



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности

А.А. Лукьянова

03

2020 г.

### ПАСПОРТ ПРОЕКТА

Разработка высокоэффективной программной системы-симулятора на базе набора эталонных задач IEEE CEC17 для исследования алгоритмов глобальной оптимизации  
(наименование проекта)

#### I. Общая информация о проекте:

1. Инициатор проекта (ФИО, должность)	СибГУ им. М.Ф. Решетнева, НЛ СТС Гаипов Константин Эдуардович, вед. науч. сотр., руководитель Программы создания и развития центра НТИ на базе МФТИ, Физтех по направлению («сквозной» технологии) Национальной технологической инициативы «Перспективные технологии для космических систем и сервисов» по теме «Разработка комплексной среды моделирования и проектирования гибридных инфокоммуникационных сетей наземного, стратосферного и космического сегментов с использованием параметрического и структурного синтеза
2. Описание проблемы, на решение которой направлен проект	Проектирование гибридных спутниковых инфокоммуникационных сетей представляет собой сложную многокритериальную задачу оптимизации с высоким уровнем неопределенности, нелинейными зависимостями и большим пространством поиска. Для решения подобных задач требуются надежные алгоритмы глобальной оптимизации. Бенчмарк на базе IEEE CEC17 позволяет верифицировать, сравнивать и адаптировать современные оптимизационные методы, обеспечивая их готовность к решению реальных инженерных задач. Существующая реализация бенчмарка CEC17, используемая научным и инженерным сообществом, демонстрирует ряд фундаментальных недостатков, которые ограничивают её применение в современных исследованиях: архитектурная архаичность (процедурный подход с глобальным состоянием), зависимость от внешних файлов данных, отсутствие потокобезопасности и низкая производительность вычислений. Эти проблемы затрудняют интеграцию бенчмарка в распределенные вычислительные среды и системы автоматического тестирования алгоритмов. Требуется полный рефакторинг существующего бенчмарка, разработка новой архитектуры с использованием современных концепций программирования и вычислительно эффективная реализация на современном стандарте языка C++.
3. Цель проекта	Разработка высокопроизводительной программной системы-симулятора на базе модернизированного набора эталонных функций IEEE CEC17, реализованной на современном стандарте C++17/20, обеспечивающей повышенную скорость вычислений, потокобезопасность, простоту интеграции и масштабируемость для эффективного исследования и сравнения алгоритмов глобальной оптимизации в задачах параметрического и структурного синтеза сложных инженерных систем.
4. Задачи проекта	<ul style="list-style-type: none"><li>Анализ и декомпозиция математической, алгоритмической и существующей программной реализации IEEE CEC17 – провести детальный разбор исходного кода, выявить архитектурные и вычислительные узкие места, сформулировать требования к новой</li></ul>

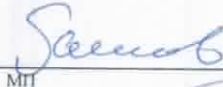
	<p>системе с учётом целевых характеристик.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Проектирование модульной объектно-ориентированной архитектуры системы – разработать схему классов и компонентов, обеспечивающих изоляцию данных, поддержку многопоточных вычислений, встраивание эталонных данных в бинарный код и возможность расширения набора тестовых функций.</li> <li>• Реализация высокооптимизированного вычислительного ядра – рефакторинг функции бенчмарка с использованием современного C++, применить методы оптимизации (векторизация, предвычисление таблиц, бинарное возведение в степень), обеспечить совместимость с различными платформами и компиляторами.</li> <li>• Разработка интерфейсов и вспомогательных инструментов – создать API для интеграции с внешними алгоритмами оптимизации. Дополнительно, создание инструментов для автоматического тестирования и валидации результатов.</li> <li>• Тестирование системы – провести сравнительный анализ производительности и точности новой реализации с оригинальным бенчмарком.</li> </ul>
<p>5. Результаты реализации проекта:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Образовательный результат</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ОПК-4 Способен осуществлять оценку эффективности технических систем методами системного анализа и управления</li> <li>• ОПК-8 Способен формулировать содержательные и математические задачи исследований, выбирать методы исследований, системно анализировать, интерпретировать и представлять результаты исследований</li> <li>• ПК-2 Способен разрабатывать новые и адаптировать существующие методы и алгоритмы анализа данных и анализа вариантов эффективного управления техническими сложными управляемыми объектами в различных отраслях</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проектный результат</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокопроизводительная программная библиотека на C++17/20 – полнофункциональная кроссплатформенная библиотека, реализующая все 30 тестовых функций IEEE SEC17, с улучшенной производительностью вычислений (по сравнению с существующей реализацией), встроенными данными матриц и смещений (вместо внешних БД) и программной изоляцией для поддержки многопоточных вычислений.</li> <li>• Библиотека размещена в открытых репозиториях github (глобальный) и gitverse (РФ).</li> <li>• Отчет НИР с описанием архитектуры, API и результатов численных экспериментов, демонстрирующих работоспособность, точность и вычислительную эффективность новой реализации в сравнении с существующей.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Личностный результат</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Системное мышление и критический анализ.</li> <li>• Навыки командного взаимодействия и эффективной коммуникации.</li> <li>• Управление временем и самоорганизация.</li> <li>• Навыки публичной презентации и представления результатов.</li> </ul>
<p>6. Краткое содержание проекта</p>	<p>Проект направлен на создание высокопроизводительной программной системы-симулятора на базе модернизированного набора эталонных задач IEEE SEC17. Данный бенчмарк является стандартом де-факто для верификации и сравнения алгоритмов глобальной оптимизации, применяемых при проектировании сложных инженерных систем, включая гибридные инфокоммуникационные сети наземного, стратосферного и космического сегментов.</p> <p>В рамках проекта будет проведен всесторонний анализ исходного кода оригинального бенчмарка, изучены математические паттерны всех 30 тестовых функций, выявлены архитектурные паттерны и зависимости. Будет составлена карта потоков данных,</p>


	<p>идентифицированы "узкие места" производительности (избыточные копирования, неоптимальные алгоритмы, файловый ввод-вывод) и определены требования к новой системе с учетом целевых показателей по скорости, памяти и масштабируемости.</p> <p>Результатом станет техническое задание на разработку.</p> <p>Далее будет проведена разработка схемы классов и компонентов будущей библиотеки. Будет спроектирован центральный класс-симулятор, инкапсулирующий состояние, классы для представления отдельных функций, иерархия для композиционных функций. Особое внимание будет уделено изоляции данных для обеспечения потокобезопасности.</p> <p>Наконец будет выполнено непосредственное написание кода на C++17/20 с применением современных методов оптимизации. Будут реализованы: векторизация циклов, предвычисление таблиц для часто используемых функций (sin, cos, степени), замена линейного возведения в степень бинарным алгоритмом, устранение избыточных копирований данных, оптимизация работы с памятью (кэш-локальность). Все математические функции будут переписаны с нуля в соответствии с исходными формулами, но с использованием эффективных вычислительных схем.</p> <p>Использование стандарта C++17/20 гарантирует переносимость между компиляторами и платформами.</p> <p>В ходе тестирования системы будет выполнено функциональное тестирование (проверка корректности вычислений для всех функций при различных размерностях), нагрузочное тестирование (измерение производительности в однопоточном и многопоточном режимах), сравнительный анализ с оригинальной реализацией по скорости и точности, а также стресс-тестирование на различных платформах и компиляторах.</p> <p>Планируемым результатом станет готовая к использованию библиотека с открытым исходным кодом, размещенная в публичных репозиториях (GitHub и GitVerse), а также подробный отчет НИР, содержащий описание архитектуры, API и результаты численных экспериментов.</p>
7. Сроки реализации проекта	02.03.26 – 29.06.26
8. Календарный план / этапы реализации проекта	<p><b>1 Этап.</b> Анализ и декомпозиция математической, алгоритмической и существующей программной реализации IEEE SEC17 – провести детальный разбор исходного кода, выявить архитектурные и вычислительные узкие места, сформулировать требования к новой системе с учётом целевых характеристик (02.03.26 – 02.04.26). (20 баллов)</p> <p><b>2 Этап.</b> Проектирование модульной объектно-ориентированной архитектуры системы – разработать схему классов и компонентов, обеспечивающих изоляцию данных, поддержку многопоточных вычислений, встраивание эталонных данных в бинарный код и возможность расширения набора тестовых функций (03.04.26 – 04.05.26). (20 баллов)</p> <p><b>3 Этап.</b> Реализация высокооптимизированного вычислительного ядра – рефакторинг функции бенчмарка с использованием современного C++, применить методы оптимизации (векторизация, предвычисление таблиц, бинарное возведение в степень), обеспечить совместимость с различными платформами и компиляторами (06.05.26 – 06.06.26). (20 баллов)</p> <p><b>4 Этап.</b> Разработка интерфейсов и вспомогательных инструментов – создать API для интеграции с внешними алгоритмами оптимизации. Дополнительно, создание инструментов для автоматического тестирования и валидации результатов (07.06.26 – 17.06.26). (20 баллов)</p> <p><b>5 Этап.</b> Тестирование системы – провести сравнительный анализ</p>

	производительности и точности новой реализации с оригинальным бенчмарком (18.06.26 – 29.06.26). (20 баллов)			
9. Ресурсное обеспечение	Ресурсное обеспечение не требуется.			
10. Затраты на выполнение проекта, источник финансирования	Финансирование проекта не предусмотрено.			
11. Критерии оценки результатов проекта <ul style="list-style-type: none"> <li>• Образовательный результат</li> <li>• Проектный результат</li> <li>• Личностный результат</li> </ul>	Оценка образовательного результата осуществляется в соответствии с ФОС РПД дисциплин учебного плана 27.04.03 Системный анализ данных и моделей принятия решений Б1.Б8 Современные компьютерные технологии в науке Б1.В.ДВ2.2 Основы проектирования интеллектуальных систем анализа данных			
	Оценка проектного результата осуществляется по результатам представления и защиты результатов проекта при участии инициатора проекта. Оценка осуществляется по пятибалльной шкале.			
	Оцениваются следующие навыки <ul style="list-style-type: none"> <li>• Системное мышление и критический анализ.</li> <li>• Навыки командного взаимодействия и эффективной коммуникации.</li> <li>• Управление временем и самоорганизация.</li> <li>• Навыки публичной презентации и представления результатов.</li> </ul> Оценка осуществляется по пятибалльной шкале.			
12. Форма представления проектного результата (вид отчётных материалов проекта)	Программная библиотека на C++17/20, реализующая все 30 тестовых функций IEEE CEC17 размещенная в открытых репозиториях github и gitverse. Отчет НИР с описанием архитектуры, API и результатов численных экспериментов, результаты сравнения новой реализации с существующей.			
13. Наименование дисциплин, в рамках которых учитывается образовательный результат проекта	Б1.Б8 Современные компьютерные технологии в науке Б1.В.ДВ2.2 Основы проектирования интеллектуальных систем анализа данных			
<b>II. Участники проекта:</b>				
Роль в проекте	Количество вакантных мест	Функции участника проекта	ОПОП, на которых обучаются	Трудоемкость проекта для участника (з.е.)
Менеджер проекта	1	Общее управление проектом, планирование этапов и контроль сроков выполнения работ. Координация взаимодействия между участниками команды, распределение задач и ресурсов. Коммуникация с инициатором проекта (научным руководителем) и представление промежуточных результатов. Обеспечение соответствия разрабатываемого продукта целям и требованиям, зафиксированным в заявке.	27.04.03 Системный анализ данных и моделей принятия решений МСД25-01	2 з.е.
Системный аналитик /	2	Проведение анализа	27.04.03	2 з.е.

Исследователь		<p>существующей реализации IEEE CEC17: изучение исходного кода, математических постановок функций, выявление архитектурных и вычислительных проблем. Формулирование детализированных требований к новой системе на основе выявленных недостатков и целевых характеристик (производительность, потокобезопасность, 2переносимость). Разработка методик тестирования и валидации результатов, подготовка эталонных данных для верификации точности. Участие в интерпретации результатов численных экспериментов и подготовке научных отчетов.</p>	Системный анализ данных и моделей принятия решений МСД25-01	
Архитектор программного обеспечения	2	<p>Проектирование модульной объектно-ориентированной архитектуры библиотеки: разработка иерархии классов, определение интерфейсов, обеспечение изоляции данных и потокобезопасности. Выбор технологического стека и стандартов (C++17/20, инструменты сборки, система контроля версий) с учетом требований кроссплатформенности. Проектирование механизмов встраивания эталонных данных (матриц, смещений) в бинарный код для устранения зависимости от внешних файлов. Разработка API для интеграции с внешними алгоритмами оптимизации и вспомогательными инструментами.</p>	27.04.03 Системный анализ данных и моделей принятия решений МСД25-01	2 з.е.
Программист-разработчик (C++ Developer)	3	<p>Реализация вычислительного ядра библиотеки: написание кода всех 30 тестовых функций на современном C++ с применением оптимизаций (векторизация, предвычисление таблиц, бинарное возведение в степень). Разработка</p>	27.04.03 Системный анализ данных и моделей принятия решений МСД25-01	2 з.е.

		вспомогательных инструментов: системы автоматического тестирования (юнит-тесты), примеров использования, демонстрационных скриптов. Оптимизация производительности: профилирование кода, выявление и устранение узких мест, обеспечение эффективной работы в многопоточном режиме. Интеграция разработанных модулей, поддержка репозитория и оформление документации.		
--	--	---	--	--

Инициатор проекта  (К.Э. Гаипов, вед. науч. сотр. НЛ СТС СибГУ)  
 МП

Руководитель проекта  (Е.А. Сопов, профессор кафедры САИО ИИТК СибГУ)

СОГЛАСОВАНО:

Ответственный за проектную деятельность института ИИТК  (Е.В. Касьянова)

Директор института ИИТК  (К.В. Сафонов)

Директор института ИППТ  (М.В.Сафронов)