BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC THĂNG LONG**

**A red and blue logo

AI-generated content may be incorrect.**

**BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN**

**MÔN TRÍ TUỆ NHÂN TẠO VÀ CÔNG NGHỆ TRI THỨC**

**XÂY DỰNG MÔ HÌNH XE TỰ LÁI**

**GIÁO VIÊN HƯỚNG DẪN: Ngô Mạnh Cường**

**SINH VIÊN THỰC HIỆN: A44526 Vương Hoàng Giang**

**HÀ NỘI – 2025**

**LỜI MỞ ĐẦU**

Trong thế giới hiện đại, máy học (Machine Learning) đang đóng vai trò quan trọng hơn bao giờ hết trong nhiều lĩnh vực khác nhau như: di truyền học, thị giác máy tính, nhận diện giọng nói, xử lý ngôn ngữ tự nhiên, robot, dự đoán thị trường chứng khoán,… Máy học cũng hiện hữu rất nhiều trong đời sống hằng ngày như: Facebook sử dụng máy học để đề xuất kết bạn hay Google sử dụng máy học làm nền tảng cho công cụ tìm kiếm của họ.

Trong ngành công nghiệp ô tô cũng như giới học thuật đã tiến hành rất nhiều nghiên cứu liên quan đến xe tự lái. Xe tự lái là một chủ đề thú vị, nó có tiềm năng mang lại nhiều lợi ích cho xã hội như: giảm tai nạn giao thông, giảm ùn tắc giao thông,… Theo báo cáo từ NHTSA, hơn 90% các vụ va chạm ô tô xảy ra do lỗi của người lái xe. Và những thương vong trên có thể giảm thiểu tối đa bằng cách triển khai các tính năng tự động trong ô tô. Do đó, xe tự hành trở thành một phương tiện có khả năng giúp con người tránh được những thương vong đáng tiếc và hiện đang được phát triển bởi nhiều công ty. Với mong muốn tìm hiểu và phát triển công nghệ mới này, tôi thực hiện nghiên cứu đề tài: “Xây dựng mô hình xe tự lái”. Trong đề tài này, tôi xây dựng mô hình xe có thể dự đoán góc lái để giúp xe bám theo làn đường dựa vào hình ảnh được chụp từ camera gắn trên xe.

**MỤC LỤC**

[CHƯƠNG 1. Tổng quan về đề tài 4](#_Toc201188670)

[1.1. Tổng quan về xe tự hành 4](#_Toc201188671)

[1.1.1. Định nghĩa và khái niệm 4](#_Toc201188672)

[1.1.2. Lịch sử phát triển 4](#_Toc201188673)

[1.1.3. Phân loại mức độ tự động 4](#_Toc201188674)

[1.1.4. Công nghệ cốt lõi 5](#_Toc201188675)

[1.1.5. Ứng dụng và lợi ích 6](#_Toc201188676)

[1.1.6. Thách thức và hạn chế 6](#_Toc201188677)

[1.1.7. Tình hình phát triển hiện tại 7](#_Toc201188678)

[1.2. NỘI DUNG ĐỀ TÀI 7](#_Toc201188679)

[1.3. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI 8](#_Toc201188680)

[CHƯƠNG 2. Cơ sở lý thuyết 9](#_Toc201188681)

[2.1. Giới thiệu về xe tự hành 9](#_Toc201188682)

[2.2. Tổng quan về trí tuệ nhân tạo 9](#_Toc201188683)

[2.2.1. Trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence - AI) 9](#_Toc201188684)

[2.2.2. Machine Learning (Học máy) 10](#_Toc201188685)

[2.2.3. Deep Learning (Học sâu) 10](#_Toc201188686)

[2.2.4. Lý thuyết cơ bản về hình ảnh 10](#_Toc201188687)

[2.2.5. CNN (Convolutional Neural Network) 11](#_Toc201188688)

[2.2.6. OpenCV 11](#_Toc201188689)

[2.2.7. TensorFlow 12](#_Toc201188690)

[2.2.8. Keras 12](#_Toc201188691)

[CHƯƠNG 3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU 13](#_Toc201188692)

[3.1. Giới thiệu Udacity Simulator 13](#_Toc201188693)

[3.2. Quy trình thực hiện 13](#_Toc201188694)

[3.2.1. Thu thập dữ liệu 13](#_Toc201188695)

[3.2.2. Tiền xử lý dữ liệu 13](#_Toc201188696)

[3.2.3. Tăng cường dữ liệu (Data Augmentation) 14](#_Toc201188697)

[3.2.4. Xây dựng mô hình học sâu 14](#_Toc201188698)

[3.2.5. Sinh dữ liệu huấn luyện theo batch 14](#_Toc201188699)

[CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ 16](#_Toc201188700)

[4.1. Môi trường thực nghiệm 16](#_Toc201188701)

[4.2. Quá trình huấn luyện 16](#_Toc201188702)

[4.3. Kiểm thử mô hình 17](#_Toc201188703)

[4.4. Đánh giá kết quả 17](#_Toc201188704)

[CHƯƠNG 5. Kết luận và hướng phát triển 18](#_Toc201188705)

[5.1. Kết luận 18](#_Toc201188706)

[5.2. Hạn chế của đề tài 18](#_Toc201188707)

[5.3. Hướng phát triển trong tương lai 18](#_Toc201188708)

[5.3.1. Mở rộng tập dữ liệu 19](#_Toc201188709)

[5.3.2. Kết hợp nhiều cảm biến 19](#_Toc201188710)

[5.3.3. Ứng dụng mạng hồi tiếp (RNN, LSTM) 19](#_Toc201188711)

[5.3.4. Triển khai mô hình thực tế 19](#_Toc201188712)

[5.3.5. Phân tích và giám sát an toàn 19](#_Toc201188713)

# Tổng quan về đề tài

## Tổng quan về xe tự hành

### Định nghĩa và khái niệm

Xe tự hành (Autonomous Vehicle - AV), còn được gọi là xe tự lái hoặc xe không người lái, là phương tiện giao thông có khả năng di chuyển và hoạt động mà không cần sự can thiệp trực tiếp của con người. Xe tự hành sử dụng hệ thống cảm biến, camera, radar, lidar và các thuật toán trí tuệ nhân tạo để nhận thức môi trường xung quanh, đưa ra quyết định và điều khiển phương tiện một cách tự động.

### Lịch sử phát triển

* **Giai đoạn sơ khai (1920s-1950s):**
* Những thí nghiệm đầu tiên về xe điều khiển từ xa.
* Nghiên cứu về hệ thống dẫn đường tự động trên đường cao tốc.
* **Giai đoạn phát triển (1960s-1980s):**
* Các dự án nghiên cứu đầu tiên tại các trường đại học như Stanford và Carnegie Mellon.
* Phát triển các hệ thống hỗ trợ lái xe cơ bản.
* **Giai đoạn bứt phá (1990s-2000s):**
* DARPA Grand Challenge (2004, 2005) - các cuộc thi xe tự lái đầu tiên.
* Sự xuất hiện của Google Self-Driving Car Project (2009).
* **Giai đoạn thương mại hóa (2010s-hiện tại):**
* Các tập đoàn ô tô lớn đầu tư mạnh vào công nghệ xe tự hành.
* Sự phát triển của các startup công nghệ như Waymo, Tesla, Uber.
* Thử nghiệm xe tự hành trên quy mô thương mại.

### Phân loại mức độ tự động

Theo tiêu chuẩn SAE International (Society of Automotive Engineers), xe tự hành được phân thành 6 cấp độ:

* Cấp độ 0 - Không tự động:
* Người lái kiểm soát hoàn toàn phương tiện
* Có thể có các hệ thống cảnh báo nhưng không can thiệp vào việc lái xe
* Cấp độ 1 - Hỗ trợ lái xe:
* Hệ thống hỗ trợ một chức năng cụ thể (cruise control, lane keeping)
* Người lái vẫn phải giám sát và kiểm soát phần lớn các hoạt động
* Cấp độ 2 - Tự động hóa một phần:
* Hệ thống có thể điều khiển cả tay lái và tốc độ đồng thời
* Người lái phải luôn sẵn sàng can thiệp (Tesla Autopilot, Mercedes Drive Pilot)
* Cấp độ 3 - Tự động hóa có điều kiện:
* Xe có thể tự lái hoàn toàn trong điều kiện nhất định
* Người lái cần sẵn sàng tiếp quản khi được yêu cầu
* Cấp độ 4 - Tự động hóa cao:
* Xe tự lái hoàn toàn trong hầu hết các tình huống
* Không cần sự can thiệp của người lái trong phạm vi hoạt động định trước
* Cấp độ 5 - Tự động hóa hoàn toàn:
* Xe có thể tự lái trong mọi điều kiện mà con người có thể lái
* Không cần tay lái, bàn đạp hay sự can thiệp của con người

### Công nghệ cốt lõi

* Hệ thống cảm biến:
* Camera: Thu thập thông tin hình ảnh, nhận dạng biển báo, làn đường
* LiDAR: Tạo bản đồ 3D chi tiết của môi trường xung quanh
* Radar: Phát hiện vật thể, đo khoảng cách và vận tốc
* Ultrasonic: Hỗ trợ đỗ xe và phát hiện vật cản gần
* Xử lý dữ liệu và AI:
* Computer Vision: Xử lý và phân tích hình ảnh từ camera
* Machine Learning: Học hỏi từ dữ liệu để cải thiện hiệu suất
* Deep Learning: Mạng nơ-ron sâu để nhận dạng và dự đoán
* Sensor Fusion: Kết hợp dữ liệu từ nhiều cảm biến
* Hệ thống điều khiển:
* Path Planning: Lập kế hoạch đường đi tối ưu
* Motion Control: Điều khiển tay lái, ga, phanh
* Vehicle-to-Everything (V2X): Giao tiếp với hạ tầng và xe khác

### Ứng dụng và lợi ích

* Lợi ích về an toàn:
* Giảm thiểu tai nạn do lỗi con người (chiếm ~94% tổng số tai nạn)
* Phản ứng nhanh hơn và chính xác hơn trong tình huống khẩn cấp
* Không bị ảnh hưởng bởi mệt mỏi, say xỉn, mất tập trung
* Lợi ích về hiệu quả:
* Tối ưu hóa lưu lượng giao thông và giảm ùn tắc
* Tiết kiệm nhiên liệu thông qua lái xe hiệu quả
* Chia sẻ phương tiện và giảm số lượng xe cần thiết
* Lợi ích xã hội:
* Tạo khả năng di chuyển cho người già, khuyết tật
* Giảm nhu cầu bãi đỗ xe trong đô thị
* Tạo cơ hội phát triển các dịch vụ mới

### Thách thức và hạn chế

* Thách thức kỹ thuật:
* Xử lý các tình huống phức tạp và không lường trước
* Hoạt động trong điều kiện thời tiết xấu
* Nhận dạng chính xác các vật thể và ý định của người đi bộ
* Thách thức pháp lý và đạo đức:
* Quy định pháp luật và trách nhiệm khi xảy ra tai nạn
* Các quyết định đạo đức trong tình huống dylimma
* Bảo mật dữ liệu và quyền riêng tư
* Thách thức kinh tế và xã hội:
* Chi phí phát triển và triển khai cao
* Ảnh hưởng đến việc làm của tài xế chuyên nghiệp
* Sự chấp nhận của công chúng và niềm tin vào công nghệ

### Tình hình phát triển hiện tại

* Trên thế giới:
* Waymo (Google): Dẫn đầu trong công nghệ xe tự hành cấp độ 4
* Tesla: Tiên phong trong việc triển khai tính năng tự lái cho người tiêu dùng
* General Motors Cruise: Thử nghiệm taxi tự lái tại San Francisco
* Các hãng xe truyền thống (BMW, Mercedes, Audi) đầu tư mạnh vào R&D
* Tại Việt Nam:
* VinFast hợp tác với các công ty công nghệ quốc tế
* Các trường đại học nghiên cứu về xe tự hành quy mô nhỏ
* Chính phủ đang xây dựng khung pháp lý cho xe tự hành
* Một số startup công nghệ địa phương bắt đầu tham gia lĩnh vực này

## NỘI DUNG ĐỀ TÀI

Đề tài tập trung vào việc xây dựng một hệ thống mô phỏng điều khiển xe tự hành dựa trên ảnh đầu vào được thu thập từ camera gắn phía trước xe. Ảnh này sẽ được xử lý bởi một mô hình học sâu để đưa ra góc lái phù hợp giúp xe di chuyển theo làn đường một cách ổn định và an toàn.

Các nội dung chính của đề tài bao gồm:

* Nghiên cứu tổng quan về xe tự hành và các công nghệ nền tảng hỗ trợ.
* Tìm hiểu và ứng dụng các kỹ thuật trong lĩnh vực trí tuệ nhân tạo, đặc biệt là Deep Learning.
* Thu thập, xử lý và phân tích dữ liệu ảnh đầu vào cùng với góc lái tương ứng.
* Xây dựng mô hình học sâu dựa trên mạng CNN (dựa theo kiến trúc Nvidia).
* Huấn luyện mô hình trên dữ liệu được xử lý và đánh giá hiệu quả dự đoán góc lái.
* Kiểm thử hệ thống mô phỏng điều khiển xe tự lái trong môi trường thực tế ảo hoặc video thực tế.
* Phân tích kết quả, đánh giá độ chính xác và khả năng tổng quát hóa của mô hình.

Ngoài ra, đề tài cũng áp dụng các kỹ thuật data augmentation nhằm tăng độ đa dạng dữ liệu, tránh hiện tượng overfitting, từ đó cải thiện hiệu suất của mô hình.

## MỤC TIÊU ĐỀ TÀI

Mục tiêu chính của đề tài là xây dựng một mô hình học sâu có khả năng dự đoán chính xác góc lái xe từ ảnh đầu vào, góp phần mô phỏng quá trình điều khiển xe tự hành trong thực tế. Cụ thể:

* **Hiểu rõ nguyên lý hoạt động của hệ thống xe tự hành**, đặc biệt là các hệ thống dự đoán góc lái dựa trên hình ảnh.
* **Ứng dụng mạng nơ-ron tích chập (CNN)** trong việc xử lý ảnh và dự đoán hành vi điều khiển của xe.
* **Xây dựng tập dữ liệu góc lái phù hợp**, tiền xử lý và cân bằng dữ liệu để mô hình học hiệu quả hơn.
* **Huấn luyện và tối ưu mô hình** để có thể đưa ra các dự đoán chính xác trong nhiều điều kiện đường sá.
* **Thử nghiệm hệ thống mô phỏng** để kiểm chứng khả năng ứng dụng trong thực tế.

# Cơ sở lý thuyết

## Giới thiệu về xe tự hành

Xe tự hành là hệ thống phương tiện giao thông có khả năng vận hành một cách tự động mà không cần người điều khiển trực tiếp. Thay vào đó, xe sử dụng kết hợp các công nghệ như cảm biến, thị giác máy tính, GPS, bản đồ số, và đặc biệt là trí tuệ nhân tạo để nhận diện, dự đoán và phản ứng với môi trường xung quanh.

Các chức năng quan trọng của xe tự hành bao gồm:

* Nhận diện làn đường và phương tiện xung quanh.
* Dự đoán hành vi các phương tiện và người đi bộ.
* Lập kế hoạch đường đi và tránh chướng ngại vật.
* Điều khiển lái, ga, phanh để di chuyển an toàn.

Xe tự hành được kỳ vọng sẽ mang lại nhiều lợi ích như giảm tai nạn giao thông, giảm ùn tắc, tiết kiệm năng lượng và nâng cao hiệu quả di chuyển. Để đạt được điều này, hệ thống điều khiển xe phải được tích hợp chặt chẽ giữa phần cứng (cảm biến, camera, máy tính nhúng) và phần mềm (thuật toán AI, xử lý ảnh, điều khiển thông minh).

## Tổng quan về trí tuệ nhân tạo

### Trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence - AI)

Trí tuệ nhân tạo là ngành khoa học máy tính chuyên nghiên cứu về cách để máy móc có thể mô phỏng hành vi thông minh như con người. Mục tiêu của AI là xây dựng các hệ thống có thể:

* Học hỏi từ dữ liệu.
* Phân tích tình huống và đưa ra quyết định.
* Thích nghi với các thay đổi trong môi trường.
* Tự động hóa các tác vụ phức tạp.

AI được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như y tế, tài chính, sản xuất, và đặc biệt là trong giao thông vận tải với các hệ thống như xe tự hành, hệ thống điều khiển thông minh, và quản lý giao thông.

### Machine Learning (Học máy)

Machine Learning là một nhánh con của AI, trong đó máy tính có khả năng học từ dữ liệu mà không cần được lập trình tường minh. Thay vì viết ra từng bước để giải quyết một bài toán, ta cung cấp dữ liệu và để máy "tự học" mô hình giải quyết từ dữ liệu đó.

Các phương pháp học máy phổ biến:

* **Học có giám sát (Supervised Learning)**: Mô hình học từ dữ liệu có nhãn, ví dụ: ảnh và góc lái tương ứng.
* **Học không giám sát (Unsupervised Learning)**: Phân nhóm hoặc phát hiện mẫu trong dữ liệu không có nhãn.
* **Học tăng cường (Reinforcement Learning)**: Mô hình học từ tương tác với môi trường và phần thưởng nhận được.

Trong xe tự hành, học máy được ứng dụng để nhận diện làn đường, phát hiện chướng ngại vật, dự đoán chuyển động của các phương tiện khác, và đưa ra quyết định lái xe phù hợp.

### Deep Learning (Học sâu)

Deep Learning là một lĩnh vực con của học máy, trong đó sử dụng các mạng nơ-ron nhân tạo nhiều lớp (deep neural networks) để mô hình hóa và học từ dữ liệu phức tạp. Deep Learning đặc biệt hiệu quả trong xử lý ảnh, âm thanh, và dữ liệu chuỗi.

Điểm nổi bật của Deep Learning là khả năng tự động trích xuất đặc trưng (feature extraction) từ dữ liệu đầu vào, giúp giảm thiểu nhu cầu về xử lý thủ công.

Trong bài toán xe tự hành, Deep Learning – đặc biệt là các mô hình **CNN (Convolutional Neural Network)** – được dùng để:

* Phân tích ảnh đầu vào từ camera.
* Dự đoán góc lái dựa trên ảnh.

### Lý thuyết cơ bản về hình ảnh

Hình ảnh trong máy tính được biểu diễn dưới dạng ma trận các điểm ảnh (pixels). Mỗi điểm ảnh mang thông tin về độ sáng và màu sắc. Với ảnh màu, mỗi pixel thường có 3 giá trị đại diện cho các kênh màu: đỏ (R), lục (G) và lam (B), gọi là ảnh RGB.

Một số khái niệm cơ bản:

* **Độ phân giải (resolution)**: Số lượng điểm ảnh theo chiều rộng và chiều cao.
* **Ảnh grayscale**: Ảnh chỉ chứa thông tin độ sáng (1 kênh thay vì 3 kênh RGB).
* **Histogram (lược đồ màu)**: Phân bố tần suất các mức độ sáng, dùng để cân bằng hoặc tăng độ tương phản ảnh.

Trong hệ thống xe tự hành, hình ảnh từ camera được xử lý để:

* Phát hiện làn đường.
* Nhận diện chướng ngại vật.
* Dự đoán tình huống giao thông.

Việc xử lý ảnh là bước đầu tiên và quan trọng giúp mô hình học sâu hoạt động hiệu quả.

### CNN (Convolutional Neural Network)

Mạng nơ-ron tích chập (CNN) là một loại mạng nơ-ron đặc biệt được thiết kế để xử lý dữ liệu có cấu trúc lưới, chẳng hạn như ảnh. CNN được sử dụng rộng rãi trong thị giác máy tính vì khả năng tự động học các đặc trưng từ ảnh mà không cần trích xuất thủ công.

Cấu trúc cơ bản của CNN gồm các lớp chính:

* **Lớp tích chập (Convolutional Layer)**: Áp dụng các bộ lọc (filters/kernels) để trích xuất đặc trưng từ ảnh (ví dụ: cạnh, đường thẳng, hình dạng).
* **Lớp kích hoạt (Activation Function)**: Thường dùng hàm ReLU để tăng tính phi tuyến.
* **Lớp pooling (Max Pooling/Average Pooling)**: Giảm kích thước dữ liệu và giữ lại thông tin quan trọng.
* **Lớp fully connected (Dense Layer)**: Kết nối đầy đủ như mạng nơ-ron truyền thống để đưa ra dự đoán cuối cùng.

Trong đề tài này, CNN được sử dụng để dự đoán góc lái từ ảnh đầu vào, cụ thể là mô hình lấy cảm hứng từ kiến trúc của Nvidia.

### OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) là thư viện mã nguồn mở phổ biến được sử dụng trong xử lý ảnh và thị giác máy tính. OpenCV hỗ trợ đa nền tảng và được viết chủ yếu bằng C++ nhưng có API cho Python rất mạnh mẽ.

Một số chức năng của OpenCV gồm:

* Đọc/ghi ảnh và video.
* Chuyển đổi ảnh giữa các không gian màu (RGB, HSV, Grayscale,...).
* Làm mờ, tăng độ tương phản, phát hiện cạnh (Canny), tìm contour,...
* Phát hiện vật thể, nhận diện khuôn mặt, biển số, v.v.

Trong dự án xe tự lái, OpenCV thường được dùng để:

* Tiền xử lý ảnh đầu vào (resize, chuyển màu, lọc nhiễu).
* Tăng cường dữ liệu (Data Augmentation).
* Hiển thị ảnh và kết quả dự đoán.

### TensorFlow

TensorFlow là một thư viện mã nguồn mở do Google phát triển, dùng để xây dựng và huấn luyện các mô hình học máy và học sâu. TensorFlow hỗ trợ cả huấn luyện và triển khai mô hình trên nhiều nền tảng: máy tính, thiết bị di động, trình duyệt.

Tính năng nổi bật của TensorFlow:

* Xây dựng mô hình linh hoạt bằng API Keras hoặc low-level API.
* Hỗ trợ GPU, TPU để tăng tốc tính toán.
* Theo dõi quá trình huấn luyện qua TensorBoard.
* Dễ dàng triển khai mô hình dưới dạng ứng dụng thực tế.

Trong đề tài này, TensorFlow là nền tảng chính để xây dựng mô hình CNN dự đoán góc lái.

### Keras

Keras là một API cấp cao chạy trên nền TensorFlow, giúp việc xây dựng và huấn luyện mạng nơ-ron trở nên đơn giản hơn. Keras cho phép người dùng thiết kế mô hình chỉ với vài dòng lệnh và hỗ trợ nhiều loại layer, optimizer, loss function khác nhau.

Ưu điểm của Keras:

* Dễ học, dễ sử dụng.
* Cấu trúc mô hình rõ ràng, trực quan.
* Dễ dàng thêm các lớp mạng, kiểm soát tham số.

Trong đề tài, Keras được dùng để xây dựng mạng CNN, lựa chọn hàm mất mát, tối ưu hóa và huấn luyện mô hình dự đoán góc lái từ ảnh.

# PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

## Giới thiệu Udacity Simulator

Udacity Self-Driving Car Simulator là một phần mềm mô phỏng xe tự hành mã nguồn mở do Udacity phát triển, phục vụ mục đích huấn luyện và kiểm tra mô hình deep learning điều khiển xe. Công cụ này đóng vai trò là môi trường mô phỏng chính trong dự án, cho phép người dùng:

* **Lái xe bằng tay** để thu thập dữ liệu (chế độ **Training Mode**).
* Chạy mô hình học sâu để điều khiển xe tự động (chế độ Autonomous Mode).

Các chức năng chính:

* Giao diện lái xe 3D với camera trước xe cho hình ảnh đầu vào thực tế.
* Cho phép xuất ảnh từ 3 camera (trái, giữa, phải) cùng với dữ liệu góc lái, tốc độ, phanh... vào file CSV.
* Cung cấp socket kết nối mô hình học sâu với simulator trong thời gian thực.
* Có 2 bản đồ: **Track 1** (đường đơn giản) và **Track 2** (đường phức tạp, nhiều khúc cua).

## Quy trình thực hiện

### Thu thập dữ liệu

* Sử dụng chế độ **Training Mode** trong Udacity Simulator để thu thập dữ liệu bằng cách tự tay điều khiển xe.
* Mỗi lần điều khiển sinh ra:
* Hình ảnh từ **camera giữa, trái và phải**.
* Góc lái tương ứng được lưu dưới dạng file CSV.

### Tiền xử lý dữ liệu

* **Chuẩn hóa đường dẫn ảnh**, đọc ảnh bằng thư viện matplotlib.image.
* **Cắt bỏ** phần ảnh không cần thiết như bầu trời hoặc mui xe (cắt từ hàng 60 đến 135).
* **Chuyển đổi màu sắc** từ RGB sang YUV – một lựa chọn phù hợp cho xử lý thị giác máy tính trong xe tự hành.
* **Làm mờ ảnh bằng GaussianBlur**, **chuẩn hóa pixel** về [0,1], resize về kích thước (200x66).
* **Gán góc lái cho ảnh trái/phải** với hiệu chỉnh +0.15 và −0.15 để bổ sung độ lệch đường.

### Tăng cường dữ liệu (Data Augmentation)

Áp dụng các kỹ thuật tăng cường ảnh giúp mô hình học tốt hơn:

* **Lật ảnh (horizontal flip)**: để mô hình học cân bằng trái-phải.
* **Dịch ảnh** theo chiều ngang để mô phỏng xe lệch khỏi trung tâm.
* **Thay đổi độ sáng**, **thêm nhiễu**, **nhòe ảnh** để tăng khả năng mô hình thích nghi với điều kiện ánh sáng và đường sá khác nhau.

### Xây dựng mô hình học sâu

Mô hình dựa theo kiến trúc Nvidia CNN với các lớp:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Lớp** | **Thông số** | **Chức năng** |
| Input Layer | 66x200x3 | Ảnh màu RGB sau xử lý |
| Conv1 | 5x5, stride 2, 24 filters, ReLU | Trích xuất đặc trưng cơ bản |
| Conv2 | 5x5, stride 2, 36 filters, ReLU | Tăng chiều sâu đặc trưng |
| Conv3 | 5x5, stride 2, 48 filters, ReLU | Nhận diện hình dạng phức tạp |
| Conv4 | 3x3, stride 1, 64 filters, ReLU | Cải thiện độ chính xác |
| Conv5 | 3x3, stride 1, 64 filters, ReLU | Tăng chiều sâu thông tin |
| Fully Connected 1 | 100 neurons, ReLU | Mã hóa đặc trưng để dự đoán đầu ra |
| Fully Connected 2 | 50 neurons, ReLU |  |
| Fully Connected 3 | 10 neurons, ReLU |  |
| Output | 1 neuron (linear) | Góc lái đầu ra (độ) |

### Sinh dữ liệu huấn luyện theo batch

* Sử dụng hàm batch\_generator() để sinh ảnh và góc lái ngẫu nhiên, đảm bảo tính đa dạng cho mô hình học sâu.
* Chia dữ liệu thành 2 phần:
* Training set: 80%
* Validation set: 20%

A comparison of a graph

AI-generated content may be incorrect.

# THỰC NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ

## Môi trường thực nghiệm

* Phần cứng: Google Colab (GPU T4)
* **Phần mềm**:
* Python 3.x
* TensorFlow/Keras
* OpenCV
* Albumentations
* SocketIO (Flask socket server)
* Udacity Simulator

## Quá trình huấn luyện

Mô hình được huấn luyện trong 10 epoch với:

* Batch size = 100
* steps\_per\_epoch = 300
* validation\_steps = 200

Kết quả quá trình huấn luyện cho thấy:

* Loss giảm dần theo từng epoch.
* Giữa loss và val\_loss không có khoảng cách quá lớn → mô hình không bị overfitting.

A graph of loss and loss

AI-generated content may be incorrect.

## Kiểm thử mô hình

Khi chạy mô hình trên **Autonomous Mode** của simulator:

* Ảnh từ camera được truyền về theo thời gian thực.
* Mô hình dự đoán góc lái tức thời.
* Simulator điều khiển bánh xe dựa vào kết quả này.

## Đánh giá kết quả

|  |  |
| --- | --- |
| **Tiêu chí** | **Mô tả** |
| **Độ chính xác góc lái** | Sai số thấp, khớp khá tốt với thực tế lái xe trong simulator |
| **Khả năng bám đường** | Ổn định, đặc biệt trên đoạn đường thẳng và cua nhẹ |
| **Xử lý thời gian thực** | Đáp ứng tốt, độ trễ thấp khi giao tiếp qua socket |
| **Hạn chế** | Mô hình gặp khó khăn với đường hẹp, cua gắt, ánh sáng chói |
| **Hướng cải tiến** | Bổ sung thêm dữ liệu, áp dụng kỹ thuật học tăng cường, thử mô hình LSTM cho chuỗi ảnh liên tục |

# Kết luận và hướng phát triển

## Kết luận

Trong đề tài này, chúng tôi đã nghiên cứu và xây dựng một mô hình điều khiển xe tự lái bằng cách dự đoán góc lái từ ảnh đầu vào thu được từ camera gắn trên xe. Quá trình thực hiện bao gồm các bước chính như sau:

* **Tìm hiểu cơ sở lý thuyết** về trí tuệ nhân tạo, học sâu, xử lý ảnh, mô hình mạng CNN và các công cụ hỗ trợ như TensorFlow, Keras, OpenCV.
* **Thu thập và xử lý dữ liệu** từ Udacity Simulator, bao gồm tiền xử lý, tăng cường dữ liệu và phân chia tập huấn luyện/kiểm tra.
* **Xây dựng mô hình học sâu** dựa trên kiến trúc CNN của Nvidia với khả năng dự đoán chính xác góc lái từ ảnh.
* **Huấn luyện và đánh giá mô hình**, cho kết quả khá tốt khi kiểm tra trên môi trường mô phỏng: xe có thể tự động bám đường, đi ổn định và phản ứng khá tốt với các khúc cua vừa.

Đề tài đã chứng minh được tiềm năng của việc áp dụng Deep Learning, đặc biệt là mạng CNN, trong việc điều khiển xe tự hành dựa trên ảnh đầu vào – một thành phần quan trọng trong thị giác máy tính.

## Hạn chế của đề tài

Tuy kết quả đạt được là tích cực, đề tài vẫn còn tồn tại một số hạn chế:

* **Tập dữ liệu chưa đa dạng**: Dữ liệu huấn luyện chủ yếu đến từ một loại đường, ánh sáng và điều kiện thời tiết cố định.
* **Khó khăn với địa hình phức tạp**: Mô hình chưa phản ứng tốt với các tình huống cua gắt, bóng đổ mạnh hoặc đường quá hẹp.
* **Thiếu tính liên tục thời gian**: Mô hình hiện tại chỉ xử lý từng ảnh riêng lẻ, chưa xét đến chuỗi thời gian (temporal sequence) để hiểu chuyển động.

## Hướng phát triển trong tương lai

Trong tương lai, để hoàn thiện và nâng cao chất lượng mô hình, có thể triển khai các hướng phát triển sau:

### Mở rộng tập dữ liệu

* Thu thập thêm dữ liệu từ nhiều bản đồ, nhiều điều kiện ánh sáng (ngày/đêm), mưa hoặc địa hình khác nhau.
* Sử dụng kỹ thuật data synthesis hoặc GANs để tạo dữ liệu mới một cách tự động.

### Kết hợp nhiều cảm biến

* Bổ sung đầu vào từ các cảm biến khác như Lidar, Radar hoặc GPS giúp mô hình đưa ra quyết định chính xác hơn trong môi trường thực tế.

### Ứng dụng mạng hồi tiếp (RNN, LSTM)

* Thay vì xử lý từng ảnh rời rạc, có thể dùng chuỗi ảnh đầu vào để mô hình hiểu được chiều hướng chuyển động trong thời gian.
* Điều này giúp dự đoán mượt hơn, tránh "giật góc lái" khi xe di chuyển.

### Triển khai mô hình thực tế

* Sau khi kiểm nghiệm thành công trên mô phỏng, mô hình có thể được tích hợp lên thiết bị vật lý như Raspberry Pi hoặc Jetson Nano để điều khiển xe thật.

### Phân tích và giám sát an toàn

* Thêm hệ thống cảnh báo góc lệch bất thường, giám sát giới hạn tốc độ và phát hiện chướng ngại vật.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Ứng dụng CNN cho ô tô tự lái [**Bài 8: Ứng dụng CNN cho ô tô tự lái | Deep Learning cơ bản**](https://nttuan8.com/bai-8-o-to-tu-lai-voi-udacity-open-source/#:~:text=B%C3%A0i%20n%C3%A0y%20s%E1%BA%BD%20d%C3%B9ng%20m%C3%B4%20h%C3%ACnh%20CNN%20%C4%91%E1%BB%83,game%29.%20M%E1%BB%8Di%20ng%C6%B0%E1%BB%9Di%20t%E1%BA%A3i%20ph%E1%BA%A7n%20m%E1%BB%81m%20%E1%BB%9F%20%C4%91%C3%A2y)

[2] NGHIÊN CỨU VÀ PHÁT TRIỂN HỆ THỐNG XE TỰ HÀNH ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO [uffile-upload-no-title30608.pdf](https://jst-haui.vn/media/30/uffile-upload-no-title30608.pdf)

[3] End to end self driving car [1604.07316](https://arxiv.org/pdf/1604.07316)