

**Реализация на СуперЭВМ алгоритма решения обратных задач на
основе операторов чувствительности в рамках платформы
обратного моделирования IMDAF**



А.В. Пененко



Е.В. Русин



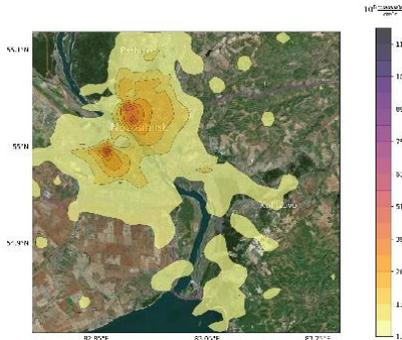
Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
г. Новосибирск, Россия

Inverse Modeling & Data Assimilation Framework (IMDAF)

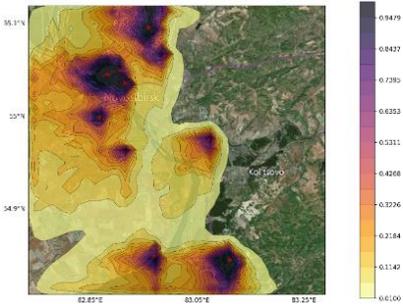
Основные задачи IMDAF



Расчёт сценариев распространения загрязнений



Оценка ненаблюдаемых параметров (источников) по данным мониторинга



Оценка, что «видят» и что «не видят» наблюдатели



Усвоение данных мониторинга (потокковая обработка)

Особенности алгоритма решения обратных задач на основе операторов чувствительности [1]

- 1. Аппарат сопряжённых уравнений позволяет унифицировано работать с различными:**
 - Системами дифференциальных уравнений
 - Типами данных измерений (data fusion)
 - Искомыми параметрами
- 2. Общая квази-линейная форма результирующих уравнений для различных постановок позволяет:**
 - Эффективно их решать
 - Оценивать, что можно найти по имеющимся данным без непосредственного решения
- 3. Использование ансамблей решений сопряженных уравнений в алгоритмах:**
 - Позволяет контролировать размерность и сложность численно решаемых задач
 - **Допускает эффективное распараллеливание**

Ранее была исследована эффективность OpenMP распараллеливания.

Задача данной работы – реализовать MPI-версию и протестировать на реалистичном сценарии.

Сценарий для проверки эффективности распараллеливания

3х-дневный сценарий

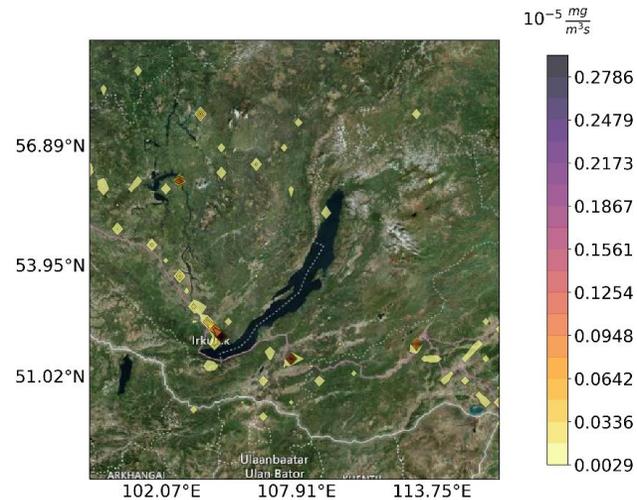
(12:00 23.07.2019 –
12:00 26.08.2019),
Поиск источника NO по
измерениям O₃,
NO_x-O₃ фотохим. цикл

N_c=5
N_x=60
N_y=57
N_t=5201

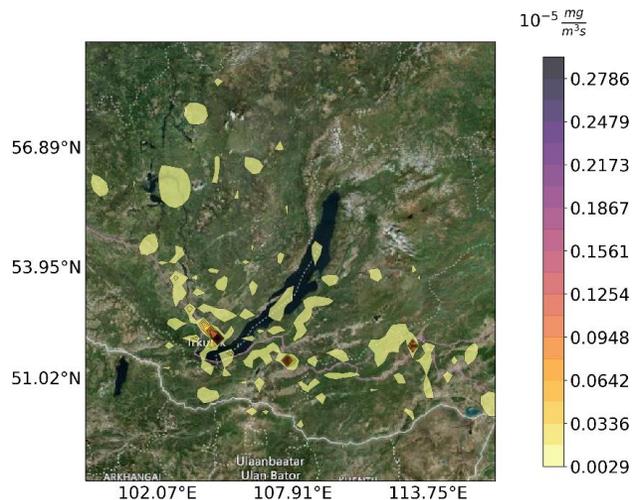
Неизвестные:
60x57=3420

Агрегаты данных: 720
(элементов ансамбля
функций чувствительности)

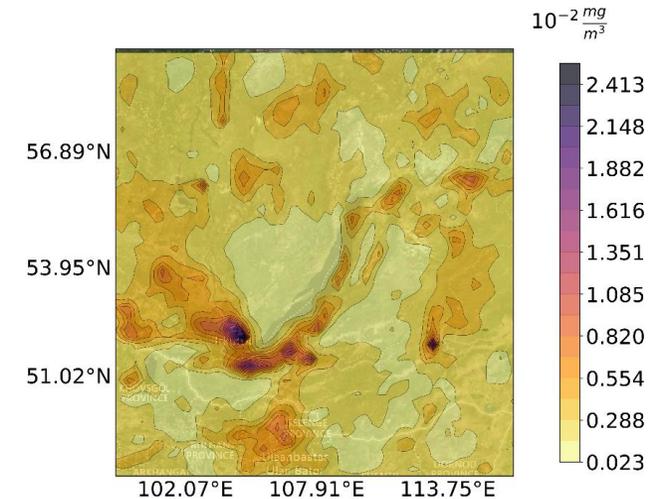
Penenko, A.; Penenko, V.; Tsvetova,
E.; Gochakov, A.; Ryanova, E. &
Konopleva, V. Sensitivity Operator
Framework for Analyzing
Heterogeneous Air Quality Monitoring
Systems Atmosphere, MDPI AG, 2021,
12, 1697



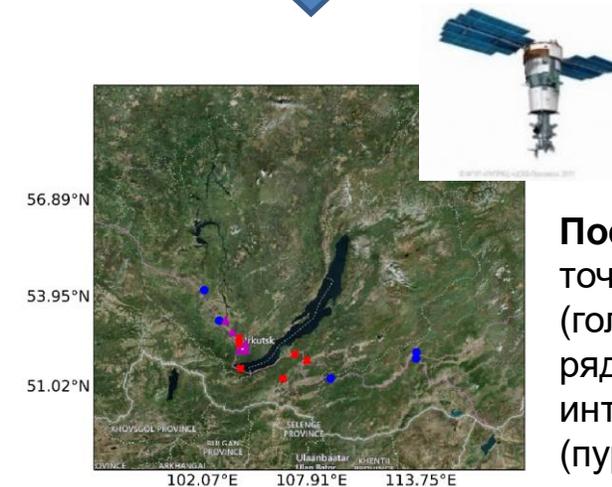
Источники загрязняют
атмосферу



Источники оцениваются по
данным измерений (IMDAF)



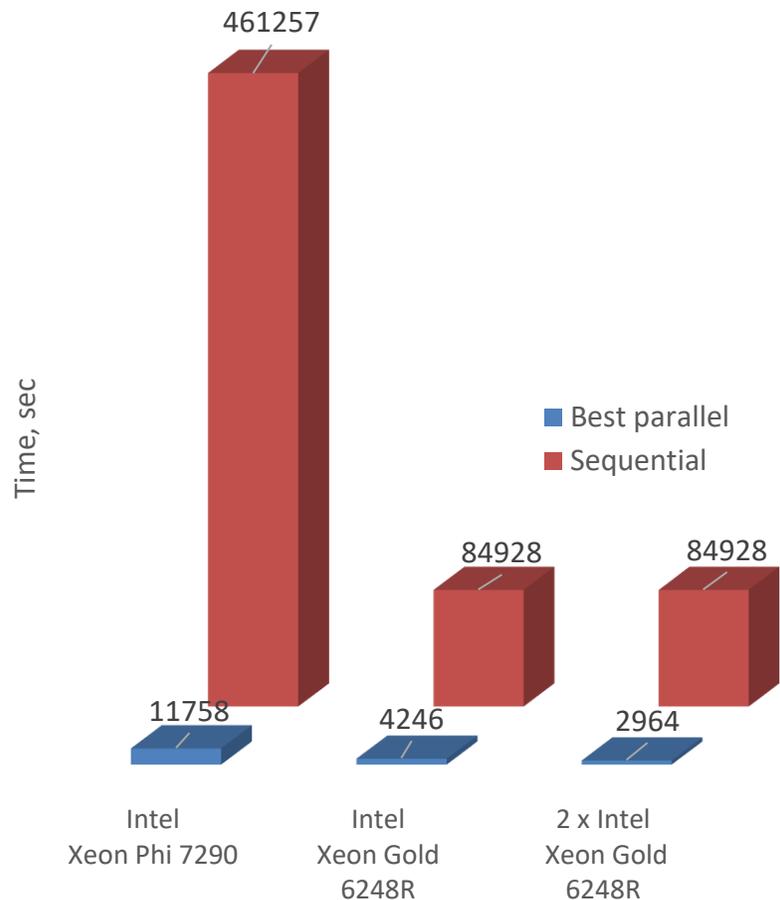
Поля концентраций
загрязняющих веществ



Посты мониторинга O₃
точечные измерения
(голубой круг), временные
ряды (красный крест),
интегралы по времени
(пурпурный треугольник).

Гетерогенные системы мониторинга
измеряют концентрации

Исследование эффективности MPI-версии



Абсолютное время решения обратной задачи в секундах. Для каждой вычислительной конфигурации приводятся время последовательного решения и минимальное время для всех рассмотренных параллельных конфигураций.

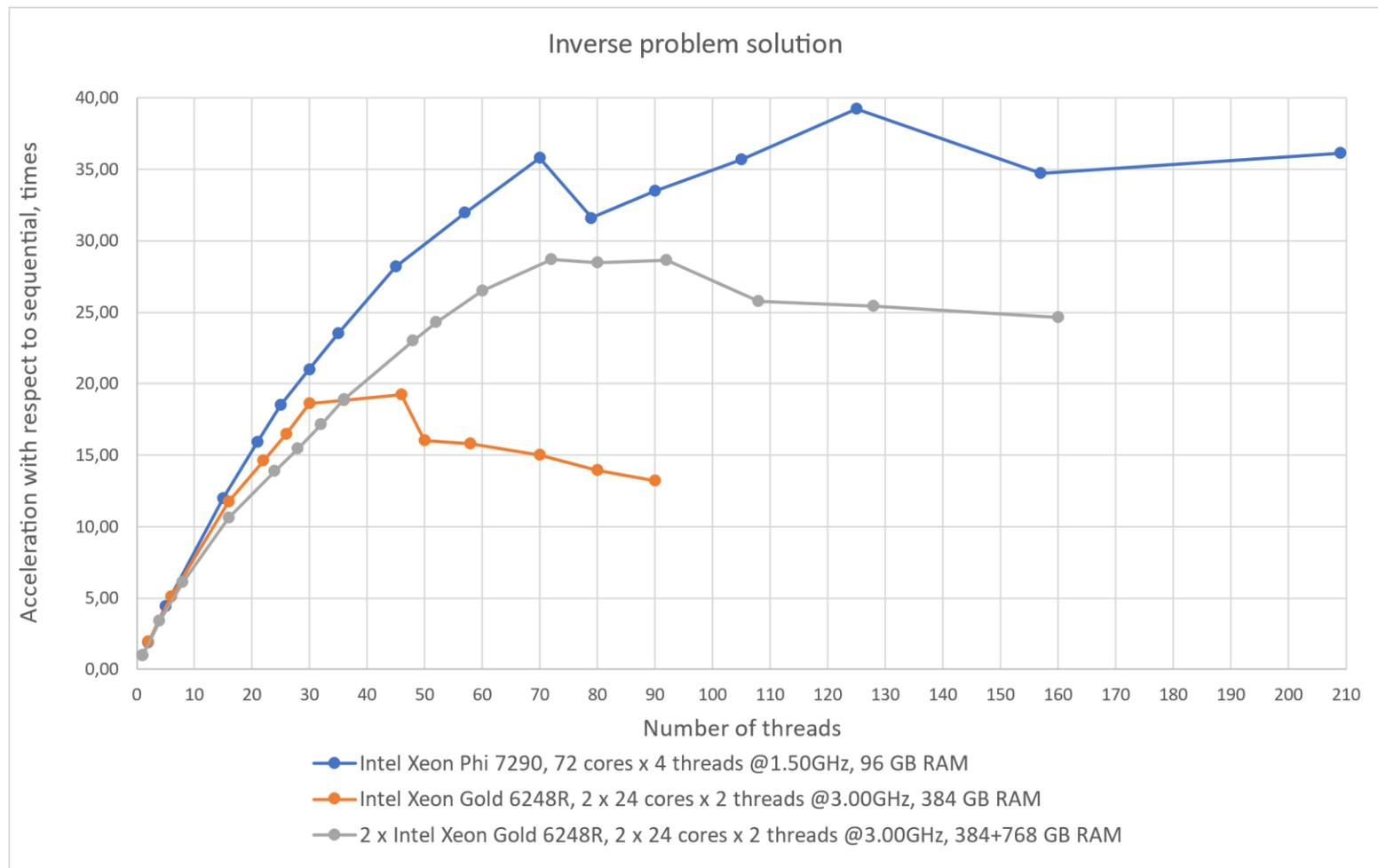


График ускорения решения обратной задачи идентификации источников относительно последовательной версии



Выводы

- Разработана MPI-версия алгоритма решения обратных задач на основе операторов чувствительности.
- Эффективность распараллеливания протестирована на реалистичном сценарии идентификации источников загрязнений в Байкальском регионе по данным разнородных измерений.
- По эффективности:
 - Минимальное абсолютное время решения задачи 2964 сек было достигнуто на 2 x Intel Xeon Gold 6248R, 2 x 24 cores x 2 threads @3.00GHz, 384+768 GB RAM на 92 нитях
 - Максимальное ускорение по сравнению с последовательной версией достигнуто на Intel Xeon Phi 7290, 72 cores x 4 threads @1.50GHz, 96 GB RAM (в 39 раз на 125 нитях)

Работа поддержана грантом № 075-15-2020-787 в форме субсидии на крупный научный проект Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект «Основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки на Байкальской природной территории»).