

1.6. НАСЕЛЁННЫЕ ПУНКТЫ КАК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ АГЕНТЫ: ОТ УМНЫХ К КОГНИТИВНЫМ ГОРОДАМ

Душкин Р. В., Директор по науке и технологиям Агентство ИИ
 Есетов А. А., Генеральный директор Tengri Lab
 Сейтказинов С. Д., Директор RoDeS Tech
 Онацик Д. А. Коммерческий директор RoDeS Tech

В статье представлено авторское видение решения некоторых острых проблем муниципального управления и умных городов, которые пока ещё остаются, несмотря на повсеместное внедрение технологий автоматизации в области организации городского хозяйства. Даются базовые определения основополагающих терминов и понятий, необходимых для осмысления предлагаемого подхода к автоматизации и интеллектуализации муниципального управления. Приводится общая архитектура адаптивного интеллектуального агента для персонализации населённого пункта и муниципальных сервисов, описывается процесс взаимодействия различных акторов с интеллектуальным агентом, а также даются некоторые примеры применения интеллектуальных агентов в рамках построения когнитивного города. Новизна рассматриваемой методологии автоматизации городского и муниципального управления на базе интеллектуальных агентов основана на том, что ранее подобный подход не рассматривался или рассматривался в незначительной мере из-за отсутствия значительных вычислительных мощностей для решения когнитивных задач, а также по причине несовершенства методов обработки естественного языка, которые были доступны для исследователей ещё десятилетие назад. Кроме того, абсолютно новым является слияние нескольких технологий для решения такой крупной задачи, как омниканальное и мультимодальное взаимодействие между акторами с произвольными ролями и интегрированной информационной системой городского управления. Актуальность предлагаемого решения следует из современных вызовов урбанизированному обществу по организации для людей среды с устойчивым развитием и возможностью повышения качества жизни в различных аспектах. Современные городские жители имеют завышенные требования к качеству предоставляемых муниципальных и государственных услуг, а окружающие их примеры интеллектуальных систем в коммерческом секторе задают общий уровень сервиса. Это, в свою очередь, означает, что сама по себе сквозная автоматизация интегрированных процессов управления не нужна акторам, им требуется высококачественное обслуживание их запросов на основе точной информации о любых аспектах городского хозяйства, персональных данных акторов и всей доступной ведомственной информации, которая может использоваться для удовлетворения запросов. Статья будет интересна учёным и инженерам, проводящим исследования и работающим в области оптимизации городского управления.

Введение

Сегодня становится крайне актуальным вопрос повышения эффективности управления городским хозяйством и оптимизации комплексных муниципальных сервисов [Василенко, 2016]. С развитием цифровых отношений и вместе с переходом общества к новой промышленной парадигме — так называемой «Индустрии 4.0» [Юдина, 2017] должны меняться и традиционные схемы муниципального управления, чтобы включать в себя новые возможности, предоставляемые инновационными технологиями из состава новой парадигмы. Для населённых пунктов, жители и руководство которых стремятся идти в ногу с научно-техническим прогрессом, одной из важнейших задач становится применение прорывных и «подрывных» технологий так, чтобы обеспечивать высокое качество жизни, устойчивое и вместе с тем непрерывное развитие своей среды обитания.

Вместе с тем традиционная форма управления сложными социотехническими системами (к которым относятся и населённые пункты), основанная на рациональной бюрократии, в современных условиях начинает давать сбой. Проблемы возникают в нескольких критических точках, главными из которых являются:

1. Запаздывание принятия решений из-за долгого процесса сбора агрегированной информации об объекте управления, в результате чего принятые решения с большой вероятностью являются неактуальными, и их имплементация может привести к усугублению проблем.
2. Решения принимаются на основе устаревших норм и регламентов из-за общей инертности системы управления, что приводит к появлению решений, не отвечающих современным требованиям общества.
3. Отсутствует ответственность за принятые решения, когда лица, принимающие решения, прикрываются упомянутыми в предыдущем пункте устаревшими нормами и так называемой «коллективной безответственностью», из-за чего решения могут иметь любую степень абсурдности.
4. Рабочие процессы на стыке межведомственного взаимодействия практически всегда задерживаются и чаще всего дают сбой, так как у разных ведомств и организаций разные цели и интересы, а общие потребности объекта управления практически никого не интересуют.

Для частичного решения перечисленных проблем в своё время была предложена концепция «умного города» [Portman et al., 2015; Viitanen et al., 2014]. Умный город — это рассмотрение всех аспектов функционирования населённого пункта с точки зрения интеграции в единое информационное и функциональное пространство всех автоматизированных и информационных систем, а также общегородского интернета вещей в целях управления городским комплексом [Acharjya et al., 2017]. При этом под городским комплексом понимаются все аспекты жизнедеятельности и жизнеобеспечения населённого пункта — местные отделы государственных информационных систем, школы, библиотеки, транспорт, больницы, электростанции, системы водоснабжения и управления отходами, правоохранительные органы и другие общественные службы.

Умный город — это очень высокоуровневая концепция, которая предполагает постепенную эволюцию от текущего состояния информационно-коммуникационных технологий во всех сферах жизни жителей и аспектах городского хозяйства до единого интеллектуально управляемого комплекса, в котором все такие аспекты взаимосвязаны и направлены не на решение задач бюрократии и отдельных ведомств и организаций, а на повышение качества жизни жителей и обеспечения устойчивого городского развития в условиях соблюдения всех экологических норм и требований [Tausch, 2012].

В составе умного города должна быть система поддержки принятия решений (СППР) самого высокого уровня, которая предоставляет всем лицам, принимающим решения (ЛПР) в своих областях, всё необходимое для полноценной оценки ситуации, прогнозирования и выработки оптимальных решений [Душкин, 2019]. Эта СППР интегрирует средства сбора и анализа информации, инструменты прогнозирования и построения возможных моделей развития и визуального представления результатов, причём в виде, который будет максимально удобен и полезен для ЛПР. Это инструмент для тех, кто обязан видеть картину аспекта городского хозяйства в целом, уметь оценить текущую ситуацию и принять оптимальное решение в своём аспекте или для города в целом.

Фактически, умный город замыкает в единый контур управления все процессы и сервисы, предоставляемые населённым пунктом. При этом информация, необходимая для выполнения процессов и предоставления сервисов, приходит точно в срок, а потому является актуальной для принятия решений. Это позволяет повысить как качество предоставляемых муниципальных услуг, так и степень удовлетворённости жителей населённого пункта от всех сфер жизни в нём [Batty et al., 2012].

Вместе с тем, несмотря на все положительные стороны концепции умного города, при переходе от традиционных схем управления к умным остаются серьёзные проблемы, большая часть из которых вытекает из проблем традиционной формы управления, перечисленных ранее. Более того, даже если переход к умному городу состоялся, у современных населённых пунктов, городов и мегаполисов, работающих в рассматриваемой парадигме, тоже остаются проблемы. Некоторые из них резонно перечислить:

1. Переход от обычного к умному городу чаще всего осуществляется постепенно, сроки внедрения решений очень длительные из-за необходимости следовать устаревшим технологическим нормам и размытости ответственности ведомств, участвующих в заказе разработки. Из-за этого к моменту внедрения новые возможности могут сразу же стать устаревшими.
2. При реализации умного города часто отвергается принцип новых задач и осуществляется автоматизация «бумажных» процессов, что приводит к тому, что неэффективные процессы остаются такими же неэффективными, но при этом требуют больше расходов на своё поддержание из-за более высоких требований к обслуживающему персоналу.
3. При автоматизации сквозных процессов, затрагивающих несколько различных ведомств и городских служб, на стыках всё равно остаются задержки, нестыковки и проблемы различного характера, что часто сводит на нет все усилия по внедрению умных решений.
4. После автоматизации процессов и появления интегрированных решений с точки зрения сторонних акторов взаимодействия с городскими и муниципальными сервисами появляется несколько различных точек взаимодействия, и часто передаваемая информация недоступна сквозь все процессы умного города. Это приводит к раздражению жителей и коммерческого сектора, снижению доверия к новым решениям.
5. Всё так же размывается ответственность за принятые решения, а с учётом того, что решения могут приниматься при помощи СППР, само понятие ответственности становится несколько эфемерным. И это, в свою очередь, опять же может снизить степень доверия акторов к умному городу.

Авторы предлагают свой подход к частичному решению описанных проблем — когнитивный город. Когнитивным городом называется такое развитие концепции умного города, при котором населённый пункт получает персонификацию в виде интеллектуального агента, который одновременно становится единой точкой входа взаимодействия всех акторов с городскими сервисами и информационными системами. Когнитивный город — это полностью автоматизированные и интегрированные процессы восприятия всех аспектов городской жизни, использующие средства моделирования и предиктивной аналитики для лучшего реагирования на изменяющиеся условия функционирования с предоставлением качественных сервисов на основе актуальной информации. Это краткое определение, которое будет тщательно разобрано в разделе 1.

Приведённое определение даёт понимание того, что когнитивный город в лице своего интеллектуального агента получает некоторого рода персонификацию, через которую можно осуществлять омниканальную и мультимодальную коммуникацию с интегрированными информационными системами населённого пункта, причём такую коммуникацию могут осуществлять акторы со всеми ролями, которые предполагаются в этих информационных системах. Жители города и туристы, юридические лица, сотрудники муниципальных органов и органов государственной власти любого уровня, а также смежные и внешние информационные системы — для всех этих классов акторов интеллектуальный агент может дать свои интерфейсы взаимодействия и получения ответов на запросы. Более того, использование современных достижений в области искусственного интеллекта в части машинного перевода [Кулагина, 1991] даёт возможность «на лету» получить интеллектуального агента, разговаривающего на любых доступных для перевода языках.

Новизна рассматриваемой методологии автоматизации городского и муниципального управления на базе интеллектуальных агентов основана на том, что ранее подобный подход не рассматривался или рассматривался в незначительной мере из-за отсутствия значительных вычислительных мощностей для решения когнитивных задач, а также по причине несовершенства методов обработки естественного языка, которые были доступны для исследователей ещё десятилетие назад [Russel et al., 2003]. Кроме того, абсолютно новым является слияние нескольких технологий для решения такой крупной задачи, как омниканальное и мультимодальное взаимодействие между акторами с произвольными ролями и интегрированной информационной системой городского управления.

Актуальность предлагаемого решения следует из современных вызовов урбанизированному обществу по организации для людей среды с устойчивым развитием и возможностью повышения качества жизни в различных аспектах. Современные городские жители имеют завышенные требования к качеству предоставляемых муниципальных и государственных услуг, а окружающие их примеры интеллектуальных систем в коммерческом секторе задают общий уровень сервиса. Это, в свою очередь, означает, что сама по себе сквозная автоматизация интегрированных процессов управления не нужна акторам, им требуется высококачественное обслуживание их запросов на основе точной информации о любых аспектах городского хозяйства, персональных данных акторов и всей доступной ведомственной информации, которая может использоваться для удовлетворения запросов.

Далее в этой статье будет приведена общая архитектура адаптивного интеллектуального агента для персонализации населённого пункта и муниципальных сервисов (раздел 1), будет описан процесс взаимодействия различных акторов с интеллектуальным агентом при помощи различных каналов коммуникации (раздел 2), а также будут даны примеры применения интеллектуальных агентов в качестве персонализации когнитивных городов (раздел 3). В заключение будут предложены направления дальнейшего движения в рамках настоящего исследования, а также рассмотрены варианты применения предлагаемой методологии построения интеллектуальных агентов для персонализации других классов социотехнических систем и построения из интеллектуальных агентов многоагентных систем.

1. Общая архитектура адаптивного интеллектуального агента для персонификации населённого пункта и муниципальных сервисов

Интеллектуальный агент (ИА) — это общее наименование системы, взаимодействующей с другими акторами в своём окружении на основе когнитивных функций [Kasabov, 1998]. В общем понимании, люди сами по себе являются интеллектуальными агентами, равно как являются ими и отдельные классы организационных систем, так что для целей настоящего исследования во внимание будут приниматься только искусственные интеллектуальные агенты, под которыми понимаются технические системы, взаимодействующие с акторами произвольной природы (другими интеллектуальными агентами), при этом так или иначе симулирующие когнитивные функции [Душкин, 2019].

Адаптивность искусственного интеллектуального агента можно определить как способность ИА адекватно реагировать на такие значения входных данных или их комбинации, которых не было в процессе обучения ИА [Душкин, 2019]. Фактически, адаптивность тесно связана с возможностью ИА обучаться «на лету». Само собой разумеется, что изменение значений входных параметров должно находиться в пределах области допустимых значений, с которыми работает ИА.

Эти общие определения позволяют сказать, что ИА — это довольно общая концепция, позволяющая автоматизировать взаимодействие с самым широким набором классов автоматизированных или информационных систем, технических устройств, организационных и социотехнических сущностей. Поэтому в рамках предлагаемого подхода вполне возможно использовать ИА в качестве средства автоматизации и интеллектуализации муниципальных сервисов.

Для этого необходимо рассмотреть различные типы муниципальных сервисов. Государственные и муниципальные сервисы — это услуги, предоставляемые населению и юридическим лицам (любой формы) органами исполнительной власти, муниципальными органами и подведомственными им государственными учреждениями. В частности, можно выделить следующие типы:

1. Внутренние — сервисы, предоставляемые другим органам исполнительной власти, муниципальным органам или подведомственным им государственным учреждениям. Обычно это раз-

- личного рода отчётность, предоставляемая периодически, либо статистические справки и другая подобная информация, предоставляемая по запросу, либо получение разрешения. Такие сервисы могут оказывать на другие типы сервисов тормозящее влияние.
2. Обеспечивающие — сервисы, результаты которых необходимы организациям, предоставляющим основные типы сервисов, но из-за отсутствия интеграции и межведомственной коммуникации результаты таких сервисов должны получать внешние акторы, хотя сами по себе они им не требуются. Например, к обеспечивающим сервисам можно отнести любые виды нотариальных услуг, получение справок в одних организациях для передачи их в другие организации. Этот тип сервисов оказывает на другие типы тормозящее влияние и вызывает у акторов наибольшее раздражение.
 3. Простые — сервисы, процесс исполнения которых от получения входных условий до выдачи результата лежит полностью в рамках одной организации, и в нём не используется межведомственное взаимодействие. Простые сервисы оказываются внешним акторам, на них могут оказывать тормозящее влияние обеспечивающие типы сервисов. Но обычно это наиболее быстрые сервисы. Например, получение свидетельства о рождении в органах ЗАГС обычно требует предоставления в такой орган документов из родильного дома (обеспечивающий сервис), после чего свидетельство выдаётся в кратчайшие сроки.
 4. Комплексные — сервисы, которые для исполнения своего процесса требуют межведомственного взаимодействия. Эти типы сервисов наиболее длительны по времени, так как на них оказывают тормозящие влияния не только обеспечивающие сервисы, но и внутренние. Например, к этому типу относится сервис получения разрешения на гражданское оружие, при запуске которого органу лицензионно-разрешительной работы необходимо собрать массу справок о заявителе из разных ведомств совершенно различной подчинённости.

Также государственные и муниципальные сервисы можно классифицировать по сфере жизни, в рамках которой осуществляется получение соответствующего сервиса. К таким сферам жизни относятся безопасность, транспорт, здравоохранение, образование, культура и т. д. Шкала классификации сервисов по сферам жизни является ортогональной предыдущей рассмотренной классификации, поэтому каждый сервис можно классифицировать по двум шкалам.

Наконец, третья важная шкала классификации, ортогональная двум предыдущим, использует понятие «жизненная ситуация». Фактически, сервис может быть одиночным, когда запросившему его актору требуются простые результаты (например, справка о месте жительства). И сервис может представлять собой жизненную ситуацию (например, рождение ребёнка). При запуске жизненной ситуации, фактически, запускается параллельная работа нескольких взаимосвязанных процессов, лежащих в основе соответствующих сервисов, которые предоставляются различными муниципальными организациями. Если рассмотреть жизненную ситуацию «рождение ребёнка», то она включает в себя сервис по регистрации нового гражданина в органах ЗАГС, его прописке, выделению материнского капитала и т. д. С точки зрения внешнего актора все эти сервисы должны быть предоставлены вместе без лишних бюрократических проволочек. Именно понятие жизненной ситуации очень высоко поднимает уровень качества муниципальных сервисов, если их интегрированная реализация основана на правильном подходе.

Развитие методов и технологий искусственного интеллекта неизбежно приводит к появлению персонализированного подхода к потребностям каждого отдельного клиента [Bowen et al., 2004]. Это связано как с повсеместным распространением практически даровых вычислительных мощностей, так и с разработкой новых методов интеллектуального анализа «больших данных» для поиска значимых закономерностей в информации о конкретном акторе. В применении к ИА населённого пункта это фактически обозначает, что ИА может предоставлять персонализированные муниципальные сервисы на основе всей информации об акторе, а также с учётом полной истории взаимодействия с ним.

С другой стороны, те же самые причины в совокупности с методами обработки естественного языка и анализа эмоциональной составляющей взаимодействия с человеком позволяют создать искусственный персонаж, олицетворяющий какую-либо техническую систему. В применении к ИА населённого пункта это обозначает, что такой ИА получает «искусственную личность» со своим характером и особенностями общения. Фактически, это получаются две стороны одной медали — персонализация и персонафикация муниципальных сервисов при помощи ИА.

Всё вышперечисленное даёт понимание определённого набора принципов, которыми необходимо руководствоваться при создании и эксплуатации ИА. Имеет смысл перечислить эти принципы с кратким описанием каждого.

К принципам разработки ИА относятся следующие:

- *Комплексность* — при построении ИА должен автоматизироваться комплекс задач, что приводит к тому, что ИА охватывает полный набор муниципальных сервисов. Впрочем, построение ИА может происходить поэтапно с постепенным включением сервисов, однако проектирование решения должно охватывать весь комплекс сервисов.

- *Системность* — проектирование и построение ИА должно осуществляться на базе системного подхода с рассмотрением всех взаимосвязей автоматизируемых процессов, их подпроцессов и операций в динамике и применением аппарата системного анализа и системотехники для реализации ИА.
- *Интегрированность* — при реализации ИА необходимо осуществлять бесшовную интеграцию со всеми смежными системами, которые являются источниками данных для функционирования ИА. Бесшовность интеграции обозначает, что ИА должен получать требуемые данные без лишних согласований и, тем более, без операций, выполняемых вручную.
- *Реинжиниринг процессов* — во время построения ИА необходимо также подвергать автоматизируемые им процессы и группы процессов полному реинжинирингу в целях оптимизации затрат времени и материальных ресурсов, так как многие процессы сегодня основаны на нормах, утверждённых десятилетия назад, и сегодня они не отвечают изменившимся реалиям.
- *Новые задачи* — при автоматизации процессов необходимо принимать во внимание то, что сами новые методы автоматизации и интеллектуализации позволяют решать новые задачи, причём часто оптимальным образом. Этот принцип позволяет отказаться от автоматизации «бумажных процессов» в точности, как они есть, поскольку информационно-коммуникационные технологии и технологии искусственного интеллекта могут решить возникающие проблемы иначе.

С другой стороны, к принципам функционирования адаптивного ИА можно отнести следующие:

- *Обучение на лету* — в процессе функционирования ИА будет постоянно сталкиваться с ситуациями, которых не было в его обучающих сессиях, и в этом случае он должен не только адекватно на них реагировать, но и обучаться, чтобы впоследствии при возникновении таких же или схожих ситуаций ИА сразу брал паттерн и программу своего поведения из базы знаний (БЗ).
- *Единство точки обращения* — акторы, взаимодействующие с ИА, обращаются к нему по поводу любого государственного или муниципального сервиса или их группы, при этом ИА использует свои возможности по интеграции с государственными и муниципальными информационными системами и свою память об истории взаимодействия с каждым актором для того, чтобы минимизировать сбор информации в рамках конкретного обращения.
- *Оmnikanальность* — взаимодействие с ИА может происходить по различным каналам коммуникации, при этом ИА помнит всю историю взаимодействия с конкретным актором, независимо от канала и частоты его смены.
- *Мультимодальность* — также взаимодействие с ИА может осуществляться с использованием различных модальностей передачи информации: текстовые сообщения, голос, отправка файлов документов и изображений и др. Сам ИА в ответ на запросы актора может использовать как текстовые, так и голосовые ответы в зависимости от того, какая модальность выбрана актором.
- *Естественный язык и мультиязычность* — поскольку разработка ИА основана на методах искусственного интеллекта, общение с ним может происходить как на формальном языке, так и при помощи обычного естественного языка. Последний вариант очень удобен для обычных жителей города, особенно далёких от информационных технологий и бюрократического способа решения проблем. Само собой разумеется, что при помощи технологий искусственного интеллекта можно «на лету» использовать различные естественные языки в соответствии с тем, на каком языке обратился актор.
- *Актороориентированность* — вся деятельность ИА должна быть направлена на решение проблем обратившихся в нему акторов, а не на удовлетворение внутренних нужд бюрократии на всех уровнях муниципального управления. Количество информации, запрашиваемой с актора, должно быть минимальным. Запросы акторов должны предвосхищаться.
- *Проактивность* — ИА должен стараться предугадывать пожелания взаимодействующих с ним акторов на основании моделей различных типов акторов, их потребностей и информационной модели населённого пункта. В некоторых случаях ИА может первым инициировать взаимодействие с акторами для напоминания им важной информации или даже предоставления отдельных услуг.
- *Персонафикация* — ИА должен представлять собой искусственную личность со своим характером, стилем общения и даже, возможно, внешним видом. Фактически, ИА — это представление населённого пункта в виде персонажа. Это позволит сделать муниципальные сервисы более открытыми для всех типов акторов.
- *Персонализация* — также ИА должен предоставлять акторам персонализированные сервисы, когда в расчёт принимается не усреднённая статистическая информация, собранная много лет назад, а результаты анализа «больших данных» конкретного актора.
- *Жизненные ситуации* — и, наконец, ИА должен полностью реализовывать обработку всех возможных «жизненных ситуаций» для всех типов акторов. Фактически, этот принцип объединяет во время функционирования все принципы разработки ИА, которые были перечислены ранее.

Теперь можно изобразить общую архитектуру ИА. Она представлена на следующей диаграмме.

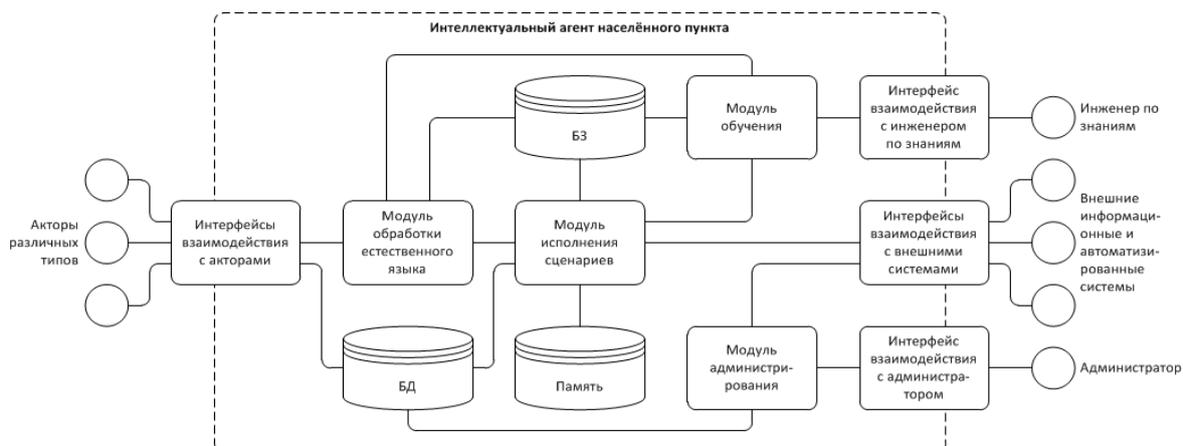


Рис. 1. Общая архитектура ИА, персонализирующего населённый пункт

На представленной диаграмме показаны:

1. *Интерфейсы взаимодействия с акторами* — набор интерфейсов для различных каналов взаимодействия с акторами все типов, кроме внешних информационных и автоматизированных систем. Фактически, для каждого канала (конкретный мессенджер, телефония и т. д.) организуется свой интерфейс, через который акторы взаимодействуют с ИА.
2. *Интерфейсы взаимодействия с внешними системами* — набор интерфейсов для различных внешних информационных и автоматизированных систем, находящихся в контуре управления муниципалитетом (населённым пунктом), информацию из которых использует ИА для предоставления муниципальных сервисов. Для каждой внешней системы обычно реализуется отдельный интерфейс.
3. *Интерфейс взаимодействия с инженером по знаниям* — поскольку инженер по знаниям является специальной ролью, которая имеет полномочия обучать ИА, то для этого актора должен быть реализован отдельный интерфейс, при помощи которого и осуществляется обучение ИА новым знаниям и паттернам поведения.
4. *Интерфейс взаимодействия с администратором* — абсолютно так же, как администратор является специальной ролью, у которой есть полномочия настройки ИА и правил его взаимодействия с внешними системами, а также прав доступа к ИА, то у администратора должен быть отдельный интерфейс взаимодействия с ИА. Интерфейсы взаимодействия инженера по знаниям и администратора могут не быть естественно-языковыми (и, скорее всего, не должны являться таковыми).
5. *Модуль обработки естественного языка* — поскольку взаимодействие с ИА должно осуществляться на естественном языке с возможными вставками сценарных формальных шагов, то между интерфейсами взаимодействия с акторами и модулем исполнения сценариев должна находиться функциональность по распознаванию смысла естественно-языковых высказываний в формальный внутренний язык ИА, доступный для машинной интерпретации.
6. *Модуль исполнения сценариев* — фактически, ядро ИА, в котором осуществляется агрегация всей необходимой информации, производится подготовка и выбор сценария для исполнения (паттерн поведения ИА) и, собственно, подготовленный сценарий исполняется. Результатом исполнения могут быть запросы во внешние системы, уточнение информации у актора, выдача промежуточных результатов или исполнение запрошенного сервиса.
7. *Модуль обучения* — поскольку ИА должен быть адаптивным, то в его составе должен иметься набор функций для обучения новому поведению агента в изменяющихся условиях среды его функционирования. Обучение может быть индуктивным и имплицитным на основе методов машинного обучения, равно как и дедуктивным и эксплицитным при помощи явного формулирования сценариев на языке представления знаний инженером по знаниям.
8. *Модуль администрирования* — для настройки способов взаимодействия ИА со своим окружением с точки зрения информационно-коммуникационных технологий и информационной безопасности этим модулем обеспечивается требуемая функциональность, которой пользуется администратор через специально выделенный интерфейс.
9. *База данных* — хранилище для настроек ИА, информации о правах доступа и прочих подобных вспомогательных данных.

10. *База знаний* — хранилище для сценариев реагирования на запросы акторов, паттернов поведения ИА, декларативных знаний о проблемной области и процедурных знаний о способах предоставления государственных и муниципальных сервисов.
11. *Память* — хранилище для оперативной контекстной информации, необходимой для общения с акторами. В памяти хранятся все данные об акторах так, чтобы ИА запрашивал как можно меньше информации.

Конечно, необходимо отметить, что каждый из перечисленных компонентов ИА, в свою очередь, является сложной системой, состоящей из определённого набора подсистем и элементов. Особенно это относится к модулям ИА.

Осталось кратко охарактеризовать функциональность ИА, персонифицирующего населённый пункт. Принимая во внимание перечисленные ранее принципы, а также учитывая описанную общую архитектуру ИА, в качестве базовой функциональности ИА можно принять следующий набор функций:

1. Предоставление широкого набора государственных и муниципальных сервисов.
2. Возможность общения с акторами на естественном языке.
3. Интеграция с произвольными информационными и автоматизированными системами.

2. Процесс взаимодействия различных акторов с интеллектуальным агентом

Итак, поскольку важнейшей возможностью ИА является его взаимодействие с различными типами акторов, то имеет смысл более подробно описать общую схему такого взаимодействия. В этом разделе приводится такая схема с упором на обобщённость без конкретизации решаемых задач. Кроме того, схема показывает отдельные аспекты адаптивного поведения ИА, что позволяет говорить о высокой степени интеллектуализации муниципальных сервисов при помощи предлагаемого подхода. После описания схемы будет дано несколько вариантов использования ИА для различных сервисов и общения с акторами разных типов.

Следующая диаграмма в нотации BPMN показывает общий процесс предоставления государственной или муниципальной услуги со стороны ИА:

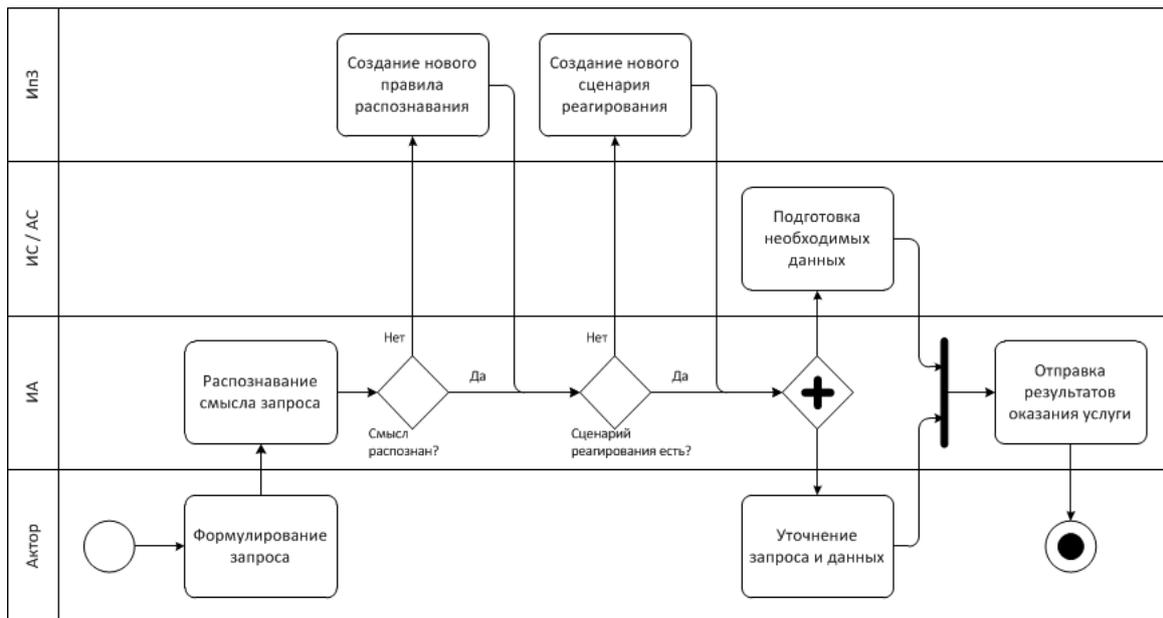


Рис. 2. Обобщённый процесс предоставления государственных и муниципальных услуг.

На диаграмме использованы сокращения: ИА — интеллектуальный агент, ИС / АС — информационная система или автоматизированная система, ИпЗ — инженер по знаниям

Имеет смысл кратко описать представленную диаграмму, рассмотрев некоторые тонкости, поскольку на ней не показаны многочисленные альтернативные пути процесса.

1. Предполагается, что инициатива по получению государственной или муниципальной услуги исходит от актора, хотя в общем случае это может быть не так, поскольку ИА может сам проявить инициативу на основании наступления некоторых триггерных событий. В последнем случае процесс просто начинается со второй операции, и ИА не распознаёт смысл запроса актора, а понимает суть сработавшего триггера.

2. Если же актер инициирует получение услуги, то он формулирует запрос в одном из доступных ему каналов связи с ИА. Например, это может быть текстовый запрос в чате какого-либо мессенджера.
3. ИА распознаёт смысл запроса актора, причём это может быть итерационный подпроцесс, так как ИА может переспрашивать и уточнять те моменты, которые он не смог понять или найти в своей памяти информацию для подстановки в качестве значений для референций в запросе актора.
4. Если смысл запроса актора не распознан, то ИА формирует свой запрос в адрес инженера по знаниям. Инженер по знаниям вручную разбирает смысл запроса актора и либо формирует новое правило для распознавания, либо ассоциирует с запросом актора имеющееся правило распознавания. Эта мета-информация о способах работы ИА записывается в его БЗ и становится доступна для ИА непосредственно так, что он может понимать смысл текущего запроса и сходных с ним по смыслу как во взаимодействии с тем же самым актором, так и во всех других будущих взаимодействиях с любыми другими акторами.
5. Следующим шагом ИА ищет в своей БЗ сценарий для отработки запроса. Если сценарий не найден, то ИА опять формирует запрос инженеру по знаниям, который либо формирует новый сценарий и записывает его в БЗ, либо ассоциирует с запросом имеющийся сценарий. Опять же, новый сценарий становится доступным непосредственно для работы ИА во время его взаимодействия с произвольными акторами.
6. Необходимо отметить, что сценарий может быть крайне комплексным, который требует выполнения большого количества операций, сбора информации из различных информационных и автоматизированных систем, а также получения новых данных у различных акторов — как у актора, инициировавшего запрос, так и у других, которые могут иметь отношение к исполнению запроса и оказанию услуги. На этом шаге ИА запускает множество запросов во все источники информации, ожидает от них данные и агрегирует их.
7. Как только все данные для исполнения запроса и выдачи результатов государственной или муниципальной услуги получены, ИА формирует результаты исполнения услуги и отправляет их инициировавшему актору. На этом шаге также может собираться «обратная связь» от актора по результатам взаимодействия с ИА. После этого процесс заканчивается.

В соответствии с философией когнитивных городов [Mostashari et al., 2011] этот процесс позволит ИА непрерывно обучаться на основе взаимодействия с акторами, участвующими в жизни города.

Следующие примеры позволяют более конкретно понять, как ИА может предоставлять государственные и муниципальные услуги акторам различных классов. В соответствии с описанным ранее процессом предполагается, что инициирующим диалог собеседником является актер, а не ИА.

- Класс актора: физическое лицо. Пример: житель города, имеющий гражданство, диалог с которым может происходить примерно следующим образом:
 - Привет. Мне нужна справка о регистрации.
 - Здравствуйте. Правильно ли я понял, что вам требуется справка о регистрации по месту жительства?
 - Да.
 - Держите: /к сообщению добавлен PDF-файл с электронной подписью/.
 - О, так быстро! Благодарю.
 - Пожалуйста. Это моя работа.
- Класс актора: физическое лицо. Пример: турист из другого государства, диалог с которым может происходить примерно следующим образом:
 - Добрый день.
 - Здравствуйте.
 - Я хотел бы посетить ваш краеведческий музей. Сегодня можно?
 - Да, конечно. Вы иностранный гражданин?
 - Да.
 - Для иностранных граждан входной билет стоит 500 рублей. Забронировать для Вас?
 - Да, пожалуйста.
 - Билет забронирован. На кассе покажите ваш паспорт, пожалуйста.
 - Благодарю. Как удобно.
 - Спасибо, мне приятно. Надеюсь, вам понравится в нашем музее.
- Класс актора: юридическое лицо. Пример: бухгалтер коммерческой компании, диалог с которым может происходить примерно следующим образом:
 - Здравствуйте, мне нужен шаблон налоговой декларации.
 - Добрый день. Если вы хотите подать налоговую декларацию от юридического лица, рекомендую вам воспользоваться специальной формой для этого.
 - Да, пришлите ссылку.
 - Пожалуйста: /ссылка на форму/

Актор переходит по ссылке и заполняет форму. После того как он нажимает кнопку «Сохранить», диалог возобновляется со стороны ИА:

- Ваша налоговая декларация получена. Благодарю.
- Спасибо вам.
- Пожалуйста. Обращайтесь.
- Класс актора: юридическое лицо. Пример: глава администрации населённого пункта, диалог с которым может происходить примерно следующим образом:
 - Мне нужен демографический отчёт.
 - За какой период?
 - С начала года по текущую дату в сравнении с аналогичным периодом прошлых лет.
 - Пожалуйста: /к сообщению добавлен PDF-файл отчёта/.
- Класс актора: техническое лицо. Пример: внешняя информационная система, в которой ведётся информация об учебных заведениях, взаимодействие с которой может происходить примерно следующим образом:
 - Формальный запрос пофамильного списка жителей города, поступающих в первый класс 01 сентября текущего года в срезе по местам жительства.
 - Формирование и отправка запрошенного списка.
 - Передача информации о предложениях по формированию первых классов.
 - Приём информации и инициирование диалогов с родителями каждого ребёнка.
- Класс актора: техническое лицо. Пример: ИА города-спутника, взаимодействие с которым может происходить примерно следующим образом:
 - Сколько транспортных средств выехало сегодня от тебя ко мне?
 - 5763 автомобилей и 87 мотоциклов.

Заключение

Когнитивный город — это новая концепция, которая расширяет понятие умного города, добавляя в систему функцию «познания». Когнитивный город отличается от обычных городов и умных городов тем, что его информационная система непрерывно учится благодаря постоянному взаимодействию со своими гражданами с помощью различных информационно-коммуникационных и когнитивных технологий, основанных, в том числе, и на достижениях искусственного интеллекта. Жизнь в когнитивном городе становится всё более эффективной, а его развитие становится более устойчивым.

Когнитивные города основаны на передовых информационно-коммуникационных технологиях и технологиях «Индустрии 4.0», которые поддерживают эффективную автоматизацию всех городских процессов. Кроме того, ко всем базовым информационным системам города добавляются процессы обучения, что позволяет городу «учиться» как на своём опыте, так и в общении с пользователями. Это позволяет адаптироваться к изменениям в окружающей среде и, таким образом, к новым требованиям. Когнитивный город учится, собирая и анализируя данные, которые были предоставлены горожанами и гостями через доступные каналы связи. И все акторы, и сам город извлекают выгоду из этого непрерывного взаимодействия, а также из непрерывного процесса обучения. Все участники взаимодействия развиваются, что приводит к постоянному увеличению силы «коллективного разума» населённого пункта.

Подобно умным городам, когнитивный город должен способствовать решению экономических, социальных, экологических, культурных и политических проблем городского развития, а также переплетённых комплексов проблем. При этом надо отметить, что главным компонентом всех вызовов любого города являются его жители. Поэтому важно включить каждого гражданина, гостей города и юридические лица в процесс городского развития. Это означает, что когнитивный город может развиваться вместе с каждым отдельным гражданином так, чтобы он мог выполнять сиюминутные требования людей и при этом оставаться привлекательным как для нынешних, так и для будущих граждан. Только сотрудничество между городом и его жителями делает возможным успешное и устойчивое развитие города.

Когнитивный город преследует достижение главной цели — улучшенный процесс обмена информацией между всеми участниками городского развития для увеличения и улучшения общих знаний, что может дать так называемый «коллективный разум». При этом важен не только индивидуальный опыт какого-то конкретного актора, но и опыт всех участников взаимодействия в рамках городской среды. Чтобы достичь этой цели, город, помимо прочего, применяет технологии «Индустрии 4.0».

Также можно указать некоторые направления, в которых возможно развитие предложенной в настоящей работе методологии персонификации населённых пунктов для предоставления государственных и муниципальных услуг:

1. Виртуальная реальность и (или) дополненная реальность — эти технологии позволяют добавить ИА новый канал взаимодействия. Например, для использования устройств дополненной реальности в населённом пункте можно размещать специальные метки, которые вызывают ИА для проведения экскурсий или рассказа о достопримечательностях.
2. Внешний вид — в виртуальной или дополненной реальности ИА может иметь свой особый запоминающийся вид. Визуализация ИА является важной техникой персонификации, причём не

только в рамках взаимодействия с живыми акторами, но и в целях повышения привлекательности ИА для целевой аудитории.

3. Права и ответственность — в конечном итоге, если ИА станет «искусственной личностью» (или, по крайней мере, будет восприниматься так), встанет вопрос о наделении его правами и вменении ему ответственности разного уровня. Это вопрос отдалённого будущего, но специалисты по «технической этике» должны начать изучать его уже сегодня.

Само собой разумеется, что это совсем не исчерпывающий список.

Предложенная методология также может масштабироваться на другие классы социо-технических систем, причём как «вниз», так и «наверх». Отдельные организации различных типов также могут персонифицироваться при помощи интеллектуальных агентов, и движение в этом направлении уже имеется. Если двигаться от населённых пунктов выше, то персонификации можно подвергнуть регионы и даже государства. В этом случае интеллектуальные агенты могут выстраиваться в иерархии, когда у каждого будет определённая зона ответственности и каждый сможет переадресовывать запросы акторов на другие уровни. Здесь главное уследить, чтобы между интеллектуальными агентами не возникла бюрократия новой природы.

Также необходимо упомянуть, что интеллектуальные агенты, персонифицирующие населённые пункты, становятся в один ряд с другими агентами, взаимодействующими друг с другом. Это подводит к возможности применения теории многоагентных систем для понимания природы эмерджентных явлений, которые могут проявиться в процессе взаимодействия. Как минимум, возможно взаимное усиление ИА населённых пунктов так, что такое усиление будет больше простой суммы возможностей всех отдельных ИА. В этом случае возможно появление новых неизученных эффектов в области урбанистики и муниципального управления.

Вместе с тем тема когнитивных городов и интеллектуальных агентов, персонифицирующих населённые пункты, настолько нова и необъятна, что её разнообразные аспекты ещё ждут своих внимательных исследователей. Авторы приглашают всех заинтересованных учёных и инженеров присоединиться к исследованиям, открываемым настоящей работой.

Литература

1. Acharjya D. P., Geetha M. K., eds. (2017) *Internet of Things: Novel Advances and Envisioned Applications*. — Springer. — p. 311. — ISBN 9783319534725.
2. Batty M. et al. (2012) *Smart Cities of the Future* / *European Physical Journal ST*. 214: p. 481-518. — doi:10.1140/epjst/e2012-01703-3.
3. Bowen J. P., Filippini-Fantoni S. (2004) *Personalization and the Web from a Museum Perspective* / In David Bearman and Jennifer Trant (eds.), *Museums and the Web 2004: Selected Papers from an International Conference, Arlington, Virginia, USA, 31 March — 3 April 2004*. — Archives & Museum Informatics, p. 63-78, 2004.
4. Kasabov N. (1998) *Introduction: Hybrid intelligent adaptive systems* / *International Journal of Intelligent Systems*, Vol. 6, 1998. — p. 453-454.
5. Mostashari A., Arnold F., Mansouri M., Finger M. (2011) *Cognitive Cities and Intelligent Urban Governance*. — *Netw Ind Q* Vol. 13, № 3, 2011. — p. 4-7.
6. Portmann E., Finger M. (2015) *Smart Cities? — Ein Überblick!* — A. Meier & E. Portmann eds. — *Smart City*. 52th ed. Heidelberg: HMD 304, 2015. — pp. 470-481.
7. Russell S. J., Norvig P. (2003) *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (2nd ed.). — Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall. — ISBN 0-13-790395-2.
8. Tausch A. (2012) *Globalization, the Human Condition, and Sustainable Development in the Twenty-first Century: Cross-national Perspectives and European Implications*. — With Almas Heshmati and a Foreword by Ulrich Brand (1st ed.). — Anthem Press, London. — ISBN 9780857284105.
9. Viitanen J., Kingston R. (2014) *Smart cities and green growth — outsourcing democratic and environmental resilience to the global technology sector* / *Environment and Planning A*. 46 (4): p. 803-819. — doi:10.1068/a46242.
10. Василенко И. А. (2016) *Государственное и муниципальное управление: Учебник для академического бакалавриата* / И. А. Василенко. — Люберцы: Юрайт, 2016. — 494 с.
11. Душкин Р. В. (2019) *Искусственный интеллект*. — М.: ДМК-Пресс, 2019. — 280 с. — ISBN 978-5-97060-787-9.
12. Кулагина О. С. (1991) *О современном состоянии машинного перевода // Математические вопросы кибернетики*, вып. 3. — М.: Наука, 1991. — стр. 5-50. Библиография из 140 названий. — ISBN 5-02-014323-5.
13. Юдина М. А. (2017) *Индустрия 4.0: перспективы и вызовы для общества* / Государственное управление. Электронный вестник. Выпуск № 60. Февраль 2017 г. — с. 197-215.

References in Cyrillics

1. Vasilenko I. A. (2016) Gosudarstvennoe i municipal'noe upravlenie: Uchebnik dlya akademicheskogo bakalavriata / I. A. Vasilenko. — Lyubercy: Yurajt, 2016. — 494 с.
2. Dushkin R. V. (2019) Iskusstvennyj intellekt. — M.: DMK-Press, 2019. — 280 s. — ISBN 978-5-97060-787-9.
3. Kulagina O. S. (1991) O sovremennom sostoyanii mashinnogo perevoda // Matematicheskie voprosy kibernetiki, vyp. 3. — M.: Nauka, 1991. — str. 5-50. Bibliografiya iz 140 nazvanij. — ISBN 5-02-014323-5.
4. Yudina M. A. (2017) Industriya 4.0: perspektivy i vyzovy dlya obshchestva / Gosudarstvennoe upravlenie. Elektronnyj vestnik. Vypusk № 60. Fevral' 2017 g. — s. 197-215.

Душкин Роман Викторович
 Директор по науке и технологиям
 Агентство Искусственного Интеллекта
 (drv@aiagency.ru)

Есетов Алимжан Анарбекович
 Генеральный директор
 Tengri Lab
 (yessetov@tengrilab.kz)

Сейтказинов Санжар Дюсембаевич
 Директор
 RoDeS Tech
 (sa@rodestech.com)

Онацик Денис Александрович
 Коммерческий директор
 RoDeS Tech
 (de@rodestech.com)

Ключевые слова

интеллектуальный агент, умный город, когнитивный город, персонификация, персонализация, интеллектуализация, муниципальный сервис, управление населённым пунктом, управление городским хозяйством, искусственный интеллект

Dushkin Roman et al., Human settlements as intelligent agents: from smart to cognitive cities

Keywords

intellectual agent, smart city, cognitive city, personification, personalization, intellectualization, municipal service, settlement management, urban management, artificial intelligence.

Abstract

The article presents the authors' vision of solving some of the acute problems of municipal government and smart cities, which still remain, despite the widespread implementation of automation technologies in the field of organization of urban economy. The basic definitions of the basic terms and concepts necessary for understanding the proposed approach to automation and intellectualization of municipal government are given. The general architecture of an adaptive intelligent agent for personification of a settlement and municipal services is given, the process of interaction of various actors with an intelligent agent is described, and some examples of the use of intelligent agents in the construction of a cognitive city are given. The novelty of the considered methodology of automation of urban and municipal management based on intelligent agents is based on the fact that previously this approach was not considered or was considered to a small extent due to the lack of significant computational power for solving cognitive tasks, as well as due to the imperfection of natural language processing methods, which were available to researchers even a decade ago. In addition, the merging of several technologies to solve such a large task as omnichannel and multimodal interaction between actors with arbitrary roles and an integrated information system of city management is absolutely new. The relevance of the proposed solution follows from the current challenges to an urbanized society in organizing for people an environment with sustainable development and the possibility of improving the quality of life in various aspects. Modern city dwellers have excessive demands on the quality of municipal and state services provided, and the examples of intellectual systems in the commercial sector surrounding them set the overall level of service. This, in turn, means that the end-to-end automation of integrated management processes is not needed by the actors themselves, they need high-quality service of their requests based on accurate information about any aspects of the urban economy, personal data of actors and all available departmental information that can be used for meet requests. The article will be of interest to scientists and engineers conducting research and working in the field of optimization of urban management.

DOI: 10.34706/DE-2019-02-06