# IT4130E LẬP TRÌNH SONG SONG VÀ PHÂN TÁN

# PARALLEL AND DISTRIBUTED PROGRAMMING

Version: 2019.05.30

1. **THÔNG TIN CHUNG**

**GENERAL INFORMATION**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tên học phần**  **Course name:** | Lập trình song song và phân tán  *Parallel and Distributed Programming* |
| **Mã học phần**  **Code:** | IT4130E |
| **Khối lượng**  **Credit:** | 3(3-1-0-6)   * Lý thuyết - Lecture: 45 hours * Bài tập - Exercise: 15 hours |
| **Học phần tiên quyết**  **Prerequisite:** | Introduction to Programming |
| **Học phần học trước**  **Prior course:** |  |
| **Học phần song hành**  **Paralell course:** |  |

1. **MÔ TẢ HỌC PHẦN - COURSE DESCRIPTION**

***Mục tiêu:*** Môn học này giới thiệu kiến thức tổng quan về lập trình song song và phân tán, ứng dụng vào giải các bài toán hiệu năng cao, chạy trên các nền tảng tính toán song song hoặc phân tán. Nội dung môn học bao gồm các chủ đề sau: kiến trúc tính toán song song và phân tán như kiến trúc đa luồng, đa lõi hay kiến trúc tính toán trên GPU đa dụng; cách thiết kế các giải thuật tính toán song song cho các bài toán hiệu năng cao; các mô hình lập trình song song như mô hình lập trình song song đa luồng OpenMP, mô hình lập trình song song dựa trên message pasing trên nền tảng đa lõi MPI, mô hình lập trình song song đa mức đa luồng trên nền tảng GPU đa dụng CUDA; ứng dụng xây dựng các chương trình song song cho một số bài toán điển hình như tính toán ma trận, đồ thị, sắp xếp, hệ phương trình đạo hàm riêng, … Sau khóa học, sinh viên có thể tự xây dựng giải thuật và cài đặt chương trình song song dùng các mô hình lập trình song song khác nhau, áp dụng cho nhiều bài toán hiệu năng cao trong thực tế.

***Objectives:*** *This course introduces an overview of parallel and distributed programming, applying to solve high-performance problems, runing on parallel or distributed computing platforms. The course consists of following topics: parallel and distributed computational architectures such as multi-threaded architecture, multi-core computational architecture, general purpose GPUs; how to design parallel algorithms for high-performance problems; Parallel programming models such as OpenMP, MPI, CUDA; write parallel programs for several typical problems such as matrix computation, graph, sorting, partial differential equation, ... After the course, students can build algorithms themselves and write parallel program using different parallel programming models, applied to many high-performance problems in practice.*

**Nội dung:** Môn học bao gồm các chủ đề sau: kiến trúc tính toán song song và phân tán như kiến trúc đa luồng, đa lõi hay kiến trúc tính toán trên GPU đa dụng; cách thiết kế các giải thuật tính toán song song cho các bài toán hiệu năng cao; các mô hình lập trình song song như mô hình lập trình song song đa luồng OpenMP, mô hình lập trình song song dựa trên message pasing trên nền tảng đa lõi MPI, mô hình lập trình song song đa mức đa luồng trên nền tảng GPU đa dụng CUDA; ứng dụng xây dựng các chương trình song song cho một số bài toán điển hình như tính toán ma trận, đồ thị, sắp xếp, hệ phương trình đạo hàm riêng,

***Content:*** *The course consists of following topics: parallel and distributed computational architectures such as multi-threaded architecture, multi-core computational architecture, general purpose GPUs; how to design parallel algorithms for high-performance problems; Parallel programming models such as OpenMP, MPI, CUDA; write parallel programs for several typical problems such as matrix computation, graph, sorting, partial differential equation.*

1. **MỤC TIÊU VÀ CHUẨN ĐẦU RA CỦA HỌC PHẦN**

**GOAL AND OUTPUT REQUIREMENT**

Sinh viên hoàn thành học phần này có khả năng:

*After this course the student will obtain the followings:*

| **Mục tiêu/CĐR**  **Goal** | **Mô tả mục tiêu/Chuẩn đầu ra của học phần**  **Description of the goal or output requirement** | **CĐR được phân bổ cho HP/Mức độ(I/T/U)**  **Output division/Level(I/T/U)** |
| --- | --- | --- |
| **[1]** | **[2]** | **[3]** |
| **M1** | **Understand and be able to design and manage the systems which are based on Data Science** | 1.2.1, 1.2.2 |
| M1.1 | Nắm vững các kiến thức cơ bản về cấu trúc dữ liệu, giải thuật, kỹ thuật lập trình và áp dụng trong xây dựng các giải thuật song song cho các bài toán hiệu năng cao  *Understanding the basic knowledge of data structure, algorithms, programming techniques and apply in building parallel algorithms for high-performance problems* | 1.2.1 [IU] |
| M1.2 | Nắm vững kiến thức về các nền tảng tính toán hiệu năng cao như nền tảng đa luồng, nền tảng đa lõi, và kiến trúc bộ xử lý đồ họa đa dụng  *Understanding the knowledge of high-performance computing platforms such as multi-threaded platforms, multi-core platforms, and multi-use graphics processor architecture.* | 1.2.2 [IU] |
| **M2** | **Identify and manage the opportunities from Data Science to boost the existing organizations or develop new organizations** | 1.3.3, 1.3.4, 1.3.5 |
| M2.1 | Nắm vững các khái niệm về tính toán hiệu năng cao  *Understanding concepts of high performance computing* | 1.3.3 [T] |
| M2.2 | Nắm vững các mô hình lập trình song song như lập trình song song đa luồng OpenMP, lập trình song song đa lõi MPI, và lập trình song song trên bộ xử lý đồ họa đa dụng CUDA.  *Understand parallel programming models such as multi-threaded parallel programming with OpenMP, parallel multi-core using MPI programming and parallel programming on multi-purpose graphics processors with CUDA.* | 1.3.4 [TU] |
| M2.3 | Hiểu và sử dụng thành thạo các công cụ và ngôn ngữ lập trình, các framework phát triển và khung kiến trúc ứng dụng phổ biến trong xây dựng các ứng dụng nghiệp vụ, vận hành trên các nền tảng tính toán khác nhau.  *Understanding and proficient use of programming tools and languages, development frameworks and common application architecture frameworks in building business applications, operating on different computing platforms.* | 1.3.4 [TU] |
| M2.4 | Vận dụng các kiến thức học được để viết các chương trình song song cho các bài toán hiệu năng cao chạy trên các nền tảng đa luồng, đa lõi, hoặc GPU đã dụng  *Ability To write parallel programs for high-performance problems running on multi-threaded, multi-core, or GPU-based platforms* | 1.3.5 [TU] |
| **M3** | **Identify in Data Science that are able to support development in organizations** | 4.1.1; 4.1.2; 4.1.3 |
| M3.1 | Actively update and identify the most advances in Data Science | [4.1.1; 4.1.2] (T) |
| M3.2 | Identify the opportunities from Data Science to develop their organizations | [4.1.3] (U) |

1. **TÀI LIỆU HỌC TẬP**

**Toàn bộ bài giảng Slide và Handout**

**Textbook**

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Quinn, Michael J: Parallel Programming in C with MPI and OpenMP. McGraw Hill, 2004, ISBN: 0072822562, 1st Edition |
| [2] | Braunl, T., Parallel Image Processing, Springer, 2001, ISBN 3-540-67400-4 |

1. **CÁCH ĐÁNH GIÁ HỌC PHẦN - EVALUATION**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Điểm thành phần**  **Module** | **Phương pháp đánh giá cụ thể**  **Evaluation method** | **Mô tả**  **Detail** | **CĐR được đánh giá**  **Output** | **Tỷ trọng**  **Percent** |
| **[1]** | **[2]** | **[3]** | **[4]** | **[5]** |
| **A1. Điểm quá trình**  **Mid-term (\*)** | **Đánh giá quá trình *Progress*** |  |  | **40%** |
| A1.1. Bài tập về nhà  *Homework* | Chương trình  *Program* | M2.3, M2.4 | 20% |
| A1.2. Bài tập nhóm  *Capstone Project* | Chương trình và Báo cáo  *Program and Presentation* | M2.3, M2.4 | 20% |
| **A2. Điểm cuối kỳ**  **Final term** | **A2.1. Thi cuối kỳ**  ***Final exam*** | Thi viết  *Written exam* | M1.2, M2.1, M2.2, M2.3, M2.4 | **60%** |

*\* Điểm quá trình sẽ được điều chỉnh bằng cách cộng thêm điểm chuyên cần. Điểm chuyên cần có giá trị từ –2 đến +1, theo Quy chế Đào tạo đại học hệ chính quy của Trường ĐH Bách khoa Hà Nội.*

*The evaluation about the progress can be adjusted with some bonus. The bonus should belong to [-2, +1], according to the policy of Hanoi University of Science and Technology.*

1. **KẾ HOẠCH GIẢNG DẠY - SCHEDULE**

| **Tuần**  **Week** | **Nội dung**  **Content** | **CĐR học phần**  **Output** | **Hoạt động dạy và học**  **Teaching activities** | **Bài đánh giá**  **Evaluated in** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **[1]** | **[2]** | **[3]** | **[4]** | **[5]** |
| 1 | **Chapter 1:** Parallel Architectures  *1.1. Hardware platforms*  *1.2. Software platforms* | M1.1, M1.2 | Lecture | A2 |
| 2 | **Chapter 2:** Parallel Algorithm Design  *2.1. Parallel model*  *2.2. Functional parallel*  *2.3. Data parallel* | M1.1, M1.2 | Lecture | A2 |
| 3 | **Chapter** 3: Shared-memory Programming, OpenMP  *3.1. Shared memory*  *3.2. Multi-threaded programming*  *3.3. OpenMP* | M2.1 - M2.4 | Lecture, Assignment | A1, A2 |
| 4 | **Chapter** 4: Message-Passing Programming, MPI  *4.1. Distributed memory*  *4.2. Domain decomposition*  *4.3 MPI parallel programming model*  *4.4. Synchronization and communication issues in the MPI program* | M2.1 - M2.4 | Lecture | A1, A2 |
| 5 | **Chapter** 5: General purpose PGPU, CUDA  *5.1. General purpose GPU architecture*  *5.2. CUDA programming model*  *5.3. Synchronization and communication issues in the CUDA program* | M2.1 - M2.4 | Lecture, Assignment | A1, A2 |
| 6 | **Chapter** 6: Parallel model and Domain decomposition | M2.1 - M2.4 | Lecture | A1, A2 |
| 7 | **Chapter** 7: Data dependency problem, Synchronization and Communication | M2.1 - M2.4 | Lecture | A1, A2 |
| 8 | **Chapter** 8: Performance Analysis | M2.1 - M2.4 | Lecture | A1, A2 |
| 9 | **Chapter** 9: Parallel in matrix computation problems  *9.1. Numerical algorithm to solve the dense matrix problem*  *9.2.Domain decomposition methods in matrix problems*  *9.3. Write parallel programs using OpenMP, MPI, and CUDA for matrix problems* | M2.1 - M2.4 | Lecture, Assignment |  |
| 10 | **Chapter** 10: Parallel in PDE problems  *10.1. Numerical approach for PDE problems*  *10.2.Domain decomposition methods in PDE problems problems*  *10.3. Write parallel programs using OpenMP, MPI, and CUDA for PDE problems* | M2.1 - M2.4 | Lecture, Assignment | A1, A2 |
| 11 | **Chapter** 11: Parallel in graph problems  *11.1. Parallel algorithms for some graph problems*  *11.2. Write parallel programs using OpenMP, MPI, and CUDA for graph problems* | M2.1 - M2.4 | Lecture, Assignment | A1, A2 |
| 12 | **Chapter** 12: Parallel in sorting problems  *12.1. Problems when parallelizing sorting algorithms*  *12.2. Parallel algorithms in sorting problems*  *12.3. Write parallel programs OpenMP, MPI, and CUDA for the sorting problems* | M2.1 - M2.4 | Lecture, Assignment | A1, A2 |
| 13 | **Project presentation** |  |  | A1 |
| 14 | **Project presentation** |  |  | A1 |
| 15 | ***Summary*** |  |  |  |

1. **QUY ĐỊNH CỦA HỌC PHẦN - COURSE REQUIREMENT**

(The specific requirements if any)

1. **NGÀY PHÊ DUYỆT - DATE: …………………..**

|  |  |
| --- | --- |
| **Chủ tịch hội đồng**  **Committee chair** | **Nhóm xây dựng đề cương**  **Course preparation group** |

1. **QUÁ TRÌNH CẬP NHẬT - UPDATE INFORMATION**

| **STT**  **No** | **Nội dung điều chỉnh**  **Content of the update** | **Ngày tháng được phê duyệt**  **Date accepted** | **Áp dụng từ kỳ/ khóa**  **A**  **pplicable from** | **Ghi chú**  **Note** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | …………… |  |  |  |
| 2 | …………… |  |  |  |