

Гавриленко Андрей Максимович, бакалавр
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
Gavrilenko Andrey Maksimovich
National research university of electronic technology

Рогожина Анастасия Федоровна, бакалавр
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
Rogozhina Anastasia Fedorovna
National research university of electronic technology

СОВРЕМЕННЫЕ МОДЕЛИ ПАРАЛЛЕЛИЗМА И ИХ РОЛЬ В ПОВЫШЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ MODERN MODELS OF PARALLELISM AND THEIR ROLE IN INCREASING THE PERFORMANCE OF DISTRIBUTED DIGITAL PLATFORMS

Аннотация. В статье рассматриваются современные модели параллелизма и их влияние на производительность распределённых цифровых платформ. Анализируются различия в организации многопоточности, асинхронного выполнения, параллелизма данных, параллелизма задач и потоковой обработки, а также их вклад в повышение эффективности вычислений при масштабировании систем. Особое внимание уделяется соотношению полезных вычислений и накладных расходов, определяющему способность платформы выдерживать рост нагрузки. Показано, что применение моделей параллелизма, оптимизированных для распределённой обработки данных, позволяет значительно улучшить пропускную способность, снизить задержки и повысить устойчивость цифровых экосистем.

Abstract. The article examines modern models of parallelism and their role in improving the performance of distributed digital platforms. It analyzes the differences between multithreading, asynchronous execution, data parallelism, task parallelism and stream processing, as well as their impact on computational efficiency under system scaling. Particular attention is given to the balance between useful computation and overhead, which determines a platform's ability to sustain increasing workloads. The study shows that parallelism models optimized for distributed data processing significantly enhance throughput, reduce latency and increase the resilience of digital ecosystems.

Ключевые слова: Модели параллелизма, распределённые цифровые платформы, производительность, масштабируемость, потоковая обработка, параллелизм данных, асинхронное выполнение.

Keywords: Parallelism models, distributed digital platforms, performance, scalability, stream processing, data parallelism, asynchronous execution.

Рост масштабов распределённых цифровых платформ и усложнение вычислительных задач усиливают потребность в эффективных моделях параллелизма, позволяющих повышать производительность и обеспечивать устойчивость систем под возрастающей нагрузкой. В современных условиях, когда цифровые сервисы функционируют в режиме непрерывного обмена данными и высокой степени взаимодействия компонентов, параллельное выполнение операций становится ключевым инструментом оптимизации вычислительных процессов.

Современные модели параллелизма – многопоточность, асинхронное исполнение, потоковые вычисления и распределённые вычислительные графы – формируют основу архитектурных решений для высоконагруженных платформ. Их применение позволяет уменьшать задержки, рационально распределять ресурсы и поддерживать масштабируемость систем при росте нагрузки [1].

Цель статьи заключается в анализе современных моделей параллелизма и оценке их вклада в повышение производительности распределённых цифровых платформ.



Современные модели параллелизма и их влияние на производительность

Модели параллелизма играют ключевую роль в повышении эффективности распределённых цифровых платформ, обеспечивая возможность одновременной обработки большого числа вычислительных задач. Многопоточность позволяет ускорять выполнение операций внутри одного вычислительного узла, тогда как асинхронное исполнение снижает задержки при работе с большим количеством внешних событий и сетевых операций [2]. Параллелизм данных используется в системах машинного обучения и аналитической обработки для одновременной обработки больших массивов данных, а параллелизм задач обеспечивает разделение сложных вычислений на независимые подпроцессы [3, 4]. Поточковые вычисления формируют основу высокопроизводительных платформ реального времени, позволяя обрабатывать непрерывные потоки данных с минимальной задержкой. Сравнение увеличения производительности, достигаемого при применении различных моделей параллелизма, представлено на рисунке 1.

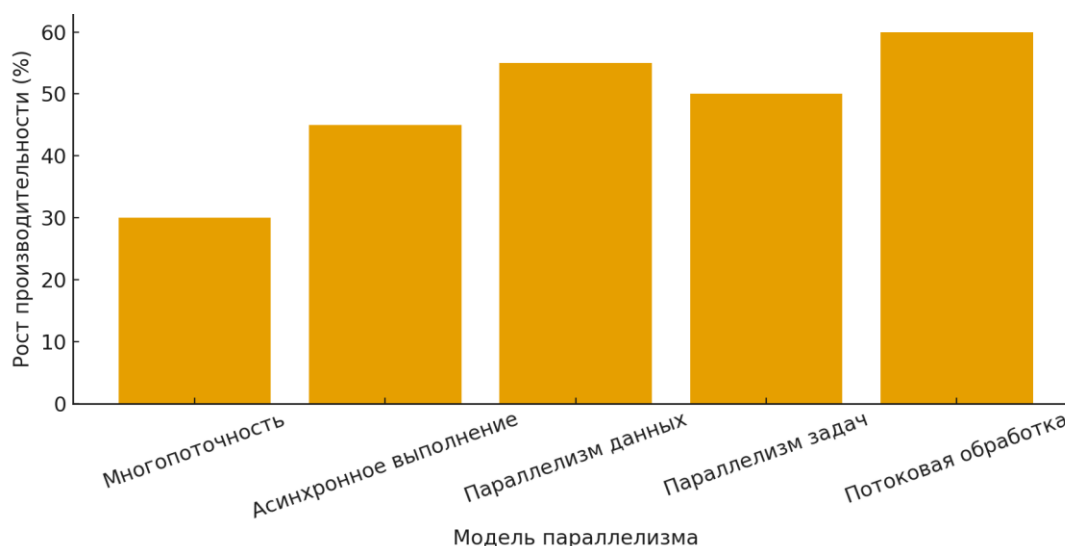


Рисунок 1 – Оценка влияния современных моделей параллелизма на производительность

Представленные данные демонстрируют, что различные модели параллелизма вносят неодинаковый вклад в повышение производительности распределённых цифровых платформ [5]. Наименьший прирост обеспечивается традиционной многопоточностью, что отражает её ограниченную эффективность в условиях высококонкурентных вычислений. Асинхронное выполнение и параллелизм задач показывают более существенное ускорение обработки, поскольку позволяют снижать задержки и перераспределять нагрузку между независимыми вычислительными единицами [6]. Наибольший рост производительности обеспечивают параллелизм данных и потоковая обработка, что связано с их способностью масштабировать обработку больших массивов информации и поддерживать непрерывные высокоскоростные вычисления. Таким образом, современные модели параллелизма, ориентированные на распределённую и потоковую обработку, обладают наибольшим потенциалом для оптимизации работы высоконагруженных цифровых платформ.

Масштабирование и эффективность распределённого выполнения

Эффективность распределённых цифровых платформ во многом определяется тем, насколько велика доля полезных вычислений по сравнению с накладными расходами, возникающими при параллельном выполнении задач [7]. Как видно на рисунке 2, различные модели параллелизма демонстрируют неодинаковую эффективность: многопоточность характеризуется высокими накладными затратами, тогда как асинхронные подходы и параллелизм задач используют ресурсы значительно рациональнее.



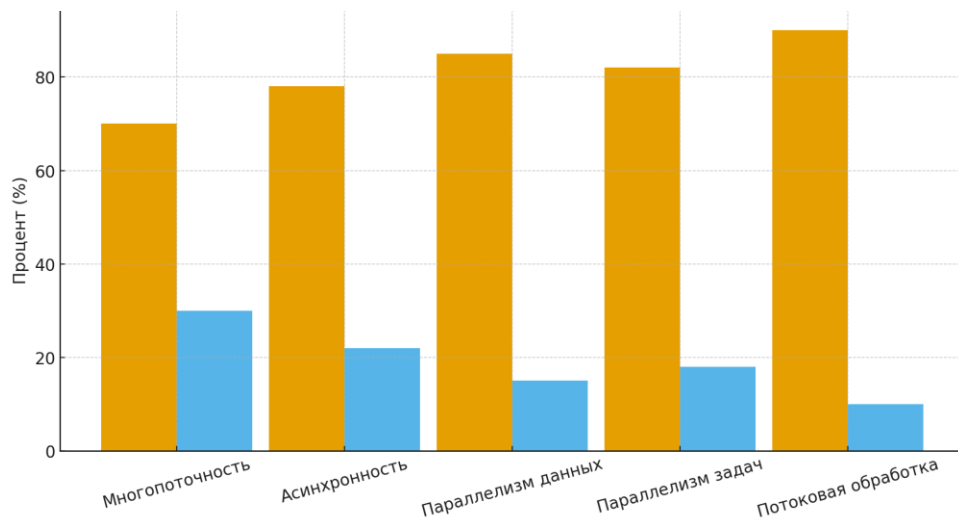


Рисунок 2 – Соотношение полезных вычислений и накладных расходов в различных моделях параллелизма

Наибольшую эффективность обеспечивают параллелизм данных и потоковая обработка, где организационные расходы минимальны, а основная часть ресурсов направлена на выполнение вычислений [8]. Это делает их наиболее перспективными для масштабируемых и высоконагруженных распределённых платформ [9].

Заключение

Проведённый анализ показывает, что современные модели параллелизма существенно различаются по эффективности использования ресурсов и степени накладных расходов, что напрямую влияет на производительность распределённых цифровых платформ. Модели, ориентированные на потоковую обработку и параллелизм данных, демонстрируют наибольший потенциал благодаря высокой доле полезных вычислений и минимальным затратам на координацию, что делает их наиболее подходящими для высоконагруженных и масштабируемых систем. Асинхронные механизмы и параллелизм задач обеспечивают хорошую адаптацию к динамическим нагрузкам и позволяют снижать задержки при обработке большого числа операций. В то же время классическая многопоточность уступает по эффективности из-за значительных накладных расходов, ограничивающих её масштабируемость в распределённых средах. Системное применение моделей параллелизма, учитывающее архитектуру платформы и характер вычислительных задач, позволяет значительно повысить производительность, устойчивость и способность цифровых экосистем реагировать на рост нагрузки.

Список литературы:

1. Филисов Д.А. Стратегии оптимизации для высоконагруженных приложений: повышение общей производительности // Вестник науки. 2023. Т. 3. № 7 (64). С. 233-257.
2. Максимов В.Ю. Прогрессивный параллелизм на практике: от классических потоков к виртуальным в Java и корутинам в Kotlin // Актуальные исследования. 2024. № 24 (206). С. 42-47. DOI: 10.5281/zenodo.11526785
3. Perera C. Optimizing Performance in Parallel and Distributed Computing Systems for Large-Scale Applications // Journal of Advanced Computing Systems. 2024. Vol. 4. № 9. P. 35-44.
4. Bogutskii A. Architecture of high-load distributed systems: the case of a web crawler // Cold Science. 2025. № 19. P. 41-52.
5. Berezhnoy A. Architectural design patterns for high-load systems: principles, tools, and scalability constraints // Professional Bulletin. Information Technology and Security. 2025. № 3/2025. P. 33-39.



6. Wu Z., Sun J., Zhang Y., Wei Z., Chanussot J. Recent developments in parallel and distributed computing for remotely sensed big data processing // Proceedings of the IEEE. 2021. Vol. 109. № 8. P. 1282-1305.
7. Baklanov I. Adaptive machine learning algorithms for stream data processing // Professional Bulletin: Information Technology and Security. 2024. № 3/2024. P. 3-7.
8. Антонов А.С., Афанасьев И.В., Воеводин В.В. Высокопроизводительные вычислительные платформы: текущий статус и тенденции развития // Вычислительные методы и программирование. 2021. Т. 22. С. 135-177.
9. Zaripova R., Mentsiev A., Perukhin M. Integrating parallelism and asynchrony for high-performance software development // E3S Web of Conferences. EDP Sciences. 2023. Vol. 460. P. 04035.

