|  |  |
| --- | --- |
| TRƯỜNG ĐẠI HỌC VĂN HIẾN | **CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM** |
| **KHOA KỸ THUẬT – CÔNG NGHỆ** | **Độc lập – Tự do – Hạnh phúc** |
|  |  |

**ĐỀ CƯƠNG CHI TIẾT HỌC PHẦN**

1. **Thông tin về học phần**
* Tên học phần: **Máy học nhúng**
* Mã học phần: ELE411
* Số tín chỉ: 3 tín chỉ (2/1/6)
* Bậc đào tạo: Đại học
* Loại học phần (bắt buộc/tự chọn): Bắt buộc
* Học phần tiên quyết/ Học phần trước: Cơ sở dữ liệu
* Đơn vị phụ trách: Khoa Kỹ thuật – Công nghệ
* Số giờ tín chỉ: 45 tiết, trong đó:
* Lý thuyết: 30 tiết (1 tín chỉ LT = 15 tiết)
* Thực hành: 30 tiết (1 tín chỉ TH = 30 tiết)
1. **Thông tin về giảng viên**

Giảng viên 1:

* Họ và tên:
* Chức danh, học vị:
* Thời gian làm việc: Giờ hành chính (8:00 -16:00)
* Địa điểm làm việc: Khoa Kỹ thuật – Công nghệ, Trường Đại học Văn Hiến
* Điện thoại:
* Email:

Giảng viên 2:

* Họ và tên:
* Chức danh, học vị:
* Thời gian làm việc: Giờ hành chính (8:00 -16:00)
* Địa điểm làm việc: Khoa Kỹ thuật – Công nghệ, Trường Đại học Văn Hiến
* Điện thoại:
1. **Tóm tắt nội dung học phần**

Học phần cung cấp kiến thức và kỹ năng tích hợp thuật toán máy học vào hệ thống nhúng, tối ưu hóa mô hình cho các thiết bị có tài nguyên hạn chế như vi điều khiển, Raspberry Pi, Jetson, hay chip SoC. Sinh viên sẽ xây dựng và triển khai mô hình trên phần cứng thực tế, sử dụng các công cụ như TensorFlow Lite, PyTorch Mobile, và tìm hiểu ứng dụng thực tế trong nhận dạng giọng nói, xử lý hình ảnh, và hệ thống IoT thông minh, qua đó nắm rõ quy trình và thách thức khi triển khai máy học trên thiết bị nhúng.

1. **Mục tiêu của học phần**

Môn học nhằm trang bị cho sinh viên kiến thức và kỹ năng cần thiết để thiết kế và phát triển các ứng dụng máy học trên hệ thống nhúng, cụ thể là Raspberry Pi. Sau khi hoàn thành môn học, sinh viên sẽ có khả năng áp dụng các thuật toán máy học vào các bài toán thực tế, từ thu thập dữ liệu, xử lý, đến triển khai mô hình trên thiết bị nhúng.

1. **Chuẩn đầu ra của học phần:**

| **Mã CĐR** | **Nội dung chuẩn đầu ra** |
| --- | --- |
| **Kiến thức** |
| CLO1 | Nắm vững các khái niệm cơ bản về hệ thống nhúng và các thuật toán máy học (hồi quy, mạng nơ-ron, học sâu). |
| CLO2 | Hiểu các phương pháp tối ưu hóa mô hình (giảm kích thước, nén dữ liệu) để triển khai trên thiết bị có tài nguyên hạn chế. |
| CLO3 | Hiểu các kiến trúc phần cứng như vi điều khiển, Raspberry Pi, Jetson, và các chip SoC, cũng như các công cụ và framework như TensorFlow Lite, PyTorch Mobile. |
| CLO4 | Hiểu các ứng dụng thực tiễn của máy học trên hệ thống nhúng như nhận dạng giọng nói, xử lý hình ảnh, và các hệ thống IoT thông minh. |
| **Kỹ năng** |
| CLO5 | Lựa chọn, tối ưu hóa và triển khai các mô hình máy học phù hợp với phần cứng nhúng. |
| CLO6 | Triển khai các mô hình máy học trên các thiết bị thực tế như Raspberry Pi, Jetson, vi điều khiển, hoặc FPGA. |
| CLO7 | Sử dụng thành thạo các framework và công cụ phát triển như TensorFlow Lite, PyTorch Mobile để tối ưu hóa và triển khai mô hình. |
| CLO8 | Xác định và xử lý các thách thức trong việc triển khai máy học trên thiết bị nhúng, đặc biệt là về hiệu năng, tài nguyên và độ chính xác. |
| **Mức độ tự chủ và trách nhiệm** |
| CLO9 | Tổ chức làm việc nhóm, tổng hợp, đánh giá và đề xuất được công việc của các cá nhân trong nhóm thông qua bài tập, bài thực hành. |
| CLO10 | Lập kế hoạch làm việc độc lập và thực hiện được bài tập sau mỗi bài học, bài thực hành. |
| CLO11 | Nghiêm túc và chăm chỉ trong học tập, mạnh dạn áp dụng các kiến thức thu được trong học tập vào ứng dụng thực tế. |

**Ma trận liên kết giữa Chuẩn đầu ra chương trình đào tạo và Chuẩn đầu ra học phần**

| **Chuẩn đầu ra** | **PLO1** | **PLO2** | **PLO3** | **PLO4** | **PLO5** | **PLO6** | **PLO7** | **PLO8** | **PLO9** | **PLO10** | **PLO11** | **PLO12** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CLO1 |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| CLO2 |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| CLO3 |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| CLO4 |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| CLO5 |  |  |  | X | X |  |  | X |  |  |  |  |
| CLO6 |  |  |  | X | X |  |  | X |  |  |  |  |
| CLO7 |  |  |  | X | X |  |  | X |  |  |  |  |
| CLO8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| CLO9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |
| CLO10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |
| CLO11 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |

***Ghi chú: PLOs*** *(ProgrammeLearningOutcomes): Chuẩn đầu ra cấp CTĐT*

 ***CLOs*** *(Course LearningOutcomes): Chuẩn đầu ra học phần*

1. **Nội dung chi tiết của học phần**

**6.1. Lý thuyết**

| **Chương** | **Nội dung** | **Đáp ứng CLOs** |
| --- | --- | --- |
| **Chương 1** | **Giới thiệu về Máy học nhúng** | **CLO1, CLO2, CLO7, CLO8, CLO9, CLO10, CLO11** |
| 1.1. | Khái niệm Embedded Machine Learning |  |
| 1.2. | So sánh giữa ML truyền thống và ML trên thiết bị nhúng |  |
| 1.3. | Ứng dụng thực tế |  |
| **Chương 2** | **Kiến trúc hệ thống nhúng và phần cứng hỗ trợ ML** | **CLO1, CLO2, CLO3, CLO5, CLO8, CLO9, CLO10, CLO11** |
| 2.1. | Các loại thiết bị nhúng phổ biến |  |
| 2.2. | Bộ công cụ và phần mềm phát triển |  |
| **Chương 3** | **Kiến thức nền tảng về học máy** | **CLO1, CLO2, CLO6, CLO7, CLO8, CLO9** |
| 3.1. | Các thuật toán cơ bản |  |
| 3.2. | Giới thiệu mạng nơ-ron nhân tạo |  |
| 3.3. | Huấn luyện mô hình |  |
| **Chương 4** | **Tối ưu mô hình cho thiết bị nhúng** | **CLO1, CLO2, CLO4, CLO7, CLO8, CLO9, CLO10, CLO11** |
| 4.1. | Các kỹ thuật nén mô hình |  |
| 4.2. | Chuyển đổi mô hình |  |
| 4.3. | Đo hiệu năng mô hình |  |
| **Chương 5** | **Công cụ hỗ trợ máy học nhúng** | **CLO1, CLO2, CLO6, CLO7, CLO8, CLO9** |
| 5.1. | TensorFlow Lite |  |
| 5.2. | PyTorch Mobile |  |
| 5.3. | Edge Impulse |  |
| **Chương 6** | **Triển khai ML vào hệ thống nhúng** | **CLO1, CLO2, CLO6, CLO7, CLO8, CLO9, CLO10, CLO11** |
| 6.1. | Luồng triển khai |  |
| 6.2. | Tương tác giữa mô hình và cảm biến |  |
| 6.3. | Kỹ thuật quản lý bộ nhớ, thời gian chạy, năng lượng tiêu thụ |  |

**6.2. Thực hành**

| **Bài** | **Nội dung** | **Đáp ứng CLOs** |
| --- | --- | --- |
| **Bài 1** | **Cài đặt môi trường và công cụ** | **CLO1, CLO2, CLO6, CLO7, CLO8, CLO9, CLO10, CLO11** |
| 1.1. | Cài đặt TensorFlow, PyTorch, TFLite, Edge Impulse Studio |  |
| 1.2. | Chuẩn bị board phần cứng |  |
| **Bài 2** | **Huấn luyện mô hình đơn giản** | **CLO1, CLO2, CLO3, CLO7, CLO8, CLO9, CLO10, CLO11** |
| 2.1. | Huấn luyện mô hình phân loại tín hiệu hoặc hình ảnh |  |
| 2.2. | Chuyển đổi mô hình sang định dạng TFLite hoặc TorchScript |  |
| **Bài 3** | **Nhúng mô hình vào Raspberry Pi** | **CLO1, CLO2, CLO6, CLO7, CLO8, CLO9, CLO10, CLO11** |
| 3.1. | Nạp mô hình đã chuyển đổi |  |
| 3.2. | Viết chương trình Python inference trên Raspberry Pi |  |
| 3.3. | Nhận diện vật thể qua camera Pi |  |
| **Bài 4** | **Nhúng mô hình vào vi điều khiển** | **CLO1, CLO2, CLO4, CLO7, CLO8, CLO9, CLO10, CLO11** |
| 4.1. | Sử dụng Edge Impulse để huấn luyện mô hình nhận diện âm thanh hoặc chuyển động |  |
| 4.2. | Xuất file C/C++ để tích hợp vào firmware |  |
| **Bài 5** | **Phân tích hiệu năng và tối ưu mô hình** | **CLO1, CLO2, CLO6, CLO7, CLO8, CLO9, CLO10, CLO11** |
| 5.1. | So sánh mô hình trước và sau quantization |  |
| 5.2. | Tối ưu lựa chọn thuật toán hoặc mô hình phù hợp |  |
| **Bài 6** | **Triển khai ứng dụng AIoT thông minh** | **CLO1, CLO2, CLO5, CLO7, CLO8, CLO9, CLO10, CLO11** |
| 6.1. | Kết hợp mô hình nhận dạng và cảm biến IoT |  |
| 6.2. | Gửi kết quả qua MQTT đến server |  |

1. **Phân bổ thời gian theo tiết và điều kiện thực hiện**

**7.1. Lý thuyết**

| **Chương** | **Tên chương** | **Số tiết tín chỉ** | **Ghi chú** |
| --- | --- | --- | --- |
| **Lý thuyết** | **Bài tập** | **Thực hành** | **Tự học** | **Tổng** |
| 1 | Giới thiệu về Máy học nhúng | 3 | 0 | 0 | 6 | 12 |  |
| 2 | Kiến trúc hệ thống nhúng và phần cứng hỗ trợ ML | 5 | 0 | 0 | 10 | 15 |  |
| 3 | Kiến thức nền tảng về học máy | 5 | 0 | 0 | 10 | 15 |  |
| 4 | Tối ưu mô hình cho thiết bị nhúng | 5 | 0 | 0 | 10 | 15 |  |
| 5 | Công cụ hỗ trợ máy học nhúng | 6 | 0 | 0 | 12 | 18 |  |
| 6 | Triển khai ML vào hệ thống nhúng | 6 | 0 | 0 | 12 | 18 |  |
| **Tổng** | **30** | **0** | **0** | **60** | **90** |  |

**7.2. Thực hành**

| **Bài** | **Tên bài** | **Số tiết tín chỉ** | **Ghi chú** |
| --- | --- | --- | --- |
| **Lý thuyết** | **Bài tập** | **Thực hành** | **Tự học** | **Tổng** |
| 1 | Cài đặt môi trường và công cụ | 0 | 0 | 5 | 10 | 15 |  |
| 2 | Huấn luyện mô hình đơn giản | 0 | 0 | 5 | 10 | 15 |  |
| 3 | Nhúng mô hình vào Raspberry Pi | 0 | 0 | 5 | 10 | 15 |  |
| 4 | Nhúng mô hình vào vi điều khiển | 0 | 0 | 5 | 10 | 15 |  |
| 5 | Phân tích hiệu năng và tối ưu mô hình | 0 | 0 | 5 | 10 | 15 |  |
| 6 | Triển khai ứng dụng AIoT thông minh | 0 | 0 | 5 | 10 | 15 |  |
| **Tổng** | **0** | **0** | **30** | **60** | **90** |  |

**CÁC CHỦ ĐỀ THẢO LUẬN VÀ TIỂU LUẬN**

1.

2.

3.

1. **Phương pháp giảng dạy**

Giảng viên giảng dạy với sự kết hợp của một số phương pháp sau:

* + Thuyết trình
	+ Đọc và tóm lược nội dung tài liệu
	+ Động não nhanh (bài tập tư duy cá nhân)
	+ Thực hành thí nghiệm
	+ Trình bày trực quan
	+ Giao bài đọc về nhà
	+ Hướng dẫn tự học
	+ Thảo luận nhóm

**Ma trận liên kết giữa Chuẩn đầu ra với phương pháp giảng dạy**

| **Phương pháp giảng dạy** | **CLO1** | **CLO2** | **CLO3** | **CLO4** | **CLO5** | **CLO6** | **CLO7** | **CLO8** | **CLO9** | **CLO10** | **CLO11** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Thuyết trình | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Đọc và tóm lược nội dung tài liệu | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Động não nhanh (bài tập tư duy cá nhân) | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Thực hành thí nghiệm | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Trình bày trực quan | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Giao bài đọc về nhà | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Hướng dẫn tự học | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Thảo luận nhóm | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

1. **Phương pháp học tập**

Sinh viên học tập với sự kết hợp của một số phương pháp sau:

* + Thuyết trình
	+ Làm việc nhóm
	+ Tự học, tự nghiên cứu
	+ Làm thí nghiệm theo nhóm
	+ Tìm kiếm thông tin/tài liệu

**Ma trận liên kết giữa Chuẩn đầu ra với phương pháp học tập**

| **Phương pháp học tập** | **CLO1** | **CLO2** | **CLO3** | **CLO4** | **CLO5** | **CLO6** | **CLO7** | **CLO8** | **CLO9** | **CLO10** | **CLO11** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Thuyết trình | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Làm việc nhóm | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Tự học, tự nghiên cứu | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Làm thí nghiệm theo nhóm | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Tìm kiếm thông tin/tài liệu | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

1. **Nhiệm vụ của sinh viên**
	1. - Chủ động tổ chức thực hiện giờ tự học.
	2. - Tham gia đầy đủ các giờ lên lớp và giờ thuyết trình (sinh viên chỉ được vắng mặt tối đa 20% thời gian lên lớp của học phần).
	3. - Đọc tài liệu tham khảo bắt buộc và bổ trợ do giảng viên giới thiệu.
	4. - Hoàn thành đầy đủ các bài tập cá nhân, bài tập nhóm.
	5. - Tham gia kỳ thi kết thúc học phần.
2. **Thang điểm đánh giá:** Điểm đánh giá quá trình và điểm thi kết thúc học phần được chấm theo thang điểm 10 (từ 0 đến 10), làm tròn đến 1 chữ số thập phân.
3. **Phương pháp kiểm tra, đánh giá kết quả học tập**

Sinh viên được đánh giá kết quả học tập trên cơ sở hai điểm thành phần như sau:

1. *Điểm đánh giá quá trình: trọng số 40% bao gồm:*
	1. Điểm chuyên cần: trọng số 10%
	2. Điểm kiểm tra giữa kỳ: trọng số 30%
2. *Điểm thi kết thúc học phần: trọng số 60%*

Hình thức thi: Tự luận viết/Báo cáo thực hành

**Ma trận quan hệ giữa Chuẩn đầu ra và phương pháp kiểm tra, đánh giá**

| **Hình thức đánh giá** | **CLO1** | **CLO2** | **CLO3** | **CLO4** | **CLO5** | **CLO6** | **CLO7** | **CLO8** | **CLO9** | **CLO8** | **CLO9** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Báo cáo thực hành | X | X | X | X | X | X | X | X | X |  |  |
| Tự luận viết | X | X | X | X | X | X | X | X | X |  |  |
| Thuyết trình | X | X | X | X | X | X | X | X | X |  |  |
| Dự lớp |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X | X |

1. **Tài liệu phục vụ cho học phần**

**13.1. Tài liệu chính**

- Simon Monk, (2021), Programming the Raspberry Pi, McGraw-Hill Education.

- Pete Warden, Daniel Situnayake, (2019), TinyML: Machine Learning with TensorFlow Lite on Arduino and Ultra-Low-Power Microcontrollers, O'Reilly Media.

**13.2. Tài liệu tham khảo**

**-** Simon Monk (Author) (2023), Raspberry Pi Cookbook, O'Reilly Media.

- Saleh Abdel-Ghaffar, (2018), Mastering Machine Learning on Embedded Systems, Packt Publishing.

*TP.Hồ Chí Minh, ngày 29 tháng 09 năm 2024*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **HIỆU TRƯỞNG****PGS.TS. Nguyễn Minh Đức** | **Trưởng khoa/Bộ môn****TS. Đinh Thị Thủy** | **Giảng viên biên soạn** |