

**Отчет по этапам НИР, завершённым в 2017 г.
в соответствии с планом НИР института**

Приоритетное направление 1.4. «Высокопроизводительные вычисления»

Программа НИР 1.4.1. «Математическое моделирование с использованием параллельных и распределённых вычислений».

Программа НИР 1.4.1.1. «Технологии, языки высокого уровня и средства параллельной реализации задач численного моделирования на пета- и эксафлопсных супер-ЭВМ» (номер государственной регистрации 01201370230).

Научный руководитель – д.т.н. В.Э. Малышкин.

Раздел 1. «Разработка методов, алгоритмов и средств конструирования параллельных программ численного моделирования для пета- и эксафлопсных суперкомпьютеров».

Руководитель - д.т.н. В.Э. Малышкин.

Этап 2017 г. Разработать алгоритмы реализации системы LuNA для программирования неоднородных вычислительных систем, включая GRID системы.

В системе фрагментированного программирования LuNA, ориентированной на автоматическое конструирование параллельных программ численного моделирования, прикладная программа собирается из заранее заготовленных последовательных модулей. Это позволяет генерировать динамически настраиваемые на ресурсы и/или текущую ситуацию в мультикомпьютере прикладные программы. Для создания системы LuNA понадобилось разработать распределённые алгоритмы реализации, в том числе, алгоритмы динамического распределения/перераспределения распределённых ресурсов мультикомпьютера. Были разработаны два алгоритма распределения ресурсов – Rore и Patch, которые открывают возможности разрабатывать различные системы параллельного программирования. На их основе была разработана базовая версия системы LuNA, и тестировалось исполнение фрагментированных программ на неоднородных вычислителях, прошедшее успешно. Множество фрагментов вычислений рассматривается в системе LuNA как жидкость/газ, а алгоритмы Rore и Patch технологически моделируют явление диффузии на множестве фрагментов вычислений, и избыточная нагрузка в некотором узле мультикомпьютера просто переливается в соседние недогруженные узлы, ликвидируя дисбаланс нагрузки. Поэтому при использовании этих алгоритмов отпадает необходимость программировать в прикладной программе балансировку нагрузки, в том числе, и при исполнении программы на неоднородном мультикомпьютере.

Раздел 2. «Разработка и исследование клеточно-автоматных моделей нелинейной пространственной динамики с использованием технологии параллельного программирования».

Руководитель - д.т.н. О.Л. Бандман.

Этап 2017 г. Исследовать вычислительные свойства локальных и глобальных композиций клеточно-автоматных моделей. Провести вычислительные эксперименты для сравнения производительности параллельных реализаций систем клеточных автоматов.

Выполнена классификация методов синтеза глобальных операторов клеточно-автоматных моделей (КА-моделей) сложных явлений, основанная на введенной ранее количественной характеристике – стохастичности модели, равной доле случайных операций в алгоритме функционирования клеточного автомата. Выведены формулы зависимости стохастичности модели от режимов работы компонентных КА, которые показали, что получение приемлемой эффективности параллельной реализации

асинхронных КА-моделей возможно только путем введения детерминированности в алгоритм вычисления, что снижает стохастичность модели. Показано, что приемлемые значения эффективности можно получить при применении блочно-синхронного режима функционирования с размерами блоков не превышающими 100.

Полученные теоретические положения проверены путём моделирования процесса просачивания жидкости через вещество (почву), имеющее сложную пористую микроструктуру. Функционирование моделирующего стохастического трёхмерного КА размерами 700x700x1000 клеток представлено композицией глобальных операторов конвекции, испарения и диффузии. В результате выполненных серий вычислительных экспериментов на многопроцессорном кластере mvs-10П (МСЦ РАН) получены зависимости эффективности параллельной реализации от стохастичности КА-модели, которые подтвердили теоретические результаты и позволили сформулировать рекомендации по выбору параметров синтеза глобальных операторов КА.

Исследовалась параллельная программная реализация клеточно-автоматных моделей газопорошковых потоков. Проблема неравномерности загрузки устранялась путем динамической балансировки. Предложены два критерия балансировки нагрузки кластера: отношение времен выполнения задания соседними ядрами и разность этих времен. Даны рекомендации по использованию исследованных критериев.