

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA
Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică
Departamentul Ingineria Software și Automatică

Admis la susținere
Șef departament:
Fiodorov I. dr., conf. univ.

”___” _____ 2024

Cercetarea aplicării GraphQL în arhitectura Web-API

Teză de master

Student: _____ **Beloscurnic Dan, TI-221M**

Coordonator: _____ **Bolun Ion, prof. univ., dr. hab.**

Consultant: _____ **Cojocarui Svetlana, asist. univ.**

Chișinău, 2024

REZUMAT

la teza de master „Cercetarea aplicării GraphQL în arhitectura Web-API” a masterandului din grupa TI-221M, programul de studii „Tehnologia informației”,
BELOSCURNIC Dan

Teza este o analiză sistemică a două abordări pentru crearea API-urilor web: GraphQL și REST API. GraphQL este reprezentat de 3 servicii bazate pe bibliotecile GraphQL.NET, HotChocolate și implementarea proprie a GraphQL, cu accent pe performanța acestora în condiții de încărcare.

Teza cuprinde introducere, patru capitole, concluzii, bibliografia din 9 titluri și este perfectată pe 90 pagini de text de bază, inclusiv 56 figuri.

Cuvinte cheie: GraphQL, REST API, Load testing, Web API, performanță.

Lumea modernă a tehnologiei informației se confruntă cu o dezvoltare impresionantă, iar dezvoltarea web, ca una dintre cele mai importante industrii din acest domeniu, este influențată de schimbări și inovații continue. Crearea de interfețe eficiente și flexibile pentru interacțiunea cu datele și resursele prin intermediul serviciilor web devine o sarcină urgentă. Dar ce abordare ar trebui să crea pentru un API web având în vedere varietatea arhitecturilor și tehnologiilor?

Scopul tezei este de a efectua cercetări și analize a diferitelor abordări ale creării de API-uri web, cu accent pe o examinare comparativă a API-urilor GraphQL și REST. Cercetarea acoperă aspecte de la principii arhitecturale până la implementări practice, având ca obiectiv principal identificarea celui mai eficient mod de a crea un API web, ținând cont de cerințele proiectului.

Lucrarea acoperă elementele de bază ale limbajelor de interogare REST și GraphQL, analizarea interogărilor, structura datelor grafice și execuția interogărilor. A fost efectuată o analiză comparativă a GraphQL și REST API și, de asemenea, au fost examinate bibliotecile GraphQL existente în mediul .NET, inclusiv HotChocolate, GraphQL.NET și propria implementare.

Studiul evidențiază relevanța crescută a alegerii între API-urile GraphQL și REST în contextul creării API-urilor web. Lucrarea oferă informații și îndrumări valoroase pentru dezvoltatori și factori de decizie pentru a face alegeri informate cu privire la arhitecturile API web. Soluțiile rezultate în urma cercetării pot fortifica experiența utilizatorului și pot crește competitivitatea proiectelor pe piața de dezvoltare web.

ABSTRACT

In the master's thesis „**Research on the application of GraphQL in Web-API architecture**” of the master's student of the group TI-221M, the study program „**Tehnologia informației**”, **BELOSCURNIC Dan**

The thesis is a systemic analysis of two approaches to creating web APIs: GraphQL and REST API. GraphQL is represented by 3 services based on the GraphQL.NET libraries, HotChocolate and our own implementation of GraphQL, with a focus on their performance under load conditions.

The thesis includes introduction, four chapters, conclusions, bibliography of 9 titles and is completed on 90 pages of basic text, including 56 figures.

Keywords: GraphQL, REST API, Load testing, Web API, performance.

The modern world of information technology is experiencing an impressive development, and web development, as one of the most important industries in this field, is influenced by continuous changes and innovations. Creating efficient and flexible interfaces for interacting with data and resources through web services is becoming an urgent task. However, what approach should one create for a web API given the variety of architectures and technologies?

The aim of the thesis is to research and analyze different approaches to creating web APIs, with a focus on a comparative examination of GraphQL and REST APIs. The research covers aspects from architectural principles to practical implementations, with the main objective of identifying the most efficient way to create a web API, taking into account the requirements of the project.

The paper covers the basics of REST and GraphQL query languages, query parsing, graph data structure, and query execution. A comparative analysis of GraphQL and the REST API was performed, and the existing GraphQL libraries in the .NET environment were examined, including HotChocolate, GraphQL.NET, and our own implementation.

The study highlights the increased relevance of choosing between GraphQL and REST APIs in the context of creating web APIs. The paper provides valuable information and guidance for developers and decision makers to make informed choices about web API architectures. The solutions resulting from the research can strengthen the user experience and increase the competitiveness of the projects in the web development market.

АННОТАЦИИ

в магистерской диссертации „**Исследование применения GraphQL в WEB-API архитектуре**” магистранта из группы TI-221M, программы обучения „**Tehnologia informației**”, **BELOSCURNIC Dan**

Диссертация представляет собой системный анализ двух подходов к созданию веб-API: GraphQL и REST API. GraphQL представлен 3 сервисами на базе библиотек GraphQL.NET, HotChocolate и собственной реализации GraphQL, с упором на их производительность в условиях нагрузки.

Диссертация включает введение, четыре главы, заключение, библиографию из 9 наименований и выполнена на 90 страницах основного текста, в том числе 56 рисунков.

Ключевые слова: GraphQL, REST API, нагрузочное тестирование, веб-API, производительность.

Современный мир информационных технологий переживает впечатляющее развитие, и веб-разработка, как одна из важнейших отраслей в этой области, находится под влиянием постоянных изменений и инноваций. Создание эффективных и гибких интерфейсов взаимодействия с данными и ресурсами посредством веб-сервисов становится актуальной задачей. Но какой подход следует использовать для веб-API, учитывая разнообразие архитектур и технологий?

Целью диссертации является исследование и анализ различных подходов к созданию веб-API с упором на сравнительное изучение API-интерфейсов GraphQL и REST. Исследование охватывает аспекты от архитектурных принципов до практической реализации, с основной целью определения наиболее эффективного способа создания веб-API с учетом требований проекта.

В документе рассматриваются основы языков запросов REST и GraphQL, синтаксический анализ запросов, структура данных графа и выполнение запросов. Был проведен сравнительный анализ GraphQL и REST API, а также рассмотрены существующие библиотеки GraphQL в среде .NET, включая HotChocolate, GraphQL.NET и собственная реализация.

Исследование подчеркивает возросшую актуальность выбора между GraphQL и REST API в контексте создания веб-API. В документе представлена ценная информация и рекомендации для разработчиков и лиц, принимающих решения, которые помогут им сделать осознанный выбор в отношении архитектуры веб-API. Решения, полученные в результате исследования, могут улучшить пользовательский опыт и повысить конкурентоспособность проектов на рынке веб-разработки.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	11
1.1 Тематика и обоснование темы исследования	11
1.2 Гипотеза исследования	12
1.3 Методология исследования.....	14
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ	18
2.1 Основы языка запросов REST.....	18
2.2 Основы языка запросов GraphQL	21
2.2.1 Конструкции языка GraphQL.....	22
2.2.2 Синтаксический анализ запросов.....	25
2.2.3 Графовая структура данных и выполнение запросов.....	29
2.2.4 Запросы, мутации и подписки	30
2.3 Сравнительный анализ GraphQL и REST API.....	32
2.4 Анализ существующих библиотек GraphQL в среде .NET	37
2.4.1 Библиотека HotChocolate.....	37
2.4.2 Библиотека GraphQL.NET.....	38
2.4.3 Библиотека NGraphQL.....	39
3 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	41
3.1 Выбор тестовой базы	42
3.2 Реализация REST WEB-API сервиса.....	43
3.3 Реализация GraphQL сервиса с использованием GraphQL.NET	47
3.4 Реализация GraphQL сервиса с использованием HotChocolate.....	54
3.5 Реализация гибридного GraphQL/RESTful сервиса.....	56
3.6 Нагрузочное тестирование WEB-API сервисов	65
4 АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ	67
4.1 Дисперсионный анализ ANOVA.....	68

4.2 Дисперсионный анализ запроса Special_List_Products	73
4.3 Дисперсионный анализ запроса List_Products	79
4.4 Дисперсионный анализ запроса Join_Product_ProductModel	81
4.5 Дисперсионный анализ запроса с фильтрацией	84
4.6 Комплексный статистический анализ результатов тестов Tukey и ANOVA	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	90
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	91

ВВЕДЕНИЕ

Современный мир информационных технологий переживает неустанно быстрое развитие и веб-разработка, как одна из важнейших отраслей в этой области, подвергается влиянию непрерывных изменений и инноваций. В современном цифровом мире с его постоянно меняющимися потребностями пользователей и растущим объемом данных требуется создавать эффективные и гибкие интерфейсы для взаимодействия с данными и ресурсами через веб-сервисы. Однако с ростом этой потребности стоит сложный вопрос: какой подход выбрать для создания веб-API, учитывая множество существующих архитектурных решений и технологий?

Цель данной дипломной работы состоит в проведении исследования и анализа различных подходов к созданию веб-API, с фокусом на сравнительном рассмотрении GraphQL и REST API. Это исследование будет затрагивать разнообразные аспекты, связанные с созданием веб-API, начиная от архитектурных принципов GraphQL и REST и заканчивая практическими реализациями. Главная задача заключается в выявлении наиболее эффективного и наиболее подходящего способа создания веб-API, учитывая конкретные потребности и требования проекта.

Вопрос выбора между GraphQL и традиционными REST API приобретает повышенную актуальность и критическое значение. Удачный выбор может существенно повлиять на производительность, гибкость и удобство использования веб-API, что, в свою очередь, отразится на опыте пользователей и успехе проекта.

В ходе исследования будут рассмотрены не только основы GraphQL и REST API, но и будет проведен сравнительный анализ их преимуществ и ограничений. Кроме того, будут изучены существующие библиотеки и инструменты, доступные для реализации GraphQL в среде .NET, что позволит оценить их применимость и эффективность в конкретных проектных условиях. Добавляется также собственная реализация GraphQL API, представляющего собой гибрид с REST API.

Данная работа будет предоставлять разработчикам и принимающим решения о выборе архитектуры веб-API, ценные знания и рекомендации, которые помогут принимать обоснованные решения, способствуя созданию более эффективных веб-сервисов. Эти решения могут оптимизировать взаимодействие с пользователями и улучшить конкурентоспособность проектов на рынке веб-разработок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Д. Степанов, «GraphQL и почти все-все-все. Часть 1», Хабр. Просмотрено: 10 октября 2023 г. [Онлайн]. Доступно на: <https://habr.com/ru/companies/auriga/articles/662958/>
- [2] Д. Дементий, «Что такое GraphQL: с основ до первых запросов». Просмотрено: 28 октября 2023 г. [Онлайн]. Доступно на: <https://ru.hexlet.io/blog/posts/что-такое-graphql-s-osnov-do-pervyh-zaprosov>
- [3] «Сравнение REST и GraphQL», Хабр. Просмотрено: 11 октября 2023 г. [Онлайн]. Доступно на: <https://habr.com/ru/articles/335158/>
- [4] В. Мадисон, «Чистая архитектура», Хабр. Просмотрено: 21 октября 2023 г. [Онлайн]. Доступно на: <https://habr.com/ru/articles/269589/>
- [5] «GraphQL .NET». Просмотрено: 9 ноября 2023 г. [Онлайн]. Доступно на: <https://graphql-dotnet.github.io/docs/getting-started/introduction/>
- [6] «Getting Started with Hot Chocolate .NET GraphQL Server». Просмотрено: 30 октября 2023 г. [Онлайн]. Доступно на: <https://hasura.io/blog/getting-started-with-hot-chocolate-dot-net-graphql-server-and-hasura-remote-schema/>
- [7] «Entity Framework Core - Hot Chocolate». Просмотрено: 3 ноября 2023 г. [Онлайн]. Доступно на: <https://chillicream.com>
- [8] «graphql-dotnet/parser». graphql-dotnet, 25 декабря 2023 г. Просмотрено: 15 ноября 2023 г. [Онлайн]. Доступно на: <https://github.com/graphql-dotnet/parser>
- [9] М. Русаков, «ANOVA test на Python дисперсионный анализ в статистике», Python самоучитель для начинающих. Просмотрено: 9 января 2024 г. [Онлайн]. Доступно на: <https://pythonpip.ru/osnovy/anova-test-na-python-pogruzhaemsa-v-dispersionnyy-analiz>