Santos P., Renard P. (2020) Mapping groundwater potential through an ensemble of big data methods//Groundwater. Vol. 58. P. 583-597.
- Masanja N., Mkumbo H. (2020) The application of open source artificial intelligence as an approach to frugal innovation in Tanzania//Int. J. Res. Innov. Appl. Sci. Vol. 5. P. 36-46.
- Matthias A. (2004) The responsibility gap: Ascribing responsibility for the actions of learning automata//Ethics Inf. Technol. Vol. 6. P. 175-183.
- Mende M., Scott M.L., van Doorn J., Grewal D., Shanks I. (2019) Service robots rising: How humanoid robots influence service experiences and elicit compensatory consumer responses//J. Mark. Res. Vol. 56. P. 535-556.
- Metaxiotis K., Carrillo J., Yigitcanlar T. (2010) Knowledge-Based Development for Cities and Societies: Integrated Multi-Level Approaches. Hersey: IGI Global.
- Mikhaylov S.J., Esteve M., Campion A. (2018) Artificial intelligence for the public sector: Opportunities and challenges of cross-sector collaboration//Philos. Trans. R. Soc. A vol. 376. P. 20170357.
- Milakis D., Van Arem B., Van Wee B. (2017) Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research//J. Intell. Transp. Syst. Vol. 21. P. 324-348.
- Mittelstadt B. (2019) Principles alone cannot guarantee ethical AI//Nat. Mach. Intell. Vol. 1. P. 501-507.
- Mohamed E. (2020) The relation of artificial intelligence with internet of things: A survey//J. Cybersecur. Inf. Manag. Vol. 1. P. 30-34.
- Moreau E., Vogel C., Barry M. (2019) A paradigm for democratizing artificial intelligence research//Innovations in Big Data Mining and Embedded Knowledge. Cham Springer. P. 137-166.
- Mortoja M., Yigitcanlar T. (2020) Local drivers of anthropogenic climate change: Quantifying the impact through a remote sensing

- approach in Brisbane//Remote Sens. Vol. 12. P. 2270.
- Mortoja M.G., Yigitcanlar T., Mayere S. (2020) What is the most suitable methodological approach to demarcate peri-urban areas? A systematic review of the literature//Land Use Policy. Vol. 95. P. 104601.
- Musikanski L., Rakova B., Bradbury J., Phillips R., Manson M. (2020) Artificial intelligence and community well-being: A proposal for an emerging area of research//Int. J. Community Well-Being. Vol. 3. P. 39-55.
- Narayanan S., Chaniotakis E., Antoniou C. (2020) Shared autonomous vehicle services: A comprehensive review//Transp. Res. Part. C. Vol. 111. P. 255-293.
- Nikitas A., Michalakopoulou K., Njoya E.T., Karampatzakis D. (2020) Artificial intelligence, transport and the smart city: Definitions and dimensions of a new mobility era//Sustainability. Vol. 12. P. 2789.
- Noble S.U. (2018) Algorithms of Oppression: How Search Engines Reinforce Racism. New York: New York University Press.
- Noori N., de Jong M., Janssen M., Schraven D., Hoppe T. (2020) Input-output modeling for smart city development//J. Urban. Technol. Vol. 28. No. 1-2. P. 71-92.
- Perng S.Y., Kitchin R., Mac Donncha D. (2018) Hackathons, entrepreneurial life and the making of smart cities//Geoforum. Vol. 97. P. 189-197.
- Pham B.T., Le L.M., Le T.T., Bui K.T., Le V.M., Ly H.B., Prakash I. (2020) Development of advanced artificial intelligence models for daily rainfall prediction//Atmos. Res. Vol. 237. P. 104845.
- Praharaj S., Han J.H., Hawken S. (2018) Urban innovation through policy integration: Critical perspectives from 100 smart cities mission in India//City Cult. Soc. Vol. 12. P. 35-43.
- Prior T., Giurco D., Mudd G., Mason L., Behrlich J. (2012) Resource depletion, peak minerals and the implications for sustainable resource management//Glob. Environ. Chang. Vol. 22. P. 577-587.
- Probst W.N. (2020) How emerging data technologies can increase trust and transparency in fisheries//J. Mar. Sci., 77. P. 1286-1294.
- Pueyo S. (2018) Growth, degrowth, and the challenge of artificial superintelligence//J. Clean. Prod. Vol. 197. P. 1731-1736.
- Quan S.J., Park J., Economou A., Lee S. (2019) Artificial intelligence-aided design: Smart design for sustainable city development//Environ. Plan. B. Vol. 46. P. 1581-1599.
- Ragnedda M. (2017) The Third Digital Divide: A Weberian Approach to Digital Inequalities. New York: Taylor & Francis.
- Rapley J. (2004) Globalization and Inequality: Neoliberalism's Downward Spiral. London: Lynne Rienner Publishers.
- Rasul G. (2014) Food, water, and energy security in South Asia: A nexus perspective from the Hindu Kush Himalayan region//Environ. Sci. Policy. Vol. 39. P. 35-48.
- Raza M., Awais M., Ali K., Aslam N., Paranthaman V.V., Imran M., Ali F. (2020) Establishing effective communications in disaster affected areas and artificial intelligence-based detection using social media platform//Future Gener. Comput. Syst. Vol. 112. P. 1057-1069.
- Reed C. (2018) How should we regulate artificial intelligence?//Philos. Trans. R. Soc. A. Vol. 376. No. 2128. P. 20170360.
- Regilme S.S. Jr. (2019) The decline of American power and Donald Trump: Reflections on human rights, neoliberalism, and the world order//Geoforum. Vol. 102. P. 157-166.
- Riddlesden D., Singleton A.D. (2014) Broadband speed equity: A new digital divide?//Appl. Geogr. Vol. 52. P. 25-33.
- Robertson M. (2017) Sustainability Principles and Practice. London: Routledge.
- Robinson L., Cotten S.R., Ono H., Quan-Haase A., Mesch G., Chen W., Stern M.J. (2015) Digital inequalities and why they matter//Inf. Commun. Soc. Vol. 18. P. 569-582.
- Rothstein B. (2013) Corruption and social trust: Why the fish rots from the head down//Soc. Res. Vol. 80. P. 1009-1032.
- Rottz M., Sell D., Pacheco R., Yigitcanlar T. (2019) Digital commons and citizen coproduction in smart cities: Assessment of Brazilian municipal e-government platforms//Energies. Vol. 12. P. 2813.
- Santangeli A., Chen Y., Kluehn E., Chirumamilla R., Tiainen J., Loehr J. (2020) Integrating drone-borne thermal imaging with artificial intelligence to locate bird nests on agricultural land//Sci. Rep. Vol. 10. P. 1-8.
- Schalkoff R.J. (1990) Artificial Intelligence: An Engineering Approach. New York: McGraw-Hill.
- Schellin H., Oberley T., Patterson K., Kim B., Haring K.S., Tossell C.C., de Visser E.J. (2020) Man's new best friend? Strengthening human-robot dog bonding by enhancing the doglikeness of Sony's Aibo//Proceedings of the 2020 Systems and Information Engineering Design Symposium, Charlottesville, VA, USA, 24 April 2020. P. 1-6.
- Scherer M.U. (2015) Regulating artificial intelligence systems: Risks, challenges, competencies, and strategies//Harv. J. Law Technol. Vol. 29. P. 353.
- Schürholz D., Kubler S., Zaslavsky A. (2020) Artificial intelligence-enabled context-aware air quality prediction for smart cities//J. Clean. Prod. Vol. 271. P. 121941.
- Shelton T., Zook M., Wiig A. (2015) The 'actually existing smart city'//Camb. J. Reg. Econ. Soc. Vol. 8. P. 13-25.
- Shneiderman B. (2020) Human-centered artificial intelligence: Reliable, safe & trustworthy//Int. J. Hum. Comput. Interact. Vol. 36. P. 495-504.
- Singh T.P., Nandimath P., Kumbhar V., Das S., Barne P. (2020) Drought risk assessment and prediction using artificial intelligence over the southern Maharashtra state of India//Modeling Earth Syst. Environ. Vol. 7. No. 9. P. 1-9.
- Smith T.R. (1984) Artificial intelligence and its applicability to geographical problem solving//Prof. Geogr. Vol. 36. P. 147-158.

- Sohn K., Kwon O. (2020) Technology acceptance theories and factors influencing artificial intelligence-based intelligent products//Telemat. Inform. Vol. 47. P. 101324.
- Sotto D., Philipp A., Yigitcanlar T., Kamruzzaman M. (2019) Aligning urban policy with climate action in the global south: Are Brazilian cities considering climate emergency in local planning practice?//Energies. Vol. 12. P. 3418.
- Sousa W.G., de Melo E.R., Bermejo P.H., Farias R.A., Gomes A.O. (2019) How and where is artificial intelligence in the public sector going? A literature review and research agenda//Gov. Inf. Q. Vol. 36. P. 101392.
- Stilgoe J. (2019) Who's Driving Innovation? New Technologies and the Collaborative State. Berlin: Springer Nature.
- Sun W., Bocchini P., Davison B.D. (2020) Applications of artificial intelligence for disaster management//Nat. Hazards. Vol. 103. No. 3. P. 2631-2689.
- Suwa S., Tsujimura M., Kodate N., Donnelly S., Kitinoja H., Hallila J., Ishimaru M. (2020) Exploring perceptions toward home-care robots for older people in Finland, Ireland, and Japan: A comparative questionnaire study//Arch. Gerontol. Geriatr. Vol. 91. P. 104178.
- Taddeo M., McCutcheon T., Floridi L. (2019) Trusting artificial intelligence in cybersecurity is a double-edged sword//Nat. Mach. Intell. Vol. 1. P. 557-560.
- Taeihagh A., Lim H.S. (2019) Governing autonomous vehicles: Emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks//Transp. Rev. Vol. 39. P. 103-128.
- Taplin R. (2020) Cyber Risk, Intellectual Property Theft and Cyberwarfare: Asia, Europe and the USA. London: Routledge.
- Teoh E.R. (2020) What's in a name? Drivers' perceptions of the use of five SAE Level 2 driving automation systems//J. Saf. Res. Vol. 72. P. 145-151.
- Trencher G. (2019) Towards the smart city 2.0: Empirical evidence of using smartness as a tool for tackling social challenges//Technol. Forecast. Soc. Chang. Vol. 142. P. 117-128.
- Truby J., Brown R., Dahdal A. (2020) Banking on AI: Mandating a proactive approach to AI regulation in the financial sector//Law Financ. Mark. Rev. Vol. 14. P. 110-120.
- Tscharntke T., Clough Y., Wanger T.C., Jackson L., Motzke I., Perfecto I., Whitbread A. (2012) Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification//Biol. Conserv. Vol. 151. P. 53-59.
- Tung T.M., Yaseen Z.M. (2020) A survey on river water quality modeling using artificial intelligence models: 2000-2020//J. Hydrol. Vol. 585. P. 124670.
- Turchin A., Denkenberger D. (2020) Classification of global catastrophic risks connected with artificial intelligence//Ai Soc. Vol. 35. P. 147-163.
- Tzimas T. (2018) Artificial intelligence as global commons and the "international law supremacy" principle//Proceedings of the 10th International RAIS Conference on Social Sciences and Humanities, Princeton, NJ, USA, 22-23 August (2018). P. 83-88.
- Ullah Z., Al-Turjman F., Mostarda L., Gagliardi R. (2020) Applications of artificial intelligence and machine learning in smart cities//Comput. Commun. Vol. 154. P. 313-323.
- Vanolo A. (2016) Is there anybody out there? The place and role of citizens in tomorrow's smart cities//Futures. Vol. 82. P. 26-36.
- Vinuesa R., Azizpour H., Leite I., Balaam M., Dignum V., Domisch S., Nerini F.F. (2020) The role of artificial intelligence in achieving the sustainable development goals//Nat. Commun. Vol. 11. P. 233.
- Voda A.I., Radu L.D. (2018) Artificial intelligence and the future of smart cities//Broad Res. Artif. Intell. Neurosci. Vol. 9. P. 110-127.
- Walshe R., Casey K., Kernan J., Fitzpatrick D. (2020) AI and big data standardization: Contributing to United Nations sustainable development goals//J. Ict Stand. Vol. 8. P. 77-106.
- Wang P., Yao J., Wang G., Hao F., Shrestha S., Xue B., Peng Y. (2019) Exploring the application of artificial intelligence technology for identification of water pollution characteristics and tracing the source of water quality pollutants//Sci. Total Environ. Vol. 693. P. 133440.
- Wearn O.R., Freeman R., Jacoby D.M. (2019) Responsible AI for conservation//Nat. Mach. Intell. Vol. 1. P. 72-73.
- Wheeler S.M. (2013) Planning for Sustainability: Creating Livable, Equitable and Ecological Communities. New York: Routledge.
- Wu N., Silva E.A. (2010) Artificial intelligence solutions for urban land dynamics: A review//J. Plan. Lit. Vol. 24. P. 246-265.
- Yampolskiy R.V. (2015) Artificial Superintelligence: A Futuristic Approach. New York: CRS Press.
- Yigitcanlar T. (2009) Planning for smart urban ecosystems: Information technology applications for capacity building in environmental decision making//Theor. Empir. Res. Urban. Manag. Vol. 4. P. 5-21.
- Yigitcanlar T. (2010a) Rethinking Sustainable Development: Urban Management, Engineering, and Design. Hersey: IGI Global.
- Yigitcanlar T. (2010b) Sustainable Urban and Regional Infrastructure Development: Technologies, Applications and Management. Hersey: IGI Global.
- Yigitcanlar T. (2016) Technology and the City: Systems, Applications and Implications. New York: Routledge.
- Yigitcanlar T. (2018) Smart city policies revisited: Considerations for a truly smart and sustainable urbanism practice//World Technopolis Rev. Vol. 7. P. 97-112.
- Yigitcanlar T., Butler L., Windle E., Desouza K., Mehmoor R., Corchado J. (2020) Can building 'artificially intelligent cities' protect humanity from natural disasters, pandemics and other catastrophes? An urban scholar's perspective//Sensors. Vol. 20. P. 2988.
- Yigitcanlar T., Desouza K., Butler L., Roozkhosh F. (2020) Contributions and risks of artificial intelligence (AI) in building smarter cities: Insights from a systematic review of the literature. Energies//Vol. 13. P. 1473.
- Yigitcanlar T., Dur F. (2013) Making space and place for knowledge communities: Lessons for Australian practice//Australas. J. Reg. Stud. Vol. 19. P. 36-63.
- Yigitcanlar T., Foth M., Kamruzzaman M. (2019) Towards post-anthropocentric cities: Reconceptualising smart cities to evade urban ecocide//J. Urban. Technol. Vol. 26. P. 147-152.
- Yigitcanlar T., Hoon M., Kamruzzaman M., Ioppolo G., Sabatini-Marques J. (2019) The making of smart cities: Are Songdo, Masdar, Amsterdam, San Francisco and Brisbane the best we could build?//Land Use Policy. Vol. 88. P. 104187.
- Yigitcanlar T., Inkinen T. (2019) Geographies of Disruption: Place

Making for Innovation in the Age of Knowledge Economy. Cham: Springer International Publishing.

Yigitcanlar T., Kamruzzaman M. (2015) Planning, development and management of sustainable cities: A commentary from the guest editors//Sustainability. Vol. 7. P. 14677-14688.

Yigitcanlar T., Kankanamge N., Vella K. (2020) How are the smart city concepts and technologies perceived and utilized? A systematic geo-twitter analysis of smart cities in Australia//J. Urban. Technol. Vol. 29. No. 1-2. P. 135-154.

Yu K.H., Beam A.L., Kohane I.S. (2018) Artificial intelligence in healthcare//Nat. Biomed. Eng. Vol. 2. P. 719-731.

Yun J., Lee D., Ahn H., Park K., Lee S., Yigitcanlar T. (2016) Not deep learning but autonomous learning of open innovation for sustainable artificial intelligence//Sustainability. Vol. 8. P. 797.

Zeadally S., Adi E., Baig Z., Khan I.A. (2020) Harnessing artificial intelligence capabilities to improve cybersecurity//Ieee Access. Vol. 8. P. 23817-23837.

Zhang J., Hua X.S., Huang J., Shen X., Chen J., Zhou Q. (2019) City brain: Practice of large-scale artificial intelligence in the real world//Iet Smart Cities. Vol. 1. P. 28-37.

Zhuravleva N.A., Nica E., Durana P. (2019) Sustainable smart cities: Networked digital technologies, cognitive big data analytics, and information technology-driven economy//Geopolit. Hist. Int. Relat. Vol. 11. P. 41-47.

THE SUSTAINABILITY OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE: An Urbanistic Viewpoint from the Lens of Smart and Sustainable Cities

Tan Yigitcanlar, Professor of Urban Studies and Planning, School of Architecture and Built Environment, Queensland University of Technology; 2 George str., Brisbane, QLD 4000, Australia.
Email: tan.yigitcanlar@qut.edu.au
Federico Cugurullo, Assistant Professor in Smart and Sustainable Urbanism, Department of Geography, School of Natural Sciences, Trinity College Dublin, University of Dublin; D02 PN40 Dublin 2, Ireland.
Email: cugurulf@tcd.ie

Abstract. The popularity and application of artificial intelligence (AI) are increasing rapidly all around the world—where, in simple terms, AI is a technology which mimics the behaviors commonly associated with human intelligence. Today, various AI applications are being used in areas ranging from marketing to banking and finance, from agriculture to healthcare and security, from space exploration to robotics and transport, and from chatbots to artificial creativity and manufacturing. More recently, AI applications have also started to become an integral part of many urban services. Urban artificial intelligences manage the transport systems of cities, run restaurants and shops where every day urbanity is expressed, repair urban infrastructure, and govern multiple urban domains such as traffic, air quality monitoring, garbage collection, and energy. In the age of uncertainty and complexity that is upon us, the increasing adoption of AI is expected to continue, and so its impact on the sustainability of our cities. This viewpoint explores and questions the sustainability of AI from the lens of smart and sustainable cities, and generates insights into emerging urban artificial intelligences and the potential symbiosis between AI and a smart and sustainable urbanism. In terms of methodology, this viewpoint deploys a thorough review of the current status of AI and smart and sustainable cities literature, research, developments, trends, and applications. In so doing, it contributes to existing academic debates in the fields of smart and sustainable cities and AI. In addition,

by shedding light on the uptake of AI in cities, the viewpoint seeks to help urban policymakers, planners, and citizens make informed decisions about a sustainable adoption of AI.

Keywords: artificial intelligence (AI); artificially intelligent city; climate change; planetary challenges; smart and sustainable cities; smart city; technological disruption; urban policy; sustainable urbanism; urban artificial intelligences

Citation: Yigitcanlar T., Cugurullo F. (2022) The Sustainability of Artificial Intelligence: An Urbanistic Viewpoint from the Lens of Smart and Sustainable Cities. *Urban Studies and Practices*, vol. 7, no 1, pp. 35-64. (in Russian) DOI: <https://doi.org/10.17323/usp71202235-64>

References

- Accord C. (2017) Trump decision on climate change 'major disappointment': United Nations. *Waste Water Manag. Aust.*, vol. 44, p. 35.
- Acheampong R.A., Cugurullo F. (2019) Capturing the behavioural determinants behind the adoption of autonomous vehicles: Conceptual frameworks and measurement models to predict public transport, sharing and ownership trends of self-driving cars. *Transp. Res. Part. F*, vol. 62, pp. 349-375.
- Adly A.S., Adly A.S., Adly M.S. (2020) Approaches based on artificial intelligence and the internet of intelligent things to prevent the spread of COVID-19: Scoping review. *J. Med. Internet Res.*, vol. 22, pp. e19104.
- Agrawal A., Gans J., Goldfarb A. (2018) *Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence*. Boston, MA: Harvard Business Press.
- Agrawal A., Gans J., Goldfarb A. (2019) *Iskusstvennyi intellekt na sluzhbe biznesa. Kak mashinnoe prognozirovaniye pomogaet prinimat' resheniya* [Artificial intelligence in the service of business. How machine prediction helps to make decisions]. Moscow: Mann, Ivanov and Ferber Publishing House. (in Russian)
- Ahmad M.A., Teredesai A., Eckert C. (2020) Fairness, accountability, transparency in AI at scale: Lessons from national programs. *Proceedings of the 2020 Conference on Fairness, Accountability, and*

*Социальные сети Instagram и Facebook запрещены на территории Российской Федерации. 21.03.2022 компания Meta признана экстремистской организацией.

- Transparency, Barcelona, Spain, 27–30 January 2020, pp. 690–699.
- Allam Z., Dhunny Z.A. (2019) On big data, artificial intelligence and smart cities. *Cities*, vol. 89, pp. 80–91.
- Allam Z., Newman P. (2018) Redefining the smart city: Culture, metabolism and governance. *Smart Cities*, vol. 1, pp. 4–25.
- Allen B., Agarwal S., Kalpathy-Cramer J., Dreyer K. (2019) Democratizing AI. *J. Am. Coll. Radiol.*, vol. 16, pp. 961–963.
- AlOmar M.K., Hameed M.M., AlSaadi M.A. (2020) Multi hours ahead prediction of surface ozone gas concentration: Robust artificial intelligence approach. *Atmos. Pollut. Res.*, vol. 11, pp. 1572–1587.
- Angelidou M. (2015) Smart cities: A conjuncture of four forces. *Cities*, vol. 47, pp. 95–106.
- Anguelovski I., Irazábal-Zurita C., Connolly J.J. (2019) Grabbed urban landscapes: Socio-spatial tensions in green infrastructure planning in Medellín. *Int. J. Urban. Reg. Res.*, vol. 43, pp. 133–156.
- Arbolino R., De Simone L., Carlucci F., Yigitcanlar T., Ioppolo, G. (2018) Towards a sustainable industrial ecology: Implementation of a novel approach in the performance evaluation of Italian regions. *J. Clean. Prod.*, vol. 178, pp. 220–236.
- Arrieta A.B., Díaz-Rodríguez N., Del Ser J., Bennetot A., Tabik S., Barbado A., Chatila R. (2020) Explainable artificial intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. *Inf. Fusion*, vol. 58, pp. 82–115.
- Atapattu S. (2020) Climate change and displacement: Protecting ‘climate refugees’ within a framework of justice and human rights. *J. Hum. Rights Environ.*, vol. 11, pp. 86–113.
- Awad E., Dsouza S., Kim R., Schulz J., Henrich J., Shariff A., Bonnefon J., Rahwan I. (2018) The moral machine experiment. *Nature*, no 563, pp. 59–64.
- Awad E., Dsouza S., Shariff A., Rahwan I., Bonnefon J.F. (2020) Universals and variations in moral decisions made in 42 countries by 70,000 participants. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, no 117, pp. 2332–2337.
- Aziz K., Haque M.M., Rahman A., Shamseldin A.Y., Shoaib M. (2017) Flood estimation in ungauged catchments: Application of artificial intelligence-based methods for Eastern Australia. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.*, vol. 31, pp. 1499–1514.
- Bach J. (2020) When artificial intelligence becomes general enough to understand itself. Commentary on Pei Wang’s paper “on defining artificial intelligence”. *J. Artif. Gen. Intell.*, vol. 11, pp. 15–18.
- Barnes E.A., Hurrell J.W., Ebert-Uphoff I., Anderson, C., Anderson D. (2019) Viewing forced climate patterns through an AI lens. *Geophys. Res. Lett.*, vol. 46, pp. 13389–13398.
- Barns S. (2019) Platform Urbanism: Negotiating Platform Ecosystems in Connected Cities. Singapore: Palgrave Macmillan.
- Bastos M., Mercea D. (2018) The public accountability of social platforms: Lessons from a study on bots and trolls in the Brexit campaign. *Philos. Trans. R. Soc. A*, vol. 376 (2118).
- Batty M. (2018) *Inventing Future Cities*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Berchin I.I., Valduga I.B., Garcia J., de Andrade J.B. (2020) Climate change and forced migrations: An effort towards recognizing climate refugees. *Geoforum*, vol. 84, pp. 147–150.
- Berck P., Levy A., Chowdhury K. (2012) An analysis of the world’s environment and population dynamics with varying carrying capacity, concerns and skepticism. *Ecol. Econ.*, vol. 73, pp. 103–112.
- Boenig-Liptsin M. (2017) AI and robotics for the city: Imagining and transforming social infrastructure in San Francisco, Yokohama, and Lviv. *Field Actions Sci. Rep.*, vol. 17, pp. 16–21.
- Bostrom N. (2016) *Iskusstvennyi intellekt. Etapy. Ugrozy. Strategii* [Artificial Intelligence. Stages, Threats, Strategies]. Moscow: Mann, Ivanov and Ferber Publishing House. (in Russian)
- Bostrom N. (2017) *Superintelligence*. Oxford: Oxford University Press.
- Bottarelli L., Bicego M., Blum J., Farinelli A. (2019) Orienteering-based informative path planning for environmental monitoring. *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 77, pp. 46–58.
- Brandtzaeg P.B., Følstad, A. (2018) Chatbots: Changing user needs and motivations. *Interactions*, vol. 25, pp. 38–43.
- Brevini B. (2020) Black boxes, not green: Mythologizing artificial intelligence and omitting the environment. *Big Data Soc.*, vol. 7, p. 2053951720935141.
- Brock J.K., Von Wangenheim F. (2019) Demystifying AI: What digital transformation leaders can teach you about realistic artificial intelligence. *Calif. Manag. Rev.*, vol. 61, pp. 110–134.
- Bundy A. (2017) Preparing for the future of artificial intelligence. *Ai Soc.*, vol. 32, pp. 285–287.
- Burton S., Habli I., Lawton T., McDermid J., Morgan P., Porter Z. (2020) Mind the gaps: Assuring the safety of autonomous systems from an engineering, ethical, and legal perspective. *Artif. Intell.*, vol. 279, p. 103201.
- Butler L., Yigitcanlar T., Paz A. (2020) How can smart mobility innovations alleviate transportation disadvantage? Assembling a conceptual framework through a systematic review. *Appl. Sci.*, vol. 10, pp. 6306.
- Caprotti F., Liu D. (2020) Emerging platform urbanism in China: Reconfigurations of data, citizenship and materialities. *Technol. Forecast. Soc. Chang.*, vol. 151, p. 119690.
- Cath C., Wachter S., Mittelstadt B., Taddeo M., Floridi L. (2018) Artificial intelligence and the ‘good society’: The US, EU, and UK approach. *Sci. Eng. Ethics*, vol. 24, pp. 505–528.
- Chatterjee S., Bhattacharjee K.K. (2020) Adoption of artificial intelligence in higher education: A quantitative analysis using structural equation modelling. *Educ. Inf. Technol.*, vol. 11, no 6, p. 5467.
- Chaurasia V.K., Yunus A., Singh M. (2020) An overview of smart city: Observation, technologies, challenges and blockchain applications. *Blockchain Technology for Smart Cities*. Singapore: Springer, pp. 133–154.
- Chen G., Li X., Liu X., Chen Y., Liang X., Leng J., Huang K. (2020) Global projections of future urban land expansion under shared socioeconomic pathways. *Nat. Commun.*, vol. 11, pp. 1–12.
- Chen S.Y., Kuo H.Y., Lee C. (2020) Preparing society for automated vehicles: Perceptions of the importance and urgency of emerging issues of governance, regulations, and wider impacts. *Sustainability*, vol. 12, pp. 7844.
- Chu E.K. (2016) The governance of climate change adaptation through urban policy experiments. *Environ. Policy Gov.*, vol. 26, pp. 439–451.
- Clifton J., Glasmeier A., Gray M. (2020) When machines think for us: The consequences for work and

- place. *Camb. J. Reg. Econ. Soc.*, vol. 13, pp. 3–23.
- Coaffee J., Therrien M.C., Chelleri L., Henstra D., Aldrich D.P., Mitchell C.L. (2018) Urban resilience implementation: A policy challenge and research agenda for the 21st century. *J. Contingencies Crisis Manag.*, vol. 26, pp. 403–410.
- Cohen J.E. (2003) Human population: The next half century. *Science*, vol. 302, pp. 1172–1175.
- Coletta C., Evans L., Heaphy L., Kitchin R. (2019) *Creating Smart Cities*. London: Routledge.
- Corea F. (2018) AI Knowledge Map: How to Classify AI Technologies. Available at: [https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/\(2018\)/08/22/ai-knowledge-map-how-to-classify-ai-technologies/#5e99db627773](https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/(2018)/08/22/ai-knowledge-map-how-to-classify-ai-technologies/#5e99db627773) (accessed 11 May 2020).
- Cugurullo F. (2018) The origin of the smart city imaginary: From the dawn of modernity to the eclipse of reason. *The Routledge Companion to Urban Imaginaries*. London: Routledge, pp. 113–124.
- Cugurullo F. (2013) How to build a sandcastle: An analysis of the genesis and development of Masdar City. *J. Urban. Technol.*, vol. 20, pp. 23–37.
- Cugurullo F. (2016) Speed kills: Fast urbanism and endangered sustainability in the Masdar City project. Datta A. Shaban A. (Eds.) *Mega-Urbanization in the Global South: Fast Cities and New Urban Utopias of the Postcolonial State*. London: Routledge, pp. 78–92.
- Cugurullo F. (2016) Urban eco-modernisation and the policy context of new eco-city projects: Where Masdar City fails and why. *Urban. Stud.*, vol. 53, pp. 2417–2433.
- Cugurullo F. (2018) Exposing smart cities and eco-cities: Frankenstein urbanism and the sustainability challenges of the experimental city. *Environ. Plan. A*, vol. 50, pp. 73–92.
- Cugurullo F. (2020) Urban artificial intelligence: From automation to autonomy in the smart city. *Front. Sustain. Cities*, vol. 2, p. 38.
- Cugurullo F., Acheampong R.A., Gueriau M., Dusparic I. (2020) The transition to autonomous cars, the redesign of cities and the future of urban sustainability. *Urban. Geogr.*
- Cuzzolin F., Morelli A., Cirstea, B., Sahakian, B.J. (2020) Knowing me, knowing you: Theory of mind in AI. *Psychol. Med.*, vol. 50, pp. 1057–1061.
- Dauvergne P. (2020) Is artificial intelligence greening global supply chains? Exposing the political economy of environmental costs. *Rev. Int. Political Econ.*
- Dauvergne P. (2021) The globalization of artificial intelligence: Consequences for the politics of environmentalism. *Globalizations*, vol. 18, pp. 285–299.
- Desouza K. (2017) *Governing in the Age of the Artificially Intelligent City*. 2017. Available at: <https://www.governing.com/commentary/col-governing-age-artificially-intelligent-city.html> (accessed 15 September 2020).
- Desouza K., Hunter M., Jacop B., Yigitcanlar T. (2020) Pathways to the making of prosperous smart cities: An exploratory study on the best practice. *J. Urban. Technol.*, vol. 27, no 3, pp. 3–32.
- Dignam A. (2020) Artificial intelligence, tech corporate governance and the public interest regulatory response. *Camb. J. Reg. Econ. Soc.*, vol. 13, pp. 37–54.
- Donald M. (2019) *Leading and Managing Change in the Age of Disruption and Artificial Intelligence*. London: Emerald Group Publishing.
- Dwivedi Y. et al. (2019) Artificial intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *Int. J. Inf. Manag.*, vol. 57, p. 101994.
- El Morr C., Ali-Hassan H. (2019) Descriptive, predictive, and prescriptive analytics. *Analytics in Healthcare*. Cham: Springer, pp. 31–55.
- Elmqvist T., Andersson E., Frantzeskaki N., McPhearson T., Olsson P., Gaffney O., Takeuchi K., Folke C. (2019) Sustainability and resilience for transformation in the urban century. *Nat. Sustain.*, vol. 2, pp. 267–273.
- Engin Z., Treleaven P. (2019) Algorithmic government: Automating public services and supporting civil servants in using data science technologies. *Comput. J.*, vol. 62, pp. 448–460.
- Erskine M. (2019) Artificial intelligence, the emerging needs for human factors engineering, risk management and stakeholder engagement. *Proceedings of the World Engineers Convention, Engineers Australia, Melbourne, Australia, 20–22 November 2019*, pp. 9–10.
- Evangalista R., Bruno F. (2019) WhatsApp and political instability in Brazil: Targeted messages and political radicalisation. *Internet Policy Rev.*, vol. 8, pp. 1–23.
- Evans J., Karvonen A., Luque-Ayala A., Martin C., McCormick K., Raven R., Palgan Y.V. (2019) Smart and sustainable cities? Pipedreams, practicalities and possibilities. *Local Environ.*, vol. 24, pp. 557–564.
- Faisal A., Yigitcanlar T., Kamruzzaman M., Currie G. (2019) Understanding autonomous vehicles: A systematic literature review on capability, impact, planning and policy. *J. Transp. Land Use*, vol. 12, pp. 45–72.
- Faisal A., Yigitcanlar T., Kamruzzaman M., Paz A. (2020) Mapping two decades of autonomous vehicle research: A systematic scientometric analysis. *J. Urban. Technol.*, vol. 28, iss. 3–4, pp. 45–74.
- Floridi L. (2019) Establishing the rules for building trustworthy AI. *Nat. Mach. Intell.*, vol. 1, pp. 261–262.
- Floridi L., Cowls J., Kin, T.C., Taddeo M. (2020) How to design AI for social good: Seven Essential factors. *Sci. Eng. Ethics*, vol. 26, pp. 1771–1796.
- Furman J., Seamans R. (2019) AI and the economy. *Innov. Policy Econ.*, vol. 19, pp. 161–191.
- Girasa R. (2020) AI as a disruptive technology. *Artificial Intelligence as a Disruptive Technology*. Cham: Palgrave Macmillan, pp. 3–21.
- Golbabaei F., Yigitcanlar T., Bunkernoj. (2020) Shared autonomous vehicles in the context of smart urban mobility: A systematic review of the literature. *Int. J. noSustain. Transp.*, vol. 15, no 10, pp. 731–748.
- Gonzalez-Jimenez H. (2018) Taking the fiction out of science fiction: (Self-aware) robots and what they mean for society, retailers and marketers. *Futures*, vol. 98, pp. 49–56.
- Gould-Wartofsky M.A. (2015) *The Occupiers: The Making of the 99 Percent Movement*. London: Oxford University Press.
- Granata F., Gargano R., de Marinis G. (2020) Artificial intelligence-based approaches to evaluate actual evapotranspiration in wetlands. *Sci. Total Environ.*, vol. 703, p. 135653.
- Greenfield A. (2018) *Radikal'nye tekhnologii: ustroistvo povsednevnogo zhizni [Radical Technologies: The Design of Everyday Life Hardcover]*. Moscow: Delo Publishers Ranepa. (in Russian)

- Grigoryev L.M. (2020) Global social drama of pandemic and recession. *Popul. Econ.*, vol. 4, pp. 18–25.
- Guériaud M., Cugurullo F., Acheampong R., Dusparic I. (2020) Shared autonomous mobility-on-demand: Learning-based approach and its performance in the presence of traffic congestion. *IEEE Intell. Transp. Syst. Mag.*, no 12 (4).
- Guess A., Nagler J., Tucker J. (2019) Less than you think: Prevalence and predictors of fake news dissemination on Facebook*. *Sci. Adv.*, vol. 5, eaau4586.
- Gurzadyan G.A. (1996) *Theory of Interplanetary Flights*. New York: CRC Press.
- Haarstad H., Wathne M.W. (2019) Are smart city projects catalyzing urban energy sustainability? *Energy Policy*, vol. 129, pp. 918–925.
- Hagendorff T. (2020) The ethics of AI ethics: An evaluation of guidelines. *Minds Mach.*, vol. 30, pp. 1–22.
- Hassani H., Silva E.S., Unger S., TajMazinani M., Mac Feely S. (2020) Artificial intelligence (AI) or intelligence augmentation (IA): What is the future? *Artif. Intell.*, vol. 1, pp. 143–155.
- Hawkins J., Nurul Habib K. (2019) Integrated models of land use and transportation for the autonomous vehicle revolution. *Transp. Rev.*, vol. 39, pp. 66–83.
- Hodson M., Marvin S. (2010) Urbanism in the anthropocene: Ecological urbanism or premium ecological enclaves? *City*, vol. 14, pp. 298–313.
- Hoffmann A.L. (2019) Where fairness fails: Data, algorithms, and the limits of antidiscrimination discourse. *Inf. Commun. Soc.*, vol. 22, pp. 900–915.
- Huntingford C., Jeffers E.S., Bonsall M.B., Christensen H.M., Lees T., Yang H. (2019) Machine learning and artificial intelligence to aid climate change research and preparedness. *Environ. Res. Lett.*, vol. 14, p. 124007.
- Imrie R., Street E. (2009) Regulating design: The practices of architecture, governance and control. *Urban. Stud.*, vol. 46, pp. 2507–2518.
- Isaak J., Hanna M.J. (2018) User data privacy: Facebook*, Cambridge Analytica, and privacy protection. *Computer*, vol. 51, pp. 56–59.
- ITU News. (2020) Introducing 'AI Commons': A Framework for Collaboration to Achieve Global Impact. Available at: <https://news.itu.int/introducing-ai-commons> (accessed 20 September 2020).
- Jahani A., Rayegani B. (2020) Forest landscape visual quality evaluation using artificial intelligence techniques as a decision support system. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess*, no 34 (10), pp. 1473–1486.
- Jaihar J., Lingayat N., Vijaybhai P.S., Venkatesh G., Upla K.P. (2020) Smart home automation using machine learning algorithms. *Proceedings of the 2020 International Conference for Emerging Technology, Belgaum, India, 5–7 June 2020*, pp. 1–4.
- James P. (2014) *Urban Sustainability in Theory and Practice: Circles of Sustainability*. London: Routledge.
- Jarrahi M.H. (2018) Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making. *Bus. Horiz.*, vol. 61, pp. 577–586.
- Jha S.K., Bilalovic J., Jha A., Patel N., Zhang H. (2017) Renewable energy: Present research and future scope of Artificial Intelligence. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 77, pp. 297–317.
- Ji L., Wang Z., Chen M., Fan S., Wang Y., Shen Z. (2019) How much can AI techniques improve surface air temperature forecast? A report from AI Challenger 2018 Global Weather Forecast Contest. *J. Meteorol. Res.*, vol. 33, pp. 989–992.
- Jobin A., Ienca M., Vayena E. (2019) The global landscape of AI ethics guidelines. *Nat. Mach. Intell.*, vol. 1, pp. 389–399.
- Jury W.A., Vaux H. (2005) The role of science in solving the world's emerging water problems. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 102, pp. 15715–15720.
- Kaika M. (2017) Don't call me resilient again! The new urban agenda as immunology or what happens when communities refuse to be vaccinated with 'smart cities' and indicators. *Environ. Urban.*, vol. 29, pp. 89–102.
- Kak S.C. (1996) Can we define levels of artificial intelligence? *J. Intell. Syst.*, vol. 6, pp. 133–144.
- Kaker S.A., Evans J., Cugurullo F., Cook M., Petrova S. (2020) Expanding cities: Living, planning and governing uncertainty. *The Politics of Uncertainty*. Routledge: London, pp. 85–98.
- Kaplan A., Haenlein M. (2019) Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Bus. Horiz.*, vol. 62, pp. 15–25.
- Karvonen A., Cugurullo F., Caprotti F. (2018) *Inside Smart Cities: Place, Politics and Urban Innovation*. London: Routledge.
- Kassens-Noor E., Hintze A. (2020) Cities of the future? The potential impact of artificial intelligence. *Artif. Intell.*, vol. 1, pp. 192–197.
- Kerasidou A. (2020) Artificial intelligence and the ongoing need for empathy, compassion and trust in healthcare. *Bull. World Health Organ.*, vol. 98, p. 245.
- Kirsch D. (2020) Autopilot and algorithms: Accidents, errors, and the current need for human oversight. *J. Clin. Sleep Med.*, no 16 (10), pp. 1651–1652.
- Konikow L.F., Kendy E. (2005) Groundwater depletion: A global problem. *Hydrogeol. J.*, vol. 13, pp. 317–320.
- Kontokosta C.E. (2018) Urban informatics in the science and practice of planning. *J. Plan. Educ. Res.*, vol. 41, iss. 4, pp. 382–395.
- Korinek A., Stiglitz J.E. (2017) Artificial intelligence and its implications for income distribution and unemployment. *Natl. Bur. Econ. Res.*, vol. w24174.
- Lakshmi V., Bahli B. (2020) Understanding the robotization landscape transformation: A centering resonance analysis. *J. Innov. Knowl.*, vol. 5, pp. 59–67.
- Larsson S., Heintz F. (2020) Transparency in artificial intelligence. *Internet Policy Rev.*, vol. 9, pp. 1–12.
- Leitheiser S., Follmann A. (2020) The social innovation-(re) politicisation nexus: Unlocking the political in actually existing smart city campaigns? The case of SmartCity Cologne, Germany. *Urban. Stud.*, vol. 57, pp. 894–915.
- Li B.H., Hou B.C., Yu W.T., Lu X.B., Yang C.W. (2017) Applications of artificial intelligence in intelligent manufacturing: A review. *Front. Inf. Technol. Electron. Eng.*, vol. 18, pp. 86–96.
- Loi D., Wolf C.T., Blomberg J.L., Arar R., Brereton M. (2019) Co-designing AI futures: Integrating AI ethics, social computing, and design. *Proceedings of the 2019 on Designing Interactive Systems Conference, San Diego, CA, USA, 23–28 June 2019*, pp. 381–384.
- Lovelock J. (2022) Novatsen: gryadushchaya epokha sverkhrazuma [Novacene: The Coming Age of Hyperintelligence]. SPb.: European University Press. (in Russian)

- Lu H., Li H., Liu T., Fan Y., Yuan Y., Xie M., Qian X. (2019) Simulating heavy metal concentrations in an aquatic environment using artificial intelligence models and physicochemical indexes. *Sci. Total Environ.*, vol. 694, p. 133591.
- Lu H., Li Y., Chen M., Kim H., Serikawa S. (2018) Brain intelligence: Go beyond artificial intelligence. *Mob. Netw. Appl.*, vol. 23, pp. 368-375.
- Lu J., Feng L., Yang J., Hassan M.M., Alelawi A., Humar I. (2019a) Artificial agent: The fusion of artificial intelligence and a mobile agent for energy-efficient traffic control in wireless sensor networks. *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 95, pp. 45-51.
- Machado J.C., Ribeiro D.M., da Silva P.R., Bazanini R. (2018) Do Brazilian cities want to become smart or sustainable? *J. Clean. Prod.*, vol. 199, pp. 214-221.
- Macrorie R., Marvin S., While A. (2020) Robotics and automation in the city: A research agenda. *Urban. Geogr.*, no 42 (2), pp. 197-217.
- Mahbub P., Goonetilleke A., Ayoko G.A., Egodawatta P., Yigitcanlar T. (2011) Analysis of build-up of heavy metals and volatile organics on urban roads in Gold Coast, Australia. *Water Sci. Technol.*, vol. 63, pp. 2077-2085.
- Makridakis S. (2017) The forthcoming artificial intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. *Futures*, vol. 90, pp. 46-60.
- Martin C.J., Evans J., Karvonen A. (2018) Smart and sustainable? Five tensions in the visions and practices of the smart-sustainable city in Europe and North America. *Technol. Forecast. Soc. Chang.*, vol. 133, pp. 269-278.
- Martinez-Santos P., Renard P. (2020) Mapping groundwater potential through an ensemble of big data methods. *Groundwater*, vol. 58, pp. 583-597.
- Masanja N., Mkumbo H. (2020) The application of open source artificial intelligence as an approach to frugal innovation in Tanzania. *Int. J. Res. Innov. Appl. Sci.*, vol. 5, pp. 36-46.
- Matthias A. (2004) The responsibility gap: Ascribing responsibility for the actions of learning automata. *Ethics Inf. Technol.*, vol. 6, pp. 175-183.
- Mende M., Scott M.L., van Doorn J., Grewal D., Shanks I. (2019) Service robots rising: How humanoid robots influence service experiences and elicit compensatory consumer responses. *J. Mark. Res.*, vol. 56, pp. 535-556.
- Metaxiotis K., Carrillo J., Yigitcanlar T. (2010) Knowledge-Based Development for Cities and Societies: Integrated Multi-Level Approaches. Hersey: IGI Global.
- Mikhaylov S.J., Esteve M., Campion A. (2018) Artificial intelligence for the public sector: Opportunities and challenges of cross-sector collaboration. *Philos. Trans. R. Soc. A*, vol. 376, p. 20170357.
- Milakis D., Van Arem B., Van Wee B. (2017) Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *J. Intell. Transp. Syst.*, vol. 21, pp. 324-348.
- Mittelstadt B. (2019) Principles alone cannot guarantee ethical AI. *Nat. Mach. Intell.*, vol. 1, pp. 501-507.
- Mohamed E. (2020) The relation of artificial intelligence with internet of things: A survey. *J. Cybersecur. Inf. Manag.*, vol. 1, pp. 30-34.
- Moreau E., Vogel C., Barry M. (2019) A paradigm for democratizing artificial intelligence research. In *Innovations in Big Data Mining and Embedded Knowledge*. Cham Springer, pp. 137-166.
- Mortoja M., Yigitcanlar T. (2020) Local drivers of anthropogenic climate change: Quantifying the impact through a remote sensing approach in Brisbane. *Remote Sens.*, vol. 12, p. 2270.
- Mortoja M.G., Yigitcanlar T., Mayere S. (2020) What is the most suitable methodological approach to demarcate peri-urban areas? A systematic review of the literature. *Land Use Policy*, vol. 95, p. 104601.
- Musikanski L., Rakova B., Bradbury J., Phillips R., Manson M. (2020) Artificial intelligence and community well-being: A proposal for an emerging area of research. *Int. J. Community Well-Being*, vol. 3, pp. 39-55.
- Narayanan S., Chaniotakis E., Antoniou C. (2020) Shared autonomous vehicle services: A comprehensive review. *Transp. Res. Part. C*, vol. 111, pp. 255-293.
- Nikitas A., Michalakopoulou K., Njoya E.T., Karampatzakis D. (2020) Artificial intelligence, transport and the smart city: Definitions and dimensions of a new mobility era. *Sustainability*, vol. 12, p. 2789.
- Noble S.U. (2018) Algorithms of Oppression: How Search Engines Reinforce Racism. New York: New York University Press.
- Noori N., de Jong M., Janssen M., Schraven D., Hoppe T. (2020) Input-output modeling for smart city development. *J. Urban. Technol.*, vol. 28, no 1-2, pp. 71-92.
- O'Neal K. (2018) Ubiistvennye bol'shie dannye. Kak matematika prevratilas' v oruzhie massovogo porazheniya [Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy]. Moscow: AST. (in Russian)
- Perng S.Y., Kitchin R., Mac Donncha D. (2018) Hackathons, entrepreneurial life and the making of smart cities. *Geoforum*, vol. 97, pp. 189-197.
- Pham B.T., Le L.M., Le T.T., Bui K.T., Le V.M., Ly H.B., Prakash I. (2020) Development of advanced artificial intelligence models for daily rainfall prediction. *Atmos. Res.*, vol. 237, p. 104845.
- Praharaj S., Han J.H., Hawken S. (2018) Urban innovation through policy integration: Critical perspectives from 100 smart cities mission in India. *City Cult. Soc.*, vol. 12, pp. 35-43.
- Prior T., Giurco D., Mudd G., Mason L., Behrisch J. (2012) Resource depletion, peak minerals and the implications for sustainable resource management. *Glob. Environ. Chang.*, vol. 22, pp. 577-587.
- Probst W.N. (2020) How emerging data technologies can increase trust and transparency in fisheries. *J. Mar. Sci.*, 77, pp. 1286-1294.
- Pueyo S. (2018) Growth, degrowth, and the challenge of artificial superintelligence. *J. Clean. Prod.*, vol. 197, pp. 1731-1736.
- Quan S.J., Park J., Economou A., Lee S. (2019) Artificial intelligence-aided design: Smart design for sustainable city development. *Environ. Plan. B*, vol. 46, pp. 1581-1599.
- Ragnedda M. (2017) The Third Digital Divide: A Weberian Approach to Digital Inequalities. New York: Taylor & Francis.
- Rapley J. (2004) Globalization and Inequality: Neoliberalism's Downward Spiral. London: Lynne Rienner Publishers.
- Rasul G. (2014) Food, water, and energy security in South Asia: A nexus perspective from the Hindu Kush Himalayan region. *Environ. Sci. Policy*, vol. 39, pp. 35-48.

- Raza M., Awais M., Ali K., Aslam N., Paranthaman V.V., Imran M., Ali F. (2020) Establishing effective communications in disaster affected areas and artificial intelligence-based detection using social media platform. *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 112, pp. 1057-1069.
- Reed C. (2018) How should we regulate artificial intelligence? *Philos. Trans. R. Soc. A*, vol. 376, iss. 2128, pp. 20170360.
- Regilme S.S. Jr. (2019) The decline of American power and Donald Trump: Reflections on human rights, neoliberalism, and the world order. *Geoforum*, vol. 102, pp. 157-166.
- Riddlesden D., Singleton A.D. (2014) Broadband speed equity: A new digital divide? *Appl. Geogr.*, vol. 52, pp. 25-33.
- Robertson M. (2017) Sustainability Principles and Practice. London: Routledge.
- Robinson L., Cotten S.R., Ono H., Quan-Haase A., Mesch G., Chen W., Stern M.J. (2015) Digital inequalities and why they matter. *Inf. Commun. Soc.*, vol. 18, pp. 569-582.
- Rothstein B. (2013) Corruption and social trust: Why the fish rots from the head down. *Soc. Res.*, vol. 80, pp. 1009-1032.
- Rottz M., Sell D., Pacheco R., Yigitcanlar T. (2019) Digital commons and citizen coproduction in smart cities: Assessment of Brazilian municipal e-government platforms. *Energies*, vol. 12, p. 2813.
- Russel S., Norvig P. (2021) *Iskusstvennyi intellekt: sovremennyyi podkhod [Artificial Intelligence: A Modern Approach]*. Moscow: Dialektika. (in Russian)
- Santangeli A., Chen Y., Kluehn E., Chirumamilla R., Tiainen J., Loehr J. (2020) Integrating drone-borne thermal imaging with artificial intelligence to locate bird nests on agricultural land. *Sci. Rep.*, vol. 10, pp. 1-8.
- Schalkoff R.J. (1990) *Artificial Intelligence: An Engineering Approach*. New York: McGraw-Hill.
- Schellin H., Oberley T., Patterson K., Kim B., Haring K.S., Tossell C.C., de Visser E.J. (2020) Man's new best friend? Strengthening human-robot dog bonding by enhancing the doglikeness of Sony's Aibo. *Proceedings of the 2020 Systems and Information Engineering Design Symposium, Charlottesville, VA, USA, 24 April 2020*, pp. 1-6.
- Scherer M.U. (2015) Regulating artificial intelligence systems: Risks, challenges, competencies, and strategies. *Harv. J. Law Technol.*, vol. 29, p. 353.
- Schürholz D., Kubler S., Zaslavsky A. (2020) Artificial intelligence-enabled context-aware air quality prediction for smart cities. *J. Clean. Prod.*, vol. 271, pp. 121941.
- Shelton T., Zook M., Wiig A. (2015) The 'actually existing smart city'. *Camb. J. Reg. Econ. Soc.*, vol. 8, pp. 13-25.
- Shneiderman B. (2020) Human-centered artificial intelligence: Reliable, safe & trustworthy. *Int. J. Hum. Comput. Interact.*, vol. 36, pp. 495-504.
- Singh T.P., Nandimath P., Kumbhar V., Das S., Barne P. (2020) Drought risk assessment and prediction using artificial intelligence over the southern Maharashtra state of India. *Modeling Earth Syst. Environ.*, vol. 7, no 9, pp. 1-9.
- Smith T.R. (1984) Artificial intelligence and its applicability to geographical problem solving. *Prof. Geogr.*, vol. 36, pp. 147-158.
- Sohn K., Kwon O. (2020) Technology acceptance theories and factors influencing artificial intelligence-based intelligent products. *Telemat. Inform.*, vol. 47, p. 101324.
- Sotto D., Philippi A., Yigitcanlar T., Kamruzzaman M. (2019) Aligning urban policy with climate action in the global south: Are Brazilian cities considering climate emergency in local planning practice? *Energies*, vol. 12, p. 3418.
- Sousa W.G., de Melo E.R., Bermejo P.H., Farias R.A., Gomes A.O. (2019) How and where is artificial intelligence in the public sector going? A literature review and research agenda. *Gov. Inf. Q.*, vol. 36, p. 101392.
- Stilgoe J. (2019) *Who's Driving Innovation? New Technologies and the Collaborative State*. Berlin: Springer Nature.
- Sun W., Bocchini P., Davison B.D. (2020) Applications of artificial intelligence for disaster management. *Nat. Hazards*, vol. 103, no 3, pp. 2631-2689.
- Suwa S., Tsujimura M., Kodate N., Donnelly S., Kitinoja H., Hallila J., Ishimaru M. (2020) Exploring perceptions toward home-care robots for older people in Finland, Ireland, and Japan: A comparative questionnaire study. *Arch. Gerontol. Geriatr.*, vol. 91, p. 104178.
- Taddeo M., McCutcheon T., Floridi L. (2019) Trusting artificial intelligence in cybersecurity is a double-edged sword. *Nat. Mach. Intell.*, vol. 1, pp. 557-560.
- Taeihagh A., Lim H.S. (2019) Governing autonomous vehicles: Emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks. *Transp. Rev.*, vol. 39, pp. 103-128.
- Taplin R. (2020) *Cyber Risk, Intellectual Property Theft and Cyberwarfare: Asia, Europe and the USA*. London: Routledge.
- Tegmark M. (2019) *Zhizn' 3.0 Byt' chelovekom v epokhu iskusstvennogo intellekta [Life 3.0: Being Human in the Age of Artificial Intelligence]*. Moscow: AST. (in Russian)
- Teoh E.R. (2020) What's in a name? Drivers' perceptions of the use of five SAE Level 2 driving automation systems. *J. Saf. Res.*, vol. 72, pp. 145-151.
- Trencher G. (2019) Towards the smart city 2.0: Empirical evidence of using smartness as a tool for tackling social challenges. *Technol. Forecast. Soc. Chang.*, vol. 142, pp. 117-128.
- Truby J., Brown R., Dahdal A. (2020) Banking on AI: Mandating a proactive approach to AI regulation in the financial sector. *Law Financ. Mark. Rev.*, vol. 14, pp. 110-120.
- Tscharntke T., Clough Y., Wanger T.C., Jackson L., Motzke I., Perfecto I., Whitbread A. (2012) Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biol. Conserv.*, vol. 151, pp. 53-59.
- Tung T.M., Yaseen Z.M. (2020) A survey on river water quality modeling using artificial intelligence models: 2000-2020. *J. Hydrol.*, vol. 585, p. 124670.
- Turchin A., Denkenberger D. (2020) Classification of global catastrophic risks connected with artificial intelligence. *Ai Soc.*, vol. 35, pp. 147-163.
- Tzimas T. (2018) Artificial intelligence as global commons and the "international law supremacy" principle. *Proceedings of the 10th International RAIS Conference on Social Sciences and Humanities, Princeton, NJ, USA, 22-23 August (2018)*, pp. 83-88.
- Ullah Z., Al-Turjman F., Mostarda L., Gagliardi R. (2020) Applications of artificial intelligence and machine learning in

- smart cities. *Comput. Commun.*, vol. 154, pp. 313-323.
- Vano A. (2016) Is there anybody out there? The place and role of citizens in tomorrow's smart cities. *Futures*, vol. 82, pp. 26-36.
- Vinuesa R., Azizpour H., Leite I., Balaam M., Dignum V., Domisch S., Nerini F.F. (2020) The role of artificial intelligence in achieving the sustainable development goals. *Nat. Commun.*, vol. 11, p. 233.
- Voda A.I., Radu L.D. (2018) Artificial intelligence and the future of smart cities. *Broad Res. Artif. Intell. Neurosci.*, vol. 9, pp. 110-127.
- Walshe R., Casey K., Kernan J., Fitzpatrick D. (2020) AI and big data standardization: Contributing to United Nations sustainable development goals. *J. Ict Stand.*, vol. 8, pp. 77-106.
- Wang P., Yao J., Wang G., Hao F., Shrestha S., Xue B., Peng Y. (2019) Exploring the application of artificial intelligence technology for identification of water pollution characteristics and tracing the source of water quality pollutants. *Sci. Total Environ.*, vol. 693, p. 133440.
- Wearn O.R., Freeman R., Jacoby D.M. (2019) Responsible AI for conservation. *Nat. Mach. Intell.*, vol. 1, pp. 72-73.
- Wheeler S.M. (2013) Planning for Sustainability: Creating Livable, Equitable and Ecological Communities. New York: Routledge.
- Wu N., Silva E.A. (2010) Artificial intelligence solutions for urban land dynamics: A review. *J. Plan. Lit.*, vol. 24, pp. 246-265.
- Yampolskiy R.V. (2015) Artificial Superintelligence: A Futuristic Approach. New York: CRS Press.
- Yigitcanlar T. (2009) Planning for smart urban ecosystems: Information technology applications for capacity building in environmental decision making. *Theor. Empir. Res. Urban. Manag.*, vol. 4, pp. 5-21.
- Yigitcanlar T. (2010a) Rethinking Sustainable Development: Urban Management, Engineering, and Design. Hersey: IGI Global.
- Yigitcanlar T. (2010b) Sustainable Urban and Regional Infrastructure Development: Technologies, Applications and Management. Hersey: IGI Global.
- Yigitcanlar T. (2016) Technology and the City: Systems, Applications and Implications. New York: Routledge.
- Yigitcanlar T. (2018) Smart city policies revisited: Considerations for a truly smart and sustainable urbanism practice. *World Technopolis Rev.*, vol. 7, pp. 97-112.
- Yigitcanlar T., Butler L., Windle E., Desouza K., Mehmood R., Corchado J. (2020) Can building 'artificially intelligent cities' protect humanity from natural disasters, pandemics and other catastrophes? An urban scholar's perspective. *Sensors*, vol. 20, p. 2988.
- Yigitcanlar T., Desouza K., Butler L., Roozkhosh F. (2020) Contributions and risks of artificial intelligence (AI) in building smarter cities: Insights from a systematic review of the literature. *Energies*, vol. 13, p. 1473.
- Yigitcanlar T., Dur F. (2013) Making space and place for knowledge communities: Lessons for Australian practice. *Australas. J. Reg. Stud.*, vol. 19, pp. 36-63.
- Yigitcanlar T., Foth M., Kamruzzaman M. (2019) Towards post-anthropocentric cities: Reconceptualising smart cities to evade urban ecocide. *J. Urban. Technol.*, vol. 26, pp. 147-152.
- Yigitcanlar T., Hoon M., Kamruzzaman M., Ioppolo G., Sabatini-Marques J. (2019) The making of smart cities: Are Songdo, Masdar, Amsterdam, San Francisco and Brisbane the best we could build? *Land Use Policy*, vol. 88, p. 104187.
- Yigitcanlar T., Inkinen T. (2019) Geographies of Disruption: Place Making for Innovation in the Age of Knowledge Economy. Cham: Springer International Publishing.
- Yigitcanlar T., Kamruzzaman M. (2015) Planning, development and management of sustainable cities: A commentary from the guest editors. *Sustainability*, vol. 7, pp. 14677-14688.
- Yigitcanlar T., Kankanamge N., Vella K. (2020) How are the smart city concepts and technologies perceived and utilized? A systematic geo-twitter analysis of smart cities in Australia. *J. Urban. Technol.*, vol. 29, no 1-2, pp. 135-154.
- Yu K.H., Beam A.L., Kohane I.S. (2018) Artificial intelligence in healthcare. *Nat. Biomed. Eng.*, vol. 2, pp. 719-731.
- Yun J., Lee D., Ahn H., Park K., Lee S., Yigitcanlar T. (2016) Not deep learning but autonomous learning of open innovation for sustainable artificial intelligence. *Sustainability*, vol. 8, p. 797.
- Zeadally S., Adi E., Baig Z., Khan I.A. (2020) Harnessing artificial intelligence capabilities to improve cybersecurity. *Ieee Access*, vol. 8, pp. 23817-23837.
- Zhang J., Hua X.S., Huang J., Shen X., Chen J., Zhou Q. (2019) City brain: Practice of large-scale artificial intelligence in the real world. *Iet Smart Cities*, vol. 1, pp. 28-37.
- Zhuravleva N.A., Nica E., Durana P. (2019) Sustainable smart cities: Networked digital technologies, cognitive big data analytics, and information technology-driven economy. *Geopolit. Hist. Int. Relat.*, vol. 11, pp. 41-47.

*Социальные сети Instagram и Facebook запрещены на территории Российской Федерации. 21.03.2022 компания Meta признана экстремистской организацией.