

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044217**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.07.31**

(21) Номер заявки  
**202293568**

(22) Дата подачи заявки  
**2022.12.30**

(51) Int. Cl. **G05B 13/04** (2006.01)  
**G06Q 50/08** (2012.01)  
**G06N 20/00** (2019.01)

---

(54) **СПОСОБ И СИСТЕМА ГИБРИДНОГО ГЕНЕРАТИВНОГО ДИЗАЙНА ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОЕКТОВ РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ НА БАЗЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

---

(43) **2023.07.28**

(96) **2022000147 (RU) 2022.12.30**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
"НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ИТМО" (УНИВЕРСИТЕТ ИТМО)  
(RU)**

(72) Изобретатель:

**Смирнов Егор Владимирович,  
Антонов Александр Сергеевич,  
Кудинов Сергей Александрович,  
Дунаенко Сергей Сергеевич (RU)**

(74) Представитель:

**Абраменко О.И. (RU)**

(56) EP-A1-3696622  
RU-A-2016128984  
US-A1-20200320647  
US-A1-20080065456  
CN-A-114140099

---

(57) Способ и система гибридного генеративного дизайна цифровых моделей проектов развития территорий на базе искусственного интеллекта были созданы в рамках договора о предоставлении средств юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю на безвозмездной и безвозвратной основе в форме гранта, источником финансового обеспечения которых полностью или частично является субсидия, предоставленная из федерального бюджета, № 70-2021-00141 от 2 ноября 2021 по мероприятию 2.1.3 Разработка и отладка опытного образца ПО "ИТ-решение для интегрированного планирования разработки и обустройства нефтегазовых месторождений", направление развития ИИ - генеративный искусственный интеллект. Изобретение относится к области организации вычислительных систем и систем хранения данных для решения задач создания цифровых моделей проектов развития территорий на основе пользовательских запросов и формальных требований и правил застройки и размещения городских объектов при помощи методов искусственного интеллекта. Техническим результатом является повышение эффективности формирования цифровых моделей проекта за счет использования генеративного подхода, обработки текстов на естественном языке и учитывания пожеланий и ограничений, что позволяет формировать более адаптивные проекты.

---

**B1**

**044217**

**044217 B1**

### **Область техники**

Техническое решение относится к области вычислительной техники, а более конкретно к области организации вычислительных систем и систем хранения данных для решения задач создания цифровых моделей проектов развития территорий на основе субъективных, противоречивых и разнородных пользовательских запросов и формальных требований и правил застройки и размещения городских объектов, при помощи методов искусственного интеллекта.

### **Уровень техники**

Вместе с устойчивым ростом населения Земли, изменением жизненных паттернов, миграционными процессами внутри стран и между государствами продолжается увеличение доли городского населения. Урбанизированные территории требуют интенсивного и комплексного развития. Вместе с этим растёт и запрос со стороны пользователей территорий на участие в процессах трансформации, на учёт ценностей и потребностей населения. Традиционные подходы к проектированию территорий предполагают не только длительные сроки планирования и разработки проектов, но и существенную зависимость качества итогового решения от квалификации организации-исполнителя, бюджета проекта и спектра выполняемых работ на этапе исследования территории.

Оперативная и массовая разработка гибких, адаптивных проектов развития территорий, одновременно отвечающих потребностям пользователей и современным стандартам качества, невозможна без применения интеллектуальных технологий.

В области проектирования объектов строительства активно развиваются технологии информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM). Так же, как в конце XX века системы автоматизированного проектирования (САПР, CAD) перевели разработку чертежей с бумаги в электронный вид, обеспечили возможности трёхмерного графического моделирования и предоставили базовые инструменты автоматизации, BIM-технологии позволили вывести проектирование на новый уровень, представив его как стадию жизненного цикла объекта, на которой его материальное создание предваряет разработка цифрового двойника, описывающего физические и функциональные характеристики, систематизированные параметры и атрибуты. Это позволило повысить эффективность проектных работ, автоматизировать обнаружение технических конфликтов в проекте, увеличить точность оценки сроков и стоимости реализации, сократить человеческие ресурсы и улучшить координацию между специалистами.

В то время, как информационное моделирование зданий уже вошло в рыночную практику, цифровая трансформация развития территорий - становление технологий информационного моделирования городов (City Information Modeling, CIM) или территориального информационного моделирования (Territory Information Modeling, TIM) - всё ещё находится на стадии исследований или экспериментального применения.

Планирование формирования, трансформации, развития урбанизированных территорий в эпоху "умных городов" связывается с понятием виртуальной (цифровой, информационной) модели городской среды. Масштабные информационные модели территорий представляют собой не просто объединение множества ВГМ-моделей. Они должны описывать в комплексе и объекты с инфраструктурной, и механизмы управления, и активности людей - пользователей территорий, таким образом упрощая анализ и мониторинг городской среды и обеспечивая мультидисциплинарную поддержку принятия решений при развитии территорий. Цифровые модели обычно опираются на спецификацию сущностей, используемых для моделирования, определяют свойства объектов урбанизированной территории, допустимые и недопустимые операции с ними. Многообразие геоинформационных систем и решений в области "умных городов" естественным образом породило множество стандартов и форматов, описывающих цифровые образы урбанизированных территорий. Особую популярность для описания таких данных получила онтологическая модель. Наибольшее развитие в этом направлении получили проекты Snap4city, созданный для описания городских сервисов, и FIWARE, созданный для разработки "умных решений". Однако данные проекты не решают задачи автоматического создания проектов развития территорий при помощи технологий искусственного интеллекта, а только предлагают форматы описания цифровых моделей.

Таким образом, обширные возможности по сбору, систематизации и анализу цифровых данных о городах и территориях используются не в полной мере в процессах принятия решений о городском развитии, откуда непосредственное планирование по-прежнему осуществляется высококвалифицированными специалистами с затратой существенных временных ресурсов на разработку обоснованных с градостроительной, социальной и экономической точек зрения концепций и проектов.

Технологии генеративного дизайна открывают возможности для сверхоперативного решения задач управления и принятия решений о развитии территорий путём построения цифровых моделей урбанизированных территорий с точностью, не уступающей проектам, разработанным профильными специалистами. Существуют экспериментальные решения, как отечественные, так и зарубежные, в области автоматизации создания цифровых моделей развития территорий. Так, программы для ЭВМ "Градостроительный робот" (Свидетельство о государственной регистрации Программы для ЭВМ № 2019610212 от 09.01.2019) и "Градробот" (Свидетельство о государственной регистрации Программы для ЭВМ № 2020616084 от 09.06.2020) предназначены для автоматизации процессов при разработке архитектурно-градостроительного анализа участка, проектировании жилых зданий, девелопмента, разработке концеп-

ции проектного решения и оценке инвестиционной привлекательности. Программа для ЭВМ "Компьютерная программа поддержки принятия решения в процессе выбора земельного участка для торгового центра" (Свидетельство о государственной регистрации Программы для ЭВМ № 2017612280 от 20.02.2017) выполняет просмотр всевозможных вариантов размещения торгового центра и, в соответствии с первичными ограничениями, например, на площадь или градостроительные зоны, отбираются подходящие альтернативы. Программа для ЭВМ "Программный продукт для комплексного градостроительного анализа при размещении объектов капитального строительства "Urban Creator 1.9.4. Buildings" ("UC")" (Свидетельство о государственной регистрации Программы для ЭВМ № 2016616692 от 17.06.2016) направлена на анализ параметров застройки и автоматический расчет различных видов нагрузки на инфраструктурные узлы города при строительстве определенного объекта (объекты жилого строительства, социальной инфраструктуры, коммерческие объекты).

Среди зарубежных решений в области генеративного дизайна можно выделить CityCAD - программный продукт, ориентированный на специалистов в городском планировании для разработки и оценки эскиза застройки на уровне квартала или района в виде трёхмерной модели с использованием типовых объектов и урбанистических топологий. Tugron Platform (Parametric design) - платформа для цифрового двойника урбанизированной территории на базе игрового движка с аналитическими возможностями. Модуль параметрического проектирования используется для автоматического размещения элементов пространственного плана в заданной локации на основе ряда конфигурируемых параметров.

Перечисленные разноплановые решения, в той или иной степени применяющие технологии генеративного дизайна территорий, характеризуются, с одной стороны, узкой специализацией применения, а с другой - ограничиваются зачастую синтетическими кейсами использования и не могут быть применены в практических задачах городского развития. При этом подобные решения ориентируются на параметрически, нормативно описанные градостроительные модели и не могут принимать во внимание субъективные запросы со стороны будущих пользователей проектов, обеспечивая тем самым уникальность и адаптивность проектов.

Настоящее изобретение позволяет решать задачи планирования развития урбанизированных территорий с применением технологий искусственного интеллекта эффективнее традиционного проектирования, опираясь как на объективные целевые параметры, описывающие модель создаваемой (генерируемой) территории, так и на партисипаторные данные, получаемые из субъективных неструктурированных запросов к образу будущей территории со стороны пользователей. Тем самым обеспечивается гибридный подход к применению генеративного дизайна территорий. Получаемые в результате цифровые модели проектов развития территорий могут быть представлены в наглядном графическом виде для экспертизы или экспортированы в традиционные ГИС и САД системы для дальнейшей работы.

#### **Сущность**

Технический результат - повышение эффективности формирования цифровых моделей проекта за счет использования генеративного подхода, обработки текстов на естественном языке и учитывания пожеланий и ограничений, что позволяет формировать более адаптивные проекты.

Еще одним техническим результатом является гибкое согласование формальных требований и правил застройки и размещения городских объектов с противоречивыми и разнородными запросами пользователей в отношении развития территории, а также ускорение процессов разработки проектной документации.

Способ формирования цифровой модели проекта развития территорий на базе искусственного интеллекта, включает следующие шаги:

- получают границы и параметры территории, для которой должно быть осуществлено формирование цифровой модели проекта;

- отбирают партисипаторные данные пользователей о развитии территории, относящиеся к полученной границе территории;

- собирают неструктурированные текстовые пожелания и запросы пользователей о развитии территории на естественном языке из открытых источников, относящихся к полученной границе территории;

- извлекают при помощи NLP-модели машинного обучения из собранных неструктурированных текстовых пожеланий и запросов на естественном языке партисипаторные данные и преобразуют их в наборы тегов, характеризующих различные элементы формируемой цифровой модели проекта;

- получают в машиночитаемом формате нормативные требования, накладывающие пространственные и функциональные ограничения на расположение и состав элементов формируемой цифровой модели проекта;

- получают границы и параметры территории, для которой должно быть осуществлено формирование цифровой модели проекта;

- формируют цифровую модель проекта развития территории с использованием партисипаторных данных, сформированных тегов, нормативных требований, с учетом границ и параметров территории, причем цифровая модель проекта состоит из набора геоинформационных слоев с соответствующей семантикой различных элементов модели, включающих, но не ограничивающихся, данными о зонировании территории, об объектах капитального строительства или объектах благоустройства, о дорожной сети, а также общих технико-экономических параметров проекта.

В некоторых вариантах реализации система формирования цифровой модели проекта развития территорий на базе искусственного интеллекта, включает процессор, память, машиночитаемый носитель, содержащий следующие инструкции (шаги), выполняемые процессором:

получают границы и параметры территории, для которой должно быть осуществлено формирование цифровой модели проекта;

отбирают партисипаторные данные пользователей о развитии территории, относящиеся к полученной границе территории;

собирают неструктурированные текстовые пожелания и запросы пользователей о развитии территории на естественном языке из открытых источников, относящихся к полученной границе территории;

извлекают при помощи NLP-модели машинного обучения из собранных неструктурированных текстовых пожеланий и запросов на естественном языке партисипаторные данные и преобразуют их в наборы тегов, характеризующих различные элементы формируемой цифровой модели проекта;

получают в машиночитаемом формате нормативные требования, накладывающие пространственные и функциональные ограничения на расположение и состав элементов формируемой цифровой модели проекта;

получают границы и параметры территории, для которой должно быть осуществлено формирование цифровой модели проекта;

формируют цифровую модель проекта развития территории с использованием партисипаторных данных, сформированных тегов, нормативных требований, с учетом границ и параметров территории, причем цифровая модель проекта состоит из набора геоинформационных слоев с соответствующей семантикой различных элементов модели, включающих, но не ограничивающихся, данными о зонировании территории, об объектах капитального строительства или объектах благоустройства, о дорожной сети, а также общих технико-экономических параметров проекта.

В некоторых вариантах реализации формирование цифровой модели осуществляется следующим образом:

определяют места размещения существующих объектов на территории, которые должны быть учтены при формировании цифровой модели;

формируют дополнительные точки притяжения внутри территории для создания промежуточных узлов дорожной сети;

формируют основные отрезки дорожной сети, связывающие точки притяжения, с помощью алгоритма Ромма;

формируют тепловые карты для основных зон на основании удаления от ключевых объектов территории и окружающих объектов;

определяют необходимое количество объектов проектов каждого типа для удовлетворения пожеланий пользователей на основании полученного набора тегов;

последовательно размещают объекты в количестве, определенном на предыдущем шаге, на основании сгенерированной тепловой карты;

обновляют тепловые карты после каждой итерации размещения объекта с учётом влияния добавленного объекта;

соединяют размещённые объекты дорожной сетью с помощью алгоритма Ромма;

оптимизируют результирующую дорожную сеть путём поиска кратчайшего пути алгоритмом Беллмана-Форда, удаления избыточных сегментов сети.

Тепловые карты перегенерируются (переформируются, обновляются) после каждой итерации размещения объектов, т.к. каждый новый объект оказывает влияние на общее состояние системы (про это есть упоминание в следующем пункте). Таким образом, размещение объекта и обновление теплокарты - это одна связка, работающая в каждой итерации цикла.

Дополнительные точки притяжения. Изначальные точки притяжения определяются геопривязанными пожеланиями, т.к. в местах пожеланий размещаются те или иные объекты модели. Но геопривязанных данных может не быть, либо их достаточно мало, и тогда локации, где будут реализованы пожелания, выбираются случайным образом.

В некоторых вариантах реализации после формирования цифровой модели проекта осуществляют визуализацию результатов, включая геоинформационные слои, содержащие данные о границах территории, данные о сформированных зонах и объектах различных типов, данные о дорожной сети, связывающей объекты.

В некоторых вариантах реализации NLP модель реализована с использованием модели fasttext, содержащей набор векторизованных представлений слов русского языка, с лемматизацией при помощи библиотеки natasha.

### **Раскрытие изобретения**

Для решения существующей технической проблемы в данной области техники предлагается новый способ автоматического создания проектов развития территорий, который обеспечивает агрегацию и семантический анализ запросов пользователей территории, определение оптимального зонирования, размещения и связи между собой различных элементов проекта, опираясь на выделенные запросы пользователей и проектные рекомендации и нормативы.

Способа гибридного генеративного дизайна цифровых моделей развития территорий, включающего в себя следующие этапы, на которых

обеспечивают (осуществляют) автоматизированный сбор (агрегацию) партисипаторных данных из пожеланий и запросов пользователей о развитии территории с возможностью указывать геопривязку данных при помощи специализированного/стороннего сервиса. Такие партисипаторные данные в общем случае могут быть представлены в виде структурированного машиночитаемого датасета (например, в формате \*.csv), содержащего по меньшей мере следующие поля: уникальный идентификатор записи, широта, долгота, категория запроса (например, для сферы благоустройства это могут быть категории "Уличная мебель", "Спорт", "Животные", "Велоинфраструктура", "Детские площадки" и т.п.). Сервис представляет собой веб-инструмент, при помощи которого пользователи могут выбирать на карте произвольную точку на интересующей территории, и указывать для этой точки категорию и/или текст запроса на естественном языке, содержащий информацию о пожеланиях для будущего проекта. Агрегация таких пользовательских точек и обеспечивает формирование машиночитаемого датасета. При этом предлагаемый способ не ограничивает методы создания такого датасета. Он может быть создан при помощи любых сторонних геоинформационных сервисов, позволяющих обеспечить агрегацию партисипаторных данных и выгрузку их в машиночитаемом формате описанной структуры;

собирают (или получают) неструктурированные текстовые пожелания и запросы пользователей о развитии территории на естественном языке из открытых источников (например, публикуемые в тематических сообществах социальных сетей, в комментариях пользователей к публикациям организаций, ответственных за развитие конкретных территорий) или в рамках социологических исследований. Никаких специальных требований к формулировкам таких пожеланий не выставляется, точность дальнейшего распознавания и извлечения из них машиночитаемых тегов определяется уровнем обученности NLP-модели; точки сбора такой информации могут быть заданы в настройках, получаться из внешних источников. В некоторых вариантах реализации используются поисковые роботы (web crawler) для систематического обхода упомянутых ресурсов;

извлекают при помощи AI-модели, в частности NLP-модели машинного обучения из неструктурированных текстовых запросов на естественном языке партисипаторные данные, преобразуемые в наборы тегов, характеризующих различные элементы будущей цифровой модели проекта. Для этого может использоваться модель fasttext, содержащая набор векторизованных представлений слов русского языка. На этапе предобработки слова в тексте лемматизируются при помощи библиотеки natasha (<https://natasha.github.io/>), отфильтровываются все части речи, кроме прилагательных и существительных, а также часто используемые слова, которые нельзя отнести к одной категории (например, "благоустройство"). Для каждого слова находится вектор из модели. Далее определяется близость слова к ключевым словам категорий и находится при помощи метода distance в scipy ключевое слово с минимальным расстоянием. Если оно меньше экспериментально определяемого порогового значения, то для слова из текста назначается категория (тег), к которой относится ключевое слово. Метод поиска порогового значения для ключевого слова заключается в выявлении такого косинусного расстояния, которое будет включать в себя максимальное количество известных слов, относящихся к категории, при минимальном количестве слов из других категорий;

загружают в машиночитаемом формате нормативные требования, накладывающие пространственные и функциональные ограничения на расположение и состав элементов цифровой модели проекта. Например, в случае применения способа для создания проектов развития рекреационных зон могут быть применены нормативные требования из СП 42.13330.2016, касающиеся минимальных отступов между окон жилых и общественных зданий до площадок (детских игровых, для отдыха взрослого населения, для занятия физкультурой, для выгула собак), пешеходной доступности таких площадок, доли озеленения по периметру площадок и т.п. Эти нормативные требования учитываются в алгоритмах при выборе локаций для размещения элементов проекта и выборе конкретных моделей элементов из библиотеки. Например, норматив может определять минимальное расстояние между детской площадкой и площадкой для выгула собак, и для его учёта реализуется алгоритм построения буфера с нормативным радиусом вокруг площадки. Такой буфер учитывается в описанном далее алгоритме генерации тепловых карт при определении зонирования;

вводят границы (или получают от пользователя способа) и дополнительные необходимые исходные параметры территории, для которой должна быть осуществлена генерация цифровой модели проекта. Среди таких дополнительных параметров могут быть, например, задаваемые пользователем (способа) точки входа на территорию, существующие объекты на территории, наличие которых должно быть учтено при генерации, границы специальных зон с особыми условиями их учёта при генерации. Например, охранные зоны магистральных трубопроводов, охранные зоны объектов электроэнергетики (объектов электросетевого хозяйства и объектов по производству электрической энергии), в которых запрещено возведение жилых и социальных объектов капитального строительства, а также оборудование детских, спортивных и иных площадок. Учёт этих зон происходит при последующей генерации тепловых карт зонирования;

с помощью технологии генеративного дизайна создают (формируют) цифровую модель проекта развития территории, состоящую (включающую набор) из набора геоинформационных слоев с соответ-

ствующей семантикой различных элементов модели, включающих, но не ограничивающихся, данными о зонировании территории, об объектах капитального строительства или объектах благоустройства, о дорожной сети, а также общих технико-экономических параметров проекта. Технологии представляют собой цепочку алгоритмов/методов (все или некоторые из них), которые, на примере генерации (формирования) цифровой модели проекта рекреационной территории:

определяют места размещения растительности на основе данных о существующей растительности либо путём генерации карты растительности с помощью алгоритма шума Перлина;

генерируют (формируют) дополнительные точки притяжения внутри территории для создания промежуточных узлов дорожной сети путём исключения из исходной территории буферных зон вокруг указанных в числе исходных параметров точек входа на территорию с последующим созданием дополнительных точек со случайными координатами, попадающими в результирующую территорию;

генерируют (формируют) основные отрезки дорожной сети, связывающие точки притяжения с помощью алгоритма Ромма;

генерируют (формируют) тепловые карты для основных зон на основании удаления от ключевых объектов рекреационной территории и окружающих объектов путём наложения сетки точек на территорию и вычисления веса для каждой точки. Вес для каждой точки определяется путём вычитания или прибавления к изначальному нулевому значению коэффициента влияния (негативного или положительного, соответственно) на текущее зонирование объектов и специальных зон. Конкретные значения коэффициентов определяются исходя из решаемой задачи методом экспертной оценки либо задаются в числе исходных параметров;

определяют необходимое количество объектов проектов каждого типа для удовлетворения пожеланий пользователей, ранее преобразованных в машиночитаемые теги. Для получения значения количества объектов определённого типа суммарная площадь зон для размещения этого типа объектов делится на площадь одного объекта, получаемую из библиотеки объектов. Суммарная площадь зон для размещения определённого типа объекта получается в результате умножения площади всей территории проекта на уточнённую долю территории, занимаемой данным типом объектов. Уточнённая доля получается в результате умножения референсной доли (задаётся в числе исходных параметров генерации) на увеличенное на 1 количество пожеланий пользователей о данном типе объекта с последующим делением на сумму произведений референсных долей объектов на увеличенное на 1 количество пожеланий пользователей для соответствующих объектов;

последовательно размещают объекты на территории, например, из заранее подготовленной библиотеки объектов в соответствующей пожеланию зоне на основании сгенерированной тепловой карты. Библиотека объектов представляет собой набор GeoJSON файлов, содержащих в себе геометрию объектов, а также семантику, включающую тип объекта, точку входа (если применимо), теги пожеланий, которым может быть сопоставлен объект;

обновляют (перереформируют) тепловые карты после каждой итерации размещения объекта с учётом влияния добавленного объекта;

соединяют размещённые объекты дорожной сетью с помощью алгоритма Ромма;

оптимизируют результирующую дорожную сеть путём поиска кратчайшего пути алгоритмом Беллмана-Форда, удаления избыточных сегментов дорожек;

производят визуализацию результатов генерации с возможностью ознакомиться с ключевыми параметрами сгенерированных элементов цифровой модели. Интерактивная визуализация может быть осуществлена, например, в веб-браузере, посредством отображения в картографической области поверх картографической подложки геоинформационных слоев, содержащих данные о границах территории, сгенерированных зонах и объектах различных типов, дорожной сети, связывающей объекты. Так как для визуализации передаётся не графические примитивы, а элементы цифровой модели, может быть обеспечено отображение характеристик каждого объекта или в целом технико-экономических параметров проекта, например, площадь всей территории или одной конкретной зоны, проектная мощность определённого объекта;

обеспечивают возможность экспорта результатов генерации в открытом обменном формате для интеграции в сторонние программные решения и обмена результатами между специалистами и иными заинтересованными лицами.

#### **Краткое описание чертежей**

Фиг. 1 представляет пример архитектуры системы, демонстрирующей применение гибридной технологии интеллектуальной генерации проектов развития территорий.

Фиг. 2 представляет пример реализации технической инфраструктуры системы гибридной генерации проектов развития территорий.

Фиг. 3 представляет пример пользовательского интерфейса клиентской подсистемы, отражающего этап ввода исходных данных для генерации проектов развития рекреационных зон.

Фиг. 4 представляет пример пользовательского интерфейса клиентской подсистемы, отражающего этап оценки результатов генерации проектов развития рекреационных зон.

Фиг. 5 представляет пример загруженного датасета, полученного из стороннего источника (проект администрации СПб по сбору пожеланий жителей о развитии территорий). При выборе конкретной тер-

ритории в ее границах будут учтены те пожелания, которые пересекутся с этой территорией при реализации описанного способа.

Фиг. 6 показывает пример выбора границ территории для датасета согласно фиг. 5.

Фиг. 7 показывает примеры пожеланий пользователей в рамках границ показанных на фиг. 6.

Фиг. 8 показывает пример тегов, которые были распознаны в датасете.

Фиг. 9 показывает пример пожелания и распознанных (назначенных) ему тегов.

Хотя техническое решение может иметь различные модификации и альтернативные формы, характерные признаки, показанные в качестве примера на чертежах, будут описаны подробно. Следует понимать, однако, что цель описания заключается не в ограничении технического решения конкретным его воплощением. Наоборот, целью описания является охват всех изменений, модификаций, входящих в рамки данного технического решения, как это определено в приложенной формуле.

#### **Описание вариантов осуществления изобретения**

Объекты и признаки настоящего изобретения, способы для достижения этих объектов и признаков демонстрируются на примерных вариантах осуществления. Настоящее изобретение не ограничивается примерными вариантами осуществления, раскрытыми ниже, и может воплощаться в различных видах. Приведенные в описании конкретные детали являются необходимыми для помощи специалисту в области техники в исчерпывающем понимании изобретения, и настоящее изобретение определяется в объеме приложенной формулы.

Фиг. 1 представляет пример архитектуры системы, демонстрирующей применение гибридной технологии интеллектуальной генерации проектов развития территорий. Все описанные подсистемы имеют прямое соответствие со способом, описанным ранее.

Система гибридного генеративного дизайна цифровых моделей проектов развития территорий содержит: ядро системы 110, включающее подсистему извлечения из запросов тегов 120 и подсистему гибридной генерации цифровой модели 130, клиентскую подсистему 210, включающую подсистему ввода текстовых запросов 220, подсистему ввода исходных параметров для генерации 230 и подсистему визуализации результатов генерации 240, подсистему хранения данных 310, включающую базу данных 320 и файловое хранилище 330, подсистему загрузки нормативных требований 410, сервис сбора партисипаторных геоданных 510, подсистему экспорта результатов в машиночитаемом формате 610.

В одном из вариантов реализации системы ядро системы 110 может быть выполнено как высокопроизводительный компьютер (сервер) с собственной системой управления - операционной системой и серверным приложением, содержащим основную логику и программный интерфейс для обеспечения взаимодействия между подсистемами, предназначенный для реализации ресурсоемких расчетов для выполнения моделирования, а также поддержки функционирования системы в целом.

Подсистема извлечения из запросов тегов 120 предназначена для выполнения обработки исходных неструктурированных текстовых пожеланий и запросов пользователей о развитии территории на естественном языке, получаемых из открытых источников (в том числе, социальных сетей) или в рамках социологических исследований, и извлечения при помощи NLP-модели машинного обучения тегов, описывающих запросы в машиночитаемом формате.

Подсистема гибридной генерации цифровой модели 130 предназначена для выполнения комплекса алгоритмов, реализующих технологии генеративного дизайна на основе разнородных исходных данных, в результате выполнения которых создается цифровая модель проекта развития территории, включающая зонирование, размещение и связи между собой различных элементов проекта.

В одном из вариантов реализации системы клиентская подсистема 210 представляет пользовательский интерфейс для ввода исходных данных и просмотра результатов генерации и может быть реализована как веб-приложение, исполняемое на персональном компьютере пользователя в веб-браузере, взаимодействующее с ядром системы 110 посредством программного интерфейса API через сеть Интернет.

Подсистема ввода текстовых запросов 220 обеспечивает возможность неструктурированных текстовых пожеланий и запросов пользователей о развитии территории на естественном языке, которые в дальнейшем будут обработаны подсистемой извлечения из запросов тегов 120.

Подсистема ввода исходных параметров для генерации 230 обеспечивает возможность указания необходимых пространственных параметров (таких как границы территории генерации, точки входа на территорию), а также машиночитаемых тегов, которые будут учитываться подсистемой гибридной генерации цифровой модели 130 в ходе вычислений.

Подсистема визуализации результатов генерации 240 позволяет пользователю наглядно оценить результаты работы подсистемы гибридной генерации цифровой модели 130. Для этого в пользовательском интерфейсе клиентской подсистемы 210 обеспечивается визуализация сгенерированных геоинформационных слоев в картографической области с возможностью просмотра семантических характеристик объектов слоев и общих технико-экономических параметров результатов генерации.

Подсистема хранения данных 310, включающая базу данных 320 и файловое хранилище 330 предназначена для промежуточного и постоянного сохранения исходных данных и результатов генерации. База данных 320 предназначена для хранения метаданных проектов, информации о результатах генерации, создаваемых подсистемой гибридной генерации цифровой модели 130. Файловое хранилище 330

предназначено для хранения крупных объёмов данных, включая файлы проектов, предназначенные для учёта в генерации датасеты, промежуточные кэши.

Подсистема загрузки нормативных требований 410 предназначена для задания граничных значений пространственным и количественным параметрам, используемым в алгоритмах подсистемы гибридной генерации цифровой модели 130. Нормативные требования могут варьироваться в зависимости от целевой градостроительной модели, задач конкретных пользователей, региона для которого выполняется разработка проекта развития территории. Загружаемые нормативные требования хранятся в базе данных 320, откуда считываются при запуске генерации.

В отдельных вариантах реализации изобретения используется сервис сбора партисипаторных данных 510, который позволяет автономно от ядра системы 110, клиентской подсистемы 210 и подсистемы хранения данных 310 обеспечить агрегацию и семантический анализ запросов пользователей территории, в том числе геопривязанных запросов, с подготовкой машиночитаемого датасета, загружаемого в файловое хранилище 330, в том числе на основе данных которого выполняется работа подсистемы гибридной генерации цифровой модели 130.

Подсистема экспорта результатов в машиночитаемом формате 610 предназначена для экспорта результатов генерации в открытом обменном формате для интеграции в сторонние программные решения и обмена результатами, полученными в ходе работы подсистемы гибридной генерации цифровой модели 130, между специалистами и иными заинтересованными лицами.

На фиг. 2 приведен пример реализации технической инфраструктуры системы гибридной генерации проектов развития территорий на базе вычислительного компьютерного устройства - сервера, который применяется для реализации заявленного способа в составе ядра системы 110 и подсистемы хранения данных 310 и вычислительного компьютерного устройства - персонального компьютера, который применяется в составе клиентской подсистемы 210. Обмен данными между серверной и клиентской частью обеспечивается посредством программного интерфейса API через сеть Интернет.

В общем случае сервер содержит такие компоненты, как центральный процессор 111, оперативную память 112, средство постоянного хранения данных 311, интерфейсы ввода/вывода 113, средства ввода/вывода 114, средства сетевого взаимодействия 115, а также системную шину 116, связывающую системные компоненты и программную часть программно-аппаратного комплекса, реализованную в виде серверной операционной системы и серверного приложения ядра системы 110.

В общем случае персональный компьютер имеет большинство или все упомянутые элементы, отмеченные ранее при описании существа сервера в составе ядра системы 110, с той разницей, что программная часть реализована в виде настольной операционной системы и пользовательского интерфейса клиентской подсистемы 210, запускаемого в веб-браузере.

Описанное выше изобретение может быть реализовано на текущем уровне развития техники и технологий. На фиг. 3 приведен пример пользовательского интерфейса клиентской подсистемы 210, отражающего этап ввода исходных данных в подсистеме ввода текстовых запросов 220 и подсистеме ввода исходных параметров для генерации 230 перед запуском вычислений в подсистеме гибридной генерации цифровой модели 130 для проектов развития рекреационных зон. На фиг. 4 приведен пример пользовательского интерфейса клиентской подсистемы 210, отражающего этап оценки результатов работы подсистемы гибридной генерации цифровой модели 130 в подсистеме визуализации результатов генерации 240 для проектов развития рекреационных зон.

В заключение следует отметить, что приведённые в описании сведения являются примерами, которые не ограничивают объём настоящего изобретения, определённого формулой.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ формирования цифровой модели проекта развития территорий на базе искусственного интеллекта, включающий следующие шаги:

получают границы и параметры территории, для которой должно быть осуществлено формирование цифровой модели проекта;

отбирают партисипаторные данные пользователей о развитии территории, относящиеся к полученной границе территории;

собирают неструктурированные текстовые пожелания и запросы пользователей о развитии территории на естественном языке из открытых источников, относящихся к полученной границе территории;

извлекают при помощи NLP-модели машинного обучения из собранных неструктурированных текстовых пожеланий и запросов на естественном языке партисипаторные данные и преобразуют их в наборы тегов, характеризующих различные элементы формируемой цифровой модели проекта;

получают в машиночитаемом формате нормативные требования, накладывающие пространственные и функциональные ограничения на расположение и состав элементов формируемой цифровой модели проекта;

получают границы и параметры территории, для которой должно быть осуществлено формирование цифровой модели проекта;



формируют цифровую модель проекта развития территории с использованием партисипаторных данных, сформированных тегов, нормативных требований, с учетом границ и параметров территории, причем цифровая модель проекта состоит из набора геоинформационных слоев с соответствующей семантикой различных элементов модели, включающих, но не ограничивающихся, данными о зонировании территории, об объектах капитального строительства или объектах благоустройства, о дорожной сети, а также общих технико-экономических параметров проекта.

2. Способ по п.1, в котором формирование цифровой модели осуществляется следующим образом: определяют места размещения существующих объектов на территории, которые должны быть учтены при формировании цифровой модели;

формируют дополнительные точки притяжения внутри территории для создания промежуточных узлов дорожной сети;

формируют основные отрезки дорожной сети, связывающие точки притяжения, с помощью алгоритма Ромма;

формируют тепловые карты для основных зон на основании удаления от ключевых объектов территории и окружающих объектов;

определяют необходимое количество объектов проектов каждого типа для удовлетворения пожеланий пользователей на основании полученного набора тегов;

последовательно размещают объекты в количестве, определенном на предыдущем шаге, на основании сгенерированной тепловой карты;

обновляют тепловые карты после каждой итерации размещения объекта с учётом влияния добавленного объекта;

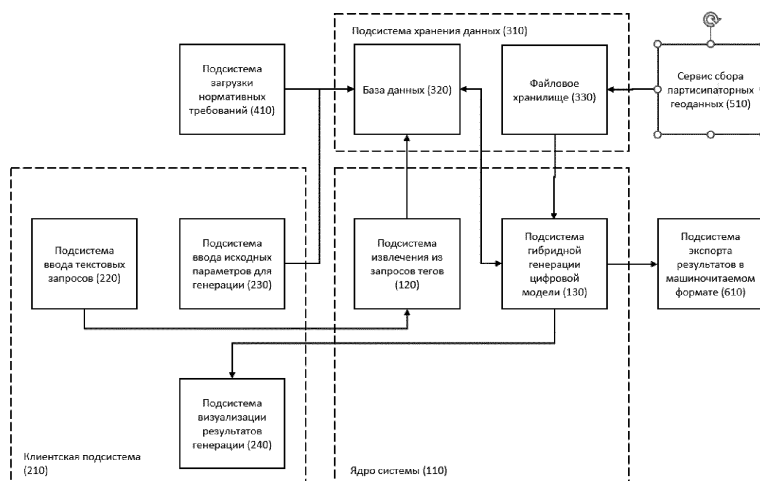
соединяют размещённые объекты дорожной сетью с помощью алгоритма Ромма;

оптимизируют результирующую дорожную сеть путём поиска кратчайшего пути алгоритмом Беллмана-Форда, удаления избыточных сегментов сети.

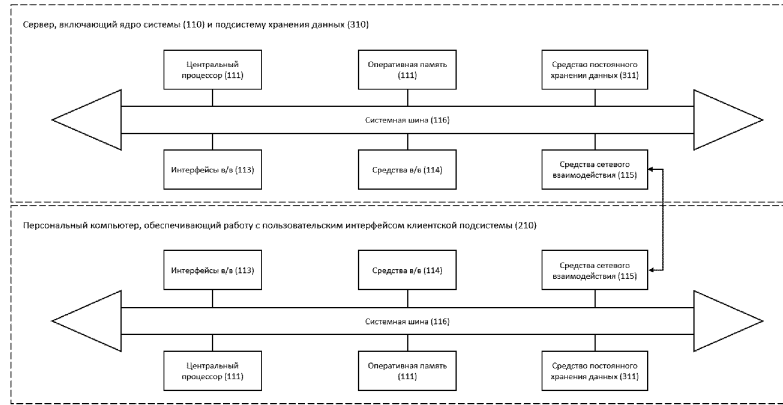
3. Способ по п.1, в котором после формирования цифровой модели проекта осуществляют визуализацию результатов, включая геоинформационные слои, содержащие данные о границах территории, данные о сформированных зонах и объектах различных типов, данные о дорожной сети, связывающей объекты.

4. Способ по п.1, в котором NLP модель реализована с использованием модели fasttext, содержащей набор векторизованных представлений слов русского языка, с лемматизацией при помощи библиотеки natasha.

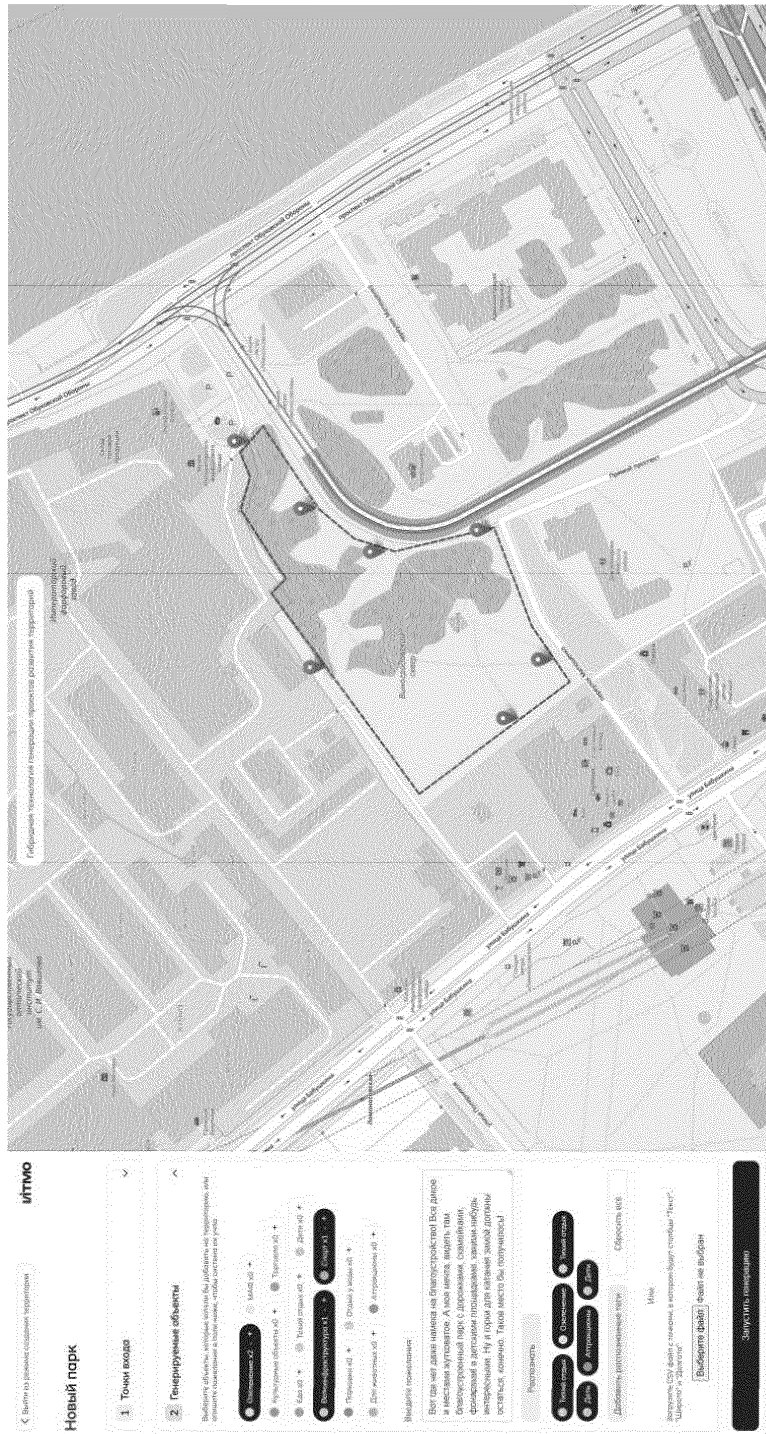
5. Система, включающая процессор, память, машиночитаемый носитель с инструкциями согласно способу по п.1, выполняемыми процессором.



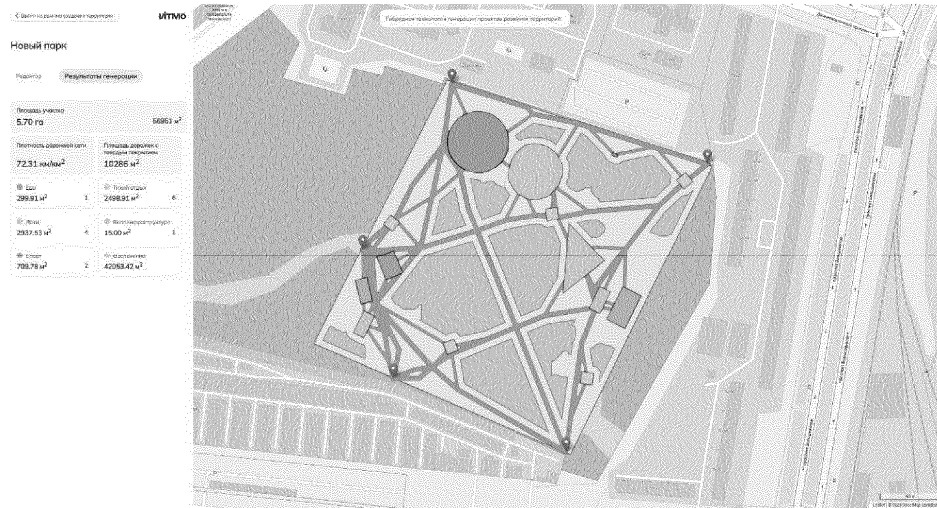
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



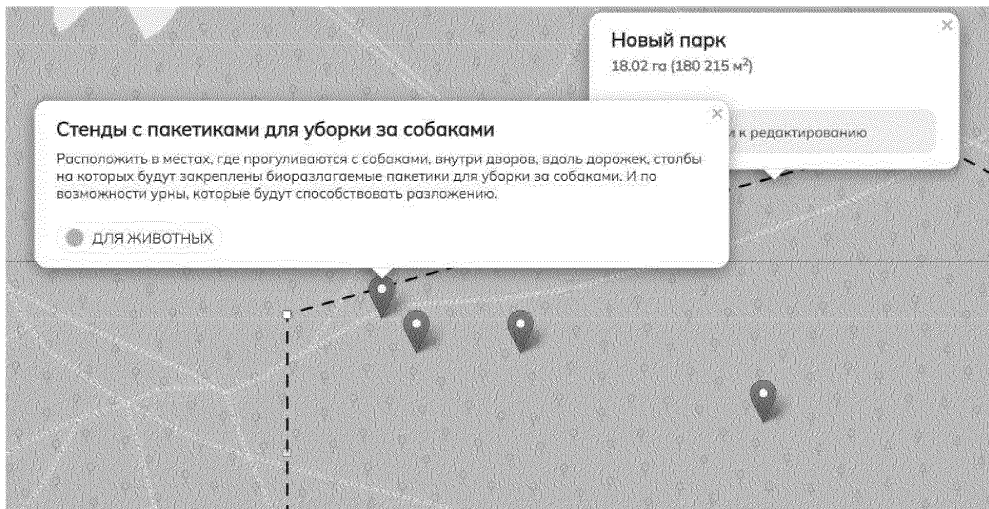
Фиг. 4



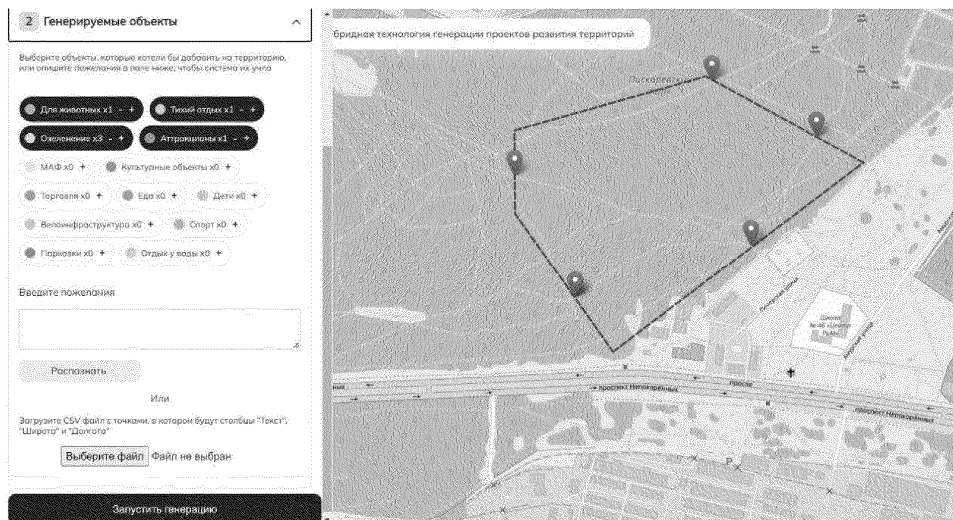
Фиг. 5



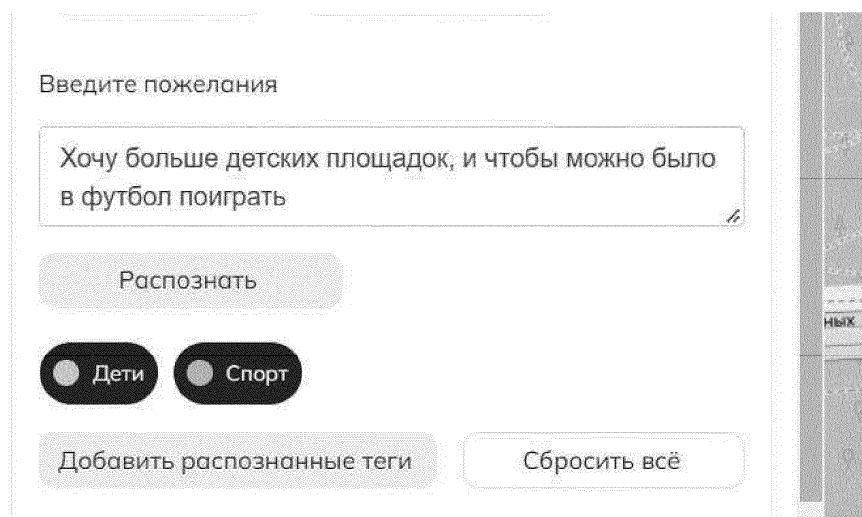
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9