

УДК 004.42:004.94

ПРЕ/ПОСТ-ОБРОБКА ДАНИХ ДЛЯ СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНОГО РОЗВ'ЯЗУВАЧА NADRA-3D З ВИКОРИСТАННЯМ ВІЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

М.В. Білоус, к.ф.-м.н.

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України
maksbilous@ukr.net*

Розглядається досвід використання вільного програмного забезпечення (Blender, TetGen, ParaView) для пре/пост-обробки даних скінченно-елементного розв'язувача Nadra-3D.

Bilous M.V. Data pre/post processing for finite element solver Nadra-3D using free software. The experience of use of Blender, TetGen, ParaView software for data pre/post processing for Nadra-3D solver is considered.

Ключові слова: МЕТОД СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ПРЕ/ПОСТ-ОБРОБКА ДАНИХ, NADRA-3D

Keywords: FINITE ELEMENT METHOD, DATA PRE/POST-PROCESSING, NADRA-3D

При розробці нових математичних моделей, обчислювальних алгоритмів та побудованих на їх основі програм-розв'язувачів однією з проблем їх тестування та подальшого застосування для розв'язання практичних задач є підготовка вхідних даних – створення моделей геометрії складної структури та побудова розрахункових сіток для цих моделей.

Вирішенням проблеми може бути використання вільного програмного забезпечення. Задачею в цьому випадку стає організація сумісної роботи різних програмних систем (кожна з яких має свої формати вхідних та вихідних файлів) та автоматизація процесів конвертації та пересилання даних між ними.

В даній роботі розглянуто досвід організації сумісної роботи скінченно-елементного розв'язувача Nadra-3D та вільних програмних пакетів Blender, TetGen, ParaView.

Blender [1] – програмний пакет для створення тривимірної комп’ютерної графіки. Інструменти пакету дозволяють працювати з полігональними моделями, кривими Без’є, поверхнями NURBS. Також дозволяє написання керуючих скриптів та інструментів на мові Python. Розповсюджується під ліцензією GNU GPL. Офіційний сайт – <http://www.blender.org>.

TetGen [2] – генератор сіток триангуляції, створений в Інституті прикладного аналізу та стохастики ім. Веєрштра. Дозволяє будувати сітки тетраедрів (триангуляцію Делоне з обмеженнями) для довільної тривимірної геометрії. Розповсюджується під ліцензією Gnu Affero Public License v.3.0. Сайт проекту – <http://www.tetgen.org>.

ParaView [3] – програмний пакет для візуалізації та аналізу результатів наукових обчислень, в тому числі отриманих з використанням методу скінченних елементів. Може виконуватися як на однопроцесорних машинах, так і на багатопроцесорних системах. Пакет доступний для завантаження під ліцензією BSD з офіційного сайту <http://www.paraview.org>.

Nadra-3D [4] – Скінченно-елементний розв’язувач, створений в Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. Базові можливості:

- розв’язання задач еліптичного типу (задачі стаціонарної фільтрації, теплопровідності, пружності в двовимірних та тривимірних постановках);
- розв’язання задач параболічного типу (задачі нестаціонарної фільтрації, теплопровідності в двовимірних та тривимірних постановках);
- розв’язання задач гіперболічного типу (задачі нестаціонарної теорії пружності в двовимірних та тривимірних постановках).

Підтримуються різні алгоритми розв’язання результуючих систем лінійних алгебраїчних рівнянь з великою кількістю невідомих (порядки систем 10^6 - 10^7), які використовують паралельні обчислення та обчислення на графічних процесорах [5].

Середовище виконання – Windows або Linux з бібліотекою MPI. Для роботи частини алгоритмів необхідні графічні процесори, що підтримують технологію CUDA.

Доповнення Nadra-3D add-on для Blender. Програмний пакет Blender має потужні засоби створення моделей геометрії та

рендерингу, але при підготовці даних для скінченно-елементного розв'язувача необхідно також виконати розмітку цієї геометрії для програми триангуляції та виконати прив'язку до елементів геометрії фізичних характеристик модельованих процесів. Ці задачі і виконує доповнення Nadra-3D add-on для Blender, яке представляє собою написаний скриптовою мовою Python модуль, інтегрований до графічного середовища Blender, та набір автономних утиліт, написаних мовою C++.

За допомогою інструментів доповнення користувачем виконується наповнення бібліотеки параметрів математичної моделі, прив'язка цих параметрів до елементів геометрії, налаштування та запуск на виконання пакетів TetGen та Nadra-3D. Побудова та конвертація файлів вводу/виводу цих систем виконується в автоматичному режимі і не потребує втручання користувача. Для зберігання проміжних результатів використовується відкритий формат файлів *.ply (Stanford Triangle Format).

Аналіз результатів виконується в пакеті візуалізації наукових обчислень ParaView. Підготовка файлів даних у форматі *.vtk для цього пакету виконується вбудованими методами розв'язувача Nadra-3D.

Література

1. <http://www.blender.org>
2. TetGen, a Delaunay-based quality tetrahedral mesh generator / H. Si. //ACM Trans. on Mathematical Software. **41** (2), Article 11 (February 2015), 36 pages.
3. The ParaView Guide: A Parallel Visualization Application /Ayachit, Utkarsh // Kitware, 2015, ISBN 978-1930934306
4. Скінченно-елементний розв'язувач Надра-3D / Білоус М.В. // Матеріали II Міжнародної конференції “Кластерні обчислення - 2013”, Львів, 3-5 червня 2013 р. – С.40-47.
5. Гибридные алгоритмы решения линейных систем для конечно-элементного моделирования процессов фильтрации / Баранов А.Ю., Белоус М.В., Сергиенко И.В., Химич А.Н. // Кибернетика и системный анализ. – 2015. – Том 51, №4. – С. 112 – 120.