**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»**

**(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Направление** | 09.03.01 – Информатика и вычислительная техника | |
| **Профиль** | Системы автоматизированного проектирования | |
| **Факультет** | Компьютерных технологий и информатики | |
| **Кафедра** | систем автоматизированного проектирования | |
| *К защите допустить* |  | |
| Зав. кафедрой, к.т.н., доцент |  | Бутусов Д.Н. |

выпускная квалификационная работа бакалавра

**Тема: Высокопроизводительные программные средства анализа динамических систем на основе технологии CUDA**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студент |  | Ширнин К.В. |
| *подпись* |
| Руководитель к.т.н., доцент |  | Бутусов Д.Н. |
| *подпись* |
| Консультант |  | Рыбин В.Г. |
| *подпись* |
| Консультант к.э.н., доцент |  | Голигузова Г.В. |
| *подпись* |
| Консультант по нормоконтролю |  | Родионова Е.А. |
| *подпись* |

Санкт-Петербург

2023

задание

на выпускную квалификационную работу

|  |  |
| --- | --- |
|  | Утверждаю |
|  | Зав. кафедрой САПР, к.т.н., доцент |
|  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Бутусов Д.Н. |
|  | «\_4\_»\_апреля\_\_\_\_\_\_\_2023 г. |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Студент | Ширнин Кирилл Витальевич | | | | Группа | 9302 |
| Тема работы: Высокопроизводительные программные средства анализа динамических систем на основе технологии CUDA | | | | | | |
| Место выполнения ВКР: кафедра САПР, СПбГЭТУ «ЛЭТИ» | | | | | | |
| Исходные данные (технические требования):  Результатом ВКР служит информационный продукт (программная библиотека), для высокопроизводительного распределенного анализа нелинейных динамических систем. Разработка позволяет ускорить время анализа на 2-3 порядка по сравнению с существующими косвенными аналогами. Для использования разработанного программного обеспечения требуется компьютер, который соответствует следующим минимальным требованиям:   1. Операционная система (OS): Windows Vista SP3, Windows 7 или Windows HPC Server 2008 2. Центральный процессор (CPU): Intel Pentium Dual-core CPU 3. Оперативная память (RAM): 2 GB 4. Видеокарта (GPU): GeForce GTX 745 в линейке GeForce или Quadro K620 в линейке Quadro или Tesla K20 в линейке Tesla 5. Поддержка Nvidia CUDA Toolkit 11 | | | | | | |
| Содержание ВКР: аннотация, введение, основные методы анализа и численные методы, программное обеспечение моделирования и анализа динамических систем, экономическое обоснование ВКР, заключение, список использованных источников (литературы). | | | | | | |
| Перечень отчетных материалов: пояснительная записка, иллюстративный материал, материалы, материалы к презентации ВКР, иные отчетные материалы. | | | | | | |
| Дополнительный раздел – экономическое обоснование ВКР | | | | | | |
| Дата выдачи задания | | | Дата представления к защите | | | |
| «\_04\_»\_апреля\_\_\_\_\_\_\_2023г. | | | «\_3\_»\_\_июня\_\_\_\_\_\_\_\_2023г. | | | |
| Студент | |  | | Ширнин К.В. | | |
| *подпись* | |
| Руководитель к.т.н., доцент | |  | | Бутусов Д.Н. | | |
| *подпись* | |
| Консультант | |  | | Рыбин В.Г. | | |
| *подпись* | |
| Консультант к.э.н., доцент | |  | | Голигузова Г.В. | | |
| *подпись* | |

календарный план выполнения

выпускной квалификационной работы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | | Утверждаю | | | | | |
|  | | | Зав. кафедрой САПР, к.т.н., доцент | | | | | |
|  | | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Бутусов Д.Н. | | | | | |
|  | | | «\_04\_»\_апреля\_\_\_2023\_ г. | | | | | |
| Студент | | Ширнин Кирилл Витальевич | | | | Группа | | 9302 |
| Тема работы: Высокопроизводительные программные средства анализа динамических систем на основе технологии CUDA | | | | | | | | |
| № п/п | Наименование работ | | | | | | Срок выполнения | |
| 1 | Обзор литературы по теме работы | | | | | | 04.04 -09.04 | |
| 2 | Разработка технического задания | | | | | | 10.04 -16.04 | |
| 3 | Анализ технического задания | | | | | | 17.04 -23.04 | |
| 4 | Проектирование | | | | | | 24.04 -30.04 | |
| 5 | Реализация | | | | | | 01.04 -20.04 | |
| 6 | Тестирование | | | | | | 21.04-26.04 | |
| 7 | Выполнение дополнительного раздела «Экономическое обоснование ВКР» | | | | | | 27.04-30.04 | |
| 8 | Оформление пояснительной записки | | | | | | 01.05-14.05 | |
| 9 | Оформление иллюстративного материала | | | | | | 15.05-18.05 | |
| 10 | Прохождение предварительной зашиты на кафедре | | | | | | 19.05.2023 | |
| 11 | Представление ВКР для проверки степени оригинальности пояснительной записки | | | | | | 22.05.2023 | |
| 12 | Представление ВКР к защите. | | | | | | 03.06.2023 | |
|  |  | | | | | |  | |
| Студент | | | |  | Ширнин К.В. | | | |
| *подпись* |
| Руководитель к.т.н., доцент | | | |  | Бутусов Д.Н. | | | |
| *подпись* |
| Консультант доцент | | | |  | Рыбин В.Г. | | | |
| *подпись* |
| Консультант к.э.н., доцент | | | |  | Голигузова Г.В. | | | |
| *подпись* |

аннотация

Проект посвящен разработке высокопроизводительных методов и средств анализа нелинейных систем.

В процессе выполнения работы были рассмотрены различные подходы к реализации инструмента для распределенных вычислений. Была разработана встраиваемая программная библиотека для распределенных вычислений и анализа динамических нелинейных систем.

При помощи инструмента удалось производить многомерный анализ нелинейных систем, а также повышать «разрешение» результирующих графиков. При сравнении инструмента с аналогами выяснилось, что скорость вычислений увеличилась в 100-1000 раз.

SUMMARY

The project is dedicated to the development of high-performance methods and tools for the analysis of nonlinear systems.

In the course of the work, various approaches to the implementation of a tool for distributed computing were considered. It was developed in the developed software library for computing and analyzing the density of nonlinear systems.

With the help of the tool, it was possible to perform a multidimensional analysis of nonlinear systems, as well as to increase the "resolution" of the resulting graphs. When using the tool with analogues of calculations, the calculation speed increased by 100-1000 times.

Оглавление

[Перечень сокращений и условных обозначений 7](#_Toc134911747)

[Список использованных источников 9](#_Toc134911748)

# Перечень сокращений и условных обозначений

LS (англ. – Lyapunov Spectrum) – спектр показателей Ляпунова

LLE (англ. – Largest Lyapunov Exponent) – наибольший показатель Ляпунова

GPU (англ. – Graphics Processing Unit) – графический процессор (видеокарта)

CUDA (англ. – Compute Unified Device Architecture) – программно-аппаратная архитектура параллельных вычислений, которая позволяет существенно увеличить вычислительную производительность благодаря использованию графических процессоров фирмы Nvidia

API (англ. – Application Programming Interface) – описание способов взаимодействия одной компьютерной программы с другими

RAM (англ. – Random Access Memory) – оперативная память, один из видов компьютерной памяти

# Введение

Каждый год различные группы ученых предлагают новые нелинейные системы, описывающие поведение природных объектов, электрических цепей, механических устройств и т.д. За последние несколько десятилетий был сформирован классический набор инструментов для анализа нелинейной системы, включая бифуркационный анализ, расчет спектра показателей Ляпунова (LS), в частности, анализ наибольшей экспоненты Ляпунова (LLE), рекуррентный анализ, поиск бассейнов притяжения и т.д. Однако детальный и многопараметрический анализ нелинейных систем все еще остается сложной задачей, поскольку большинство инструментов и программного обеспечения используют в основном вычислительные ресурсы центрального процессора. Следует отметить, что многопараметрический анализ обычно является задачей, в которой вычисления систем с разными параметрами не зависят друг от друга, что открывает широкие возможности для сокращения общего времени выполнения анализа за счет применения параллельных вычислений. Распараллеливание обычно предполагает использование большого количества вычислительных единиц, т.е. многих ядер/процессоров, где особый интерес представляют графические процессоры (GPU).

Технологии параллельных вычислений, такие как Nvidia CUDA, в последнее время стали очень популярны в связи с возрастающей сложностью вычислительных задач. Изначально графические процессоры были разработаны для ускорения обработки изображений и графики в видеоиграх, чтобы их массивные вычисления можно было выполнять параллельно. В последние десятилетия GPU быстро проявили себя как недорогие и мощные многопоточные процессоры благодаря своей огромной вычислительной мощности. Например, компания Nvidia разработала интерфейс программирования приложений (API) для общих вычислений, намереваясь использовать GPU для выполнения программ общего назначения. CUDA — это API программирования, поддерживаемый устройствами Nvidia. Такие языки программирования, как C, C++ и Fortran, позволяют использовать его через библиотеки CUDA.

Однако разработка соответствующих алгоритмов для использования преимуществ параллельных вычислений остается важной проблемой, требующей решения. Следует отметить, что в случае сложных существующих программ эффективная реализация на GPU не всегда возможна или экономически выгодна. Многие вычислительные задачи являются последовательными, что вынуждает нас использовать последовательный подход. По этой причине команды в программе должны выполняться одна за другой.

Еще одной серьезной проблемой технологий GPU и CUDA может стать ограниченный объем памяти, доступный на видеокарте. Неэффективное использование графической памяти приводит к увеличению количества обменов данными между хостом (RAM) и вычислительным устройством CUDA (GPU memory) и значительно усложняет выполнение вычислений. Следствием представленных трудностей является снижение эффективности вычислений. Подводя итог, можно сказать, что разработка высокоэффективных алгоритмов для классических инструментов анализа с использованием распределенных вычислений является актуальной задачей.

Целью данной выпускной дипломной работы является повышение производительности труда проектировщика, за счет сокращения времени анализа нелинейных динамических систем. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

# Список использованных источников