

УДК 004.89

Разработка архитектуры и программная реализация репозитория глубоких нейросетевых моделей анализа пространственных данных

С.А. Ямашкин^{1*}, А.А. Ямашкин¹, Е.О. Ямашкина²

¹ Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва, ул. Большевистская, 68, Саранск, 430005, Россия

² «МИРЭА - Российский технологический университет», пр-кт Вернадского, 78, Москва, 119454, Россия

* E-mail: yamashkinsa@mail.ru

Аннотация. В статье представлены ключевые аспекты проектирования и разработки репозитория глубоких нейросетевых моделей для анализа и прогнозирования развития пространственных процессов. Каркас системы функционирует на базе паттерна MVC, при котором происходит декомпозиция фреймворка на модули работы с бизнес-логикой системы, ее данными и графическими интерфейсами. Дана характеристика разработанных веб-интерфейсов, модуля визуального редактирования моделей, прикладного программного интерфейса для унифицированного взаимодействия с репозиторием. Разработанная система позволяет подойти к решению научной проблемы интеграции нейронных сетей с возможностью их последующего использования для решения проектных задач цифровой экономики.

Ключевые слова: репозиторий, нейронные сети, глубокое обучение, проектирование программного обеспечения

Development of architecture and software implementation of a repository of deep neural network models for spatial data analysis

S.A. Yamashkin^{1*}, A.A. Yamashkin¹, E.O. Yamashkina²

¹ National Research Mordovia State University, 68 Bolshevistskaya st., Saransk, 430005, Russia

² MIREA — RUSSIAN TECHNOLOGICAL UNIVERSITY, 78 Vernadsky Avenue, Moscow, 119454, Russia

*E-mail: yamashkinsa@mail.ru

Abstract. The article presents the key aspects of designing and developing a repository of deep neural network models for analyzing and predicting the development of spatial processes. The framework of the system operates on the basis of the MVC pattern, in which the framework is decomposed into modules for working with the system's business logic, its data and graphical interfaces. The characteristics of the developed web interfaces, a module for visual editing of models, an application programming interface for unified interaction with the repository are given. The developed system allows us to approach the solution of the scientific problem of integrating neural networks with the possibility of their subsequent use to solve design problems of the digital economy.

Keywords: repository, neural networks, deep learning, software design

1. Введение

Системообразующее значение в решении задачи усиления связанности территории стран и регионов играет развитие инфраструктур пространственных данных (ИПД), направленных на оценку состояния природно-социально-производственных систем (ПСПС) и прогнозирование чрезвычайных процессов и явлений. Данные, интегрируемые в системах данного класса, характеризуются большим объемом и неоднородностью, в следствие чего ядром систем данного класса становятся алгоритмы машинного анализа, позволяющие решать проектные задачи разного типа в области анализа пространственных данных о природных, социальных и экономических объектах, имеющих распределенную геопространственную организацию [1].

Решение задач классификации, кластеризации, распознавания образов, принятия решений и прогнозирования на основе больших массивов пространственных данных играет большую роль в народном хозяйстве. Существенное значение среди моделей и алгоритмов анализа данных занимают искусственные нейронные сети [2]. При этом решение задач интеграции и практического использования нейронных сетей встречает множество нерешенных вызовов, важное место среди которых занимает проблема интеграции глубоких нейронных сетей в единую систему с целью формирования удобного инструментария специалистов в области анализа данных.

2. Цель исследования

Данная публикация посвящена решению научной проблемы формирования архитектуры и разработки ее программной реализации репозитория глубоких нейросетевых моделей анализа пространственных данных, интегрируемых в единую систему для обеспечения поддержки процесса принятия управленческих решений в области обеспечения условий устойчивого развития территорий.

Разработка репозитория основывается на онтологической модели хранилища, представленной в работе [3], которая определяет принципы систематизации глубоких моделей анализа пространственных данных по классам, решаемым задачам, природе и размерности анализируемых данных, архитектуре и топологии, свойствам эффективности.

3. Методы и материалы исследования

Важной функцией репозитория глубоких нейросетевых моделей является предоставление конечным пользователям, обладающим разными ролями в системе, адаптивных веб-интерфейсов для быстрого получения систематизированной информации об оптимальной в использовании глубокой нейросетевой модели, которая должна включать структурированное описание, показатели эффективности, архитектурную и топологическую организацию, а так же рекомендации по гибкой настройке гиперпараметров модели, примеры прикладного использования при решении проектно-ориентированных задач.

С целью систематизации функциональных требований к репозиторию, сформируем UML-диаграмму прецедентов (рисунок 1).

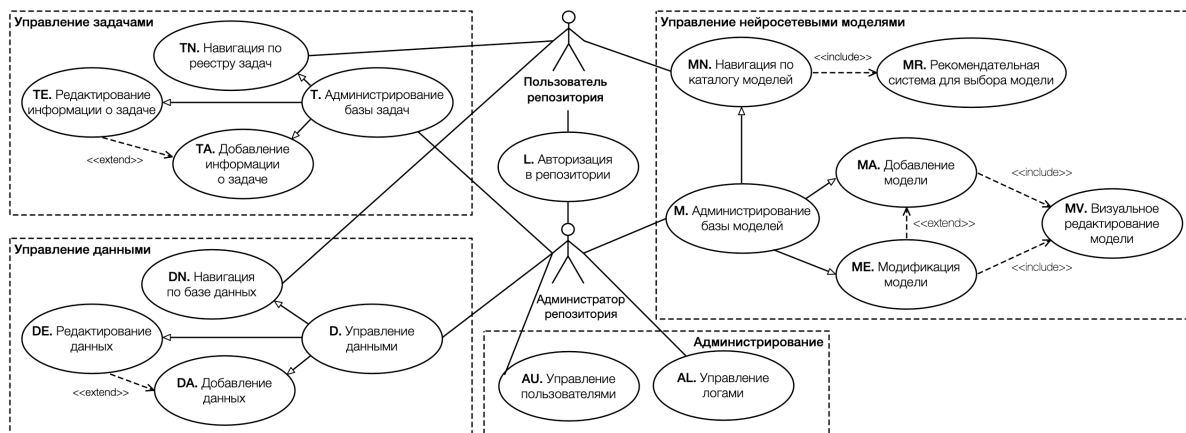


Рисунок 1. Диаграмма прецедентов репозитория глубоких нейросетевых моделей.

Стартовый вариант использования репозитория описан прецедентом «L. Авторизация в репозитории», целью которого является обеспечение разграничения прав на чтение, использование и редактирование нейросетевых моделей. Обозначенный функционал реализуется путем предоставления неавторизованному в системе пользователю формы для ввода аутентификационных данных.

После авторизации в системе, пользователь получает доступ к отдельным модулям репозитория исходя из имеющихся прав. С точки зрения программной реализации описываемая программная система функционирует на базе паттерна MVC, предполагающего декомпозицию фреймворка проекта на контроллеры (модули, предназначенные для описания программной бизнес-логики), модели (компоненты для манипулирования данными) и виды (наборы шаблонов для формирования адаптивных веб-интерфейсов). Такая организация системы позволяет повысить связанность отдельных модулей репозитория и ослабить сцепленность между ними.

4. Полученные результаты

Группа вариантов использования «Администрирование» включает два прецедента: «AU. Управление пользователями» (осуществляющий управление распределением ролей, добавлением, редактированием, удалением метаданных о пользователях) и «AL. Управление логами» (формирующий возможность просмотра логов системы с возможностью поиска и фильтрации с целью модерации операционных процессов работы с репозиторием).

Группа прецедентов «Управление нейросетевыми моделями» включает варианты использования, формирующие ядро системы. Интегрирующий прецедент «M. Администрирование базы моделей» декомпозируется на функциональный блок «MN. Навигация по каталогу моделей» (посредством системы фильтров), включающий модуль «MR.

Рекомендательная система для выбора модели» (позволяющий обеспечивать релевантный поиск, подбор и конфигурирование глубоких нейронных сетей, тонкую настройку моделей для решения конкретных проектных задач в области анализа пространственных данных). CRUD-подсистема управления данными о моделях включает также вариант использования «МА. Добавление модели» и расширяющий его функционал «МЕ. Модификация модели», позволяющий создавать и редактировать глубокие нейронные сети.

Отдельно приведем описание функционального компонента «MV. Визуальное редактирование модели» как составного блока описываемой CRUD-подсистемы, позволяющего визуализировать нейросетевые модели глубокого обучения в виде граф-схемы, с возможностью интерактивного онлайн-редактирования топологии и архитектуры модели посредством тонкого клиента (веб-браузера). Для реализации функционала визуального редактирования модели использован язык программирования JavaScript, компонент апробирован при формировании моделей нейросетевых архитектур, представленных в открытой нейросетевой библиотеке Keras (рисунок 2).

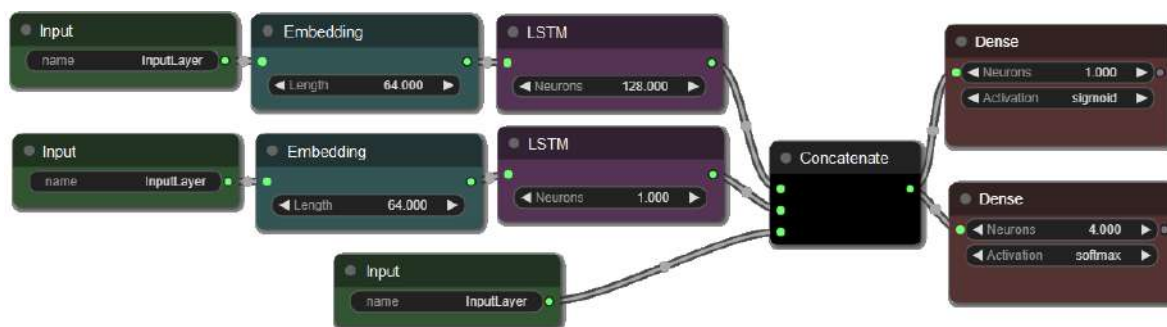


Рисунок 2. Визуализация нейросетевой модели в виде граф-схемы: модель с тремя входами и двумя выходами.

Разработка формализованной схемы хранения моделей глубокого машинного анализа пространственных данных в форме мета-языка, позволила осуществить возможность их конвертации в представления, используемые современными фреймворками машинного обучения [4]. Прикладной программный интерфейс, спроектированный на основе архитектурного паттерна REST обеспечивает возможность унифицированного взаимодействия с целью обмена данными с репозиторием для импорта и экспорта нейросетевых моделей и получения информации о них).

Согласно разработанной ранее онтологической модели, домен глубоких нейросетевых моделей должен быть ассоциирован с доменами проектных задач и анализируемых данных. Соответствующие обозначенным предметным областям прецеденты также реализованы в репозитории в виде CRUD-подсистем «Администрирование базы задач» (основана на вариантах использования TN. Навигация по реестру задач, ТА. Добавление информации о задаче, ТЕ.

Редактирование информации о задаче) и «Управление данными» (сформирована прецедентами DN. Навигация по базе данных, DA. Добавление данных, DE. Редактирование данных).

5. Выводы

В статье дана характеристика проекту посвященному решению научной проблемы накопления и систематизации глубоких нейросетевых моделей посредством проектирования и разработки репозитория обучаемых алгоритмов для анализа и прогнозирования развития пространственных процессов.

С точки зрения программной реализации каркас системы функционирует на базе паттерна MVC, предполагающего декомпозицию фреймворка проекта на контроллеры, модели и виды. Сделан акцент на разработку адаптивных веб-интерфейсов, позволяющих пользоваться репозиторием при помощи компьютера, подключенного к сети Интернет.

Модуль визуального редактирования модели позволяет визуализировать нейросетевые модели в виде граф-схемы, с возможностью интерактивного онлайн-редактирования топологии и архитектуры модели. Прикладной программный интерфейс на основе паттерна REST обеспечивает возможность унифицированного взаимодействия с целью обмена данными с репозиторием для импорта и экспорта моделей и получения информации о них.

Спроектированная архитектура репозитория глубоких нейросетевых моделей и ее программная реализация позволяет подойти к решению научной проблемы интеграции нейронных сетей, предварительно обученных моделей с возможностью их последующего использования для решения проектных задач цифровой экономики.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (грант № МК-199.2021.1.6).

Список литературы

1. Власов, А.И. Системный анализ технологических процессов производства сложных технических систем с использованием визуальных моделей / А.И. Власов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2013. – №. 10-2. – С. 17.
2. Федюшкин, Н.А. Исследование репозитория моделей нейронных сетей / Н.А. Федюшкин, С.А. Ямашкин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2021. – № 3. – С. 28-30.
3. Ямашкин, С.А. Формирование репозитория глубоких нейронных сетей в системе цифровой инфраструктуры пространственных данных / С.А. Ямашкин, А.А. Ямашкин, В.В. Занозин // Потенциал интеллектуально одарённой молодежи - развитию науки и образования. Материалы IX Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников. Под общей редакцией Т В. Золиной. – 2020. – С. 370-375.

4. Гордиенко Е.П. Современные технологии обработки и анализа больших данных в научных исследованиях / Е.П. Гордиенко, Н.С. Паненко // Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. – 2018. – С. 44-48.