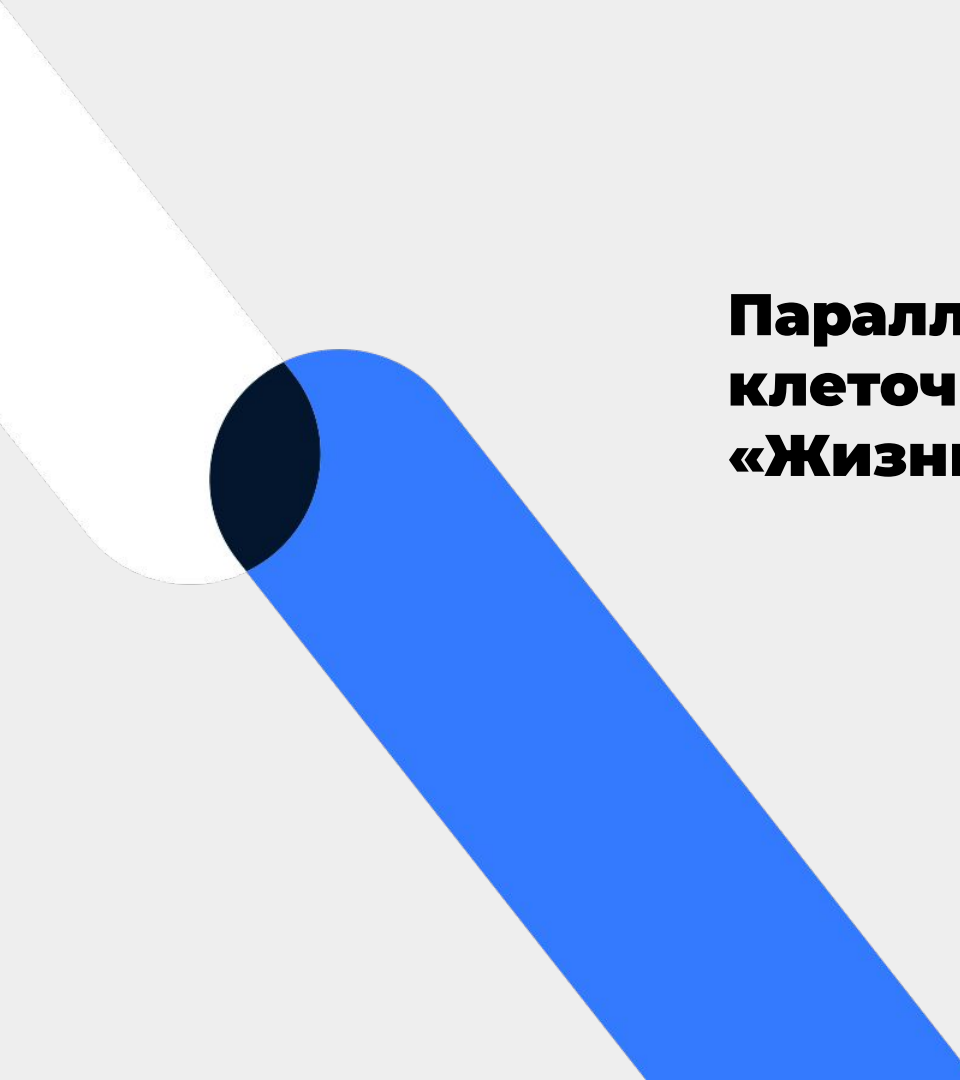




Параллельная реализация клеточного автомата «Жизнь» с использованием MPI

Смирнов Павел

Цель работы

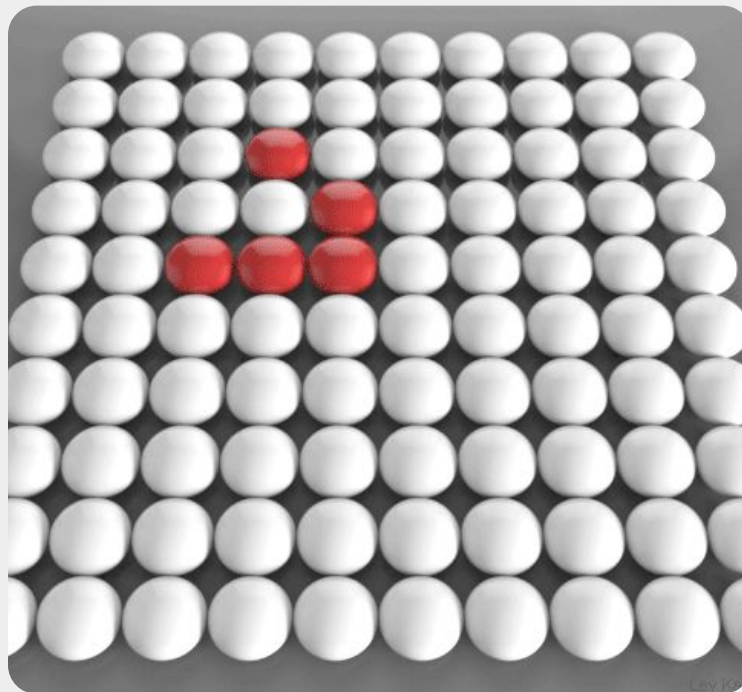
Исследование эффективности
параллельных вычислений
на примере 2D игры «Жизнь»:



Реализация алгоритма
с 2D-декомпозицией



Анализ ускорения при
разном числе процессов



Актуальность

Игра «Жизнь» — модель для изучения:



Параллельных вычислений.



Оптимизации коммуникаций
в распределённых системах.

Описание алгоритма

Правила игры (B3/S23):

- Клетка рождается при 3 соседях.
- Выживает при 2 или 3 соседях.

Особенности реализации:

- Периодические граничные условия (тор).
- Контроль стационарности состояния.
- 2D-разбиение поля между процессами.

Параллельная схема



2D-декомпозиция

Поле разбивается на блоки, распределённые по процессам (например, 4 процесса = 2×2 решётка).



Нало-обмен

Каждый процесс хранит граничные клетки соседей (толщина 1).



Коммуникации

Неблокирующие операции (``MPI_Isend``, ``MPI_Irecv``).

Реализация

Ключевые функции:

- **exchange_halo()** — обмен граничными клетками.
- **distribute_grid()** — распределение данных.
- **simulate_step()** — вычисление нового состояния.

```
life_mpi/  
├── src/      (MPI-логика, правила, работа с сеткой)  
├── include/  (заголовочные файлы)  
├── Makefile  
└── scripts/  (скрипты для тестов и визуализации)
```

Эксперименты



Методика

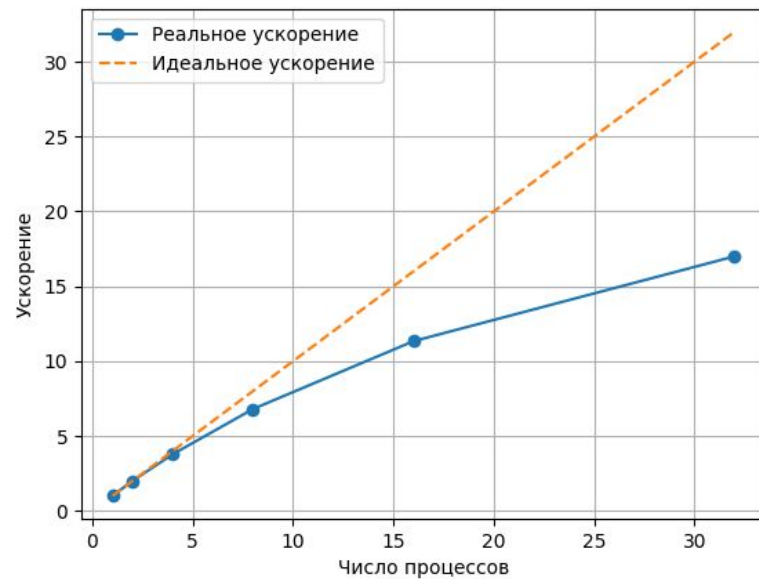
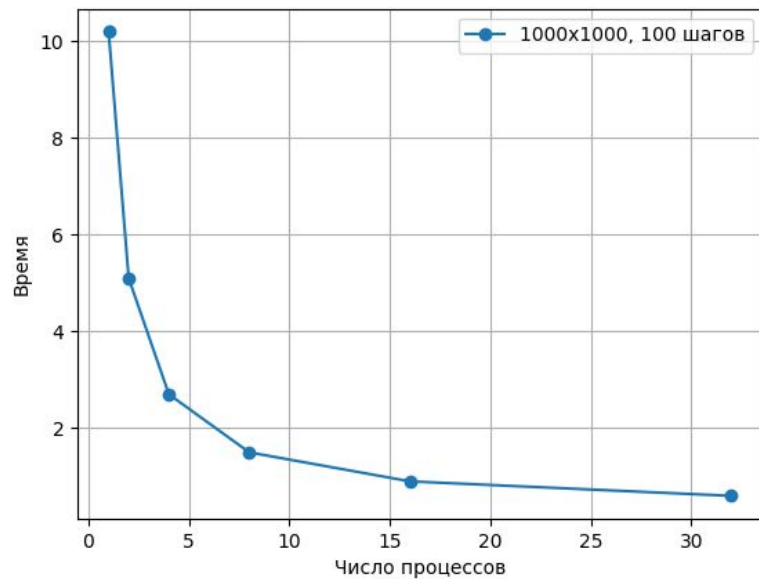
- Замер времени выполнения на 1, 2, 4, 8, 16, 32 процессах.
- Размер поля: 1000×1000 клеток, 100 итераций.



Оборудование

- Кластер

Результаты



Анализ

Проблемы

Нелинейное ускорение из-за накладных расходов на коммуникации.

Оптимизации

Уменьшение размера halo-буферов.

Оптимизации

Использование [MPI_Scatterv](#) вместо ручного распределения.

Анализ

$$S_p = \frac{T_1}{T_p}$$

$$T_p = T_{comp} + T_{comm}$$

$$T_{comp}^{(1)} = N^2 \cdot t_{calc}$$

$$T_{comp}^{(p)} = \frac{N^2}{p} \cdot t_{calc}$$

$$T_{comm} = 4 \cdot \left(\frac{N}{\sqrt{p}} \right) \cdot \beta + \alpha$$

$$T_{comm} \approx 4 \cdot \frac{N}{\sqrt{p}} \cdot \beta$$

$$\tau = \frac{t_{comm}}{t_{calc}}$$

$$S_p = \frac{p}{1 + 4 \cdot \tau \cdot \frac{\sqrt{p}}{N}}$$

Выводы



Итоги

- Достигнуто существенное ускорение.
- 2D-декомпозиция эффективна для больших полей.



Перспективы

- Реализация динамической балансировки нагрузки.
- Исследование других правил (например, B36/S23).