

AI-Driven Automated Parking Guidance System For Motorbike

Đào Mạnh Dũng¹, Nguyễn Minh Phú²,
Trương Thiên Phú³, Tăng Hoàng Phúc⁴, Mai Xuân Tuấn⁵
23520325¹, 23521184², 2351190³, 23521219⁴, 23521714⁵

1 Introduction

Hiện tại, số lượng lớn sinh viên đại học và việc di chuyển thường xuyên ra vào nhà xe đã gây khó khăn trong việc điều phối các khu vực trống tại bãi đỗ xe cho bảo vệ và sinh viên tìm chỗ trống để đỗ xe. Vì vậy, chúng em đã đưa ra một giải pháp cho vấn đề trên: *AI-Driven Automated Parking Guidance System for Motorbike Lots* hay còn gọi là *Hệ thống hướng dẫn đỗ xe tự động sử dụng AI cho bãi đỗ xe máy*.

Phương pháp này có những ưu điểm và nhược điểm. Với sự hỗ trợ của máy học trong công nghệ, các trường đại học có thể giảm thiểu lao động, tình trạng ùn tắc giao thông do nhầm lẫn, và quá tải vào các giờ cao điểm. Sinh viên cũng có thể tiết kiệm thời gian khi tìm kiếm chỗ đỗ xe trong nhà xe. Ưu tiên hàng đầu của chúng tôi là thiết kế một hệ thống tiện lợi, đơn giản, sử dụng thuật toán để có thể áp dụng cho hầu hết các bãi đỗ xe trong Nhóm Đại học Quốc gia dành cho sinh viên.

2 AI-Powered Parking Guidance for Motorbike

2.1 Problem Statement

2.1.1 Constraint

- Các ô trống ở bãi đỗ xe phải có cố định kích thước với chiều dài lớn hơn hoặc bằng 1.6m, chiều rộng lớn hơn hoặc bằng 0.8m
- Đường đi: Chiều rộng phải lớn hơn hoặc bằng 1.6m, và với bất kỳ ô để xe nào cũng đều phải có đường để vào, ở một ngã rẽ thì số ngã rẽ tối đa là 4 ngã

- Nếu 2 bên đường đi là 2 dãy ô để xe thì các ô để xe bên phía này phải đặt song song so với ô để xe phía bên kia, tránh so le
- Các cổng ra và vào phải riêng biệt, ở cổng vào thì sẽ bố trí camera đặt ở vị trí sao cho có thể đầy đủ được biển số xe (đặt ở phía trên dọc theo đường đi vào, bố trí hướng nhìn sao cho thẳng vào biển số xe, đảm bảo không bị che khuất, và đủ ánh sáng) , mỗi lần chỉ dẫn tối đa được 5 xe (mỗi xe sẽ đi theo đường chỉ dẫn của 1 màu được gán cho xe đó).
- Chỉ hướng dẫn xe 2 bánh, có biển số.
- Yêu cầu camera:
 - Chất lượng các camera phải đạt 24 FPS, độ phân giải 1080p
 - Đảm bảo hình ảnh của camera đủ ánh sáng, nếu khu vực nào tối thì bố trí đèn chiếu sáng
 - Đối với các ô để xe, bố trí camera ở đối diện các ô để xe và hướng nhìn cố định vào các ô để xe, cao từ 7m trở lên, góc giữa hướng nhìn so với phương thẳng đứng bé hơn hoặc bằng 40 độ, mỗi camera có thể phụ trách nhiều ô mà nó nhìn thấy rõ và đầy đủ, nếu các ô nằm ở các vị trí mà nếu có xe đỗ ở các ô khác thì hướng nhìn của camera sẽ bị che khuất bởi các xe đó hoặc các vật thể khác dẫn đến không thấy đầy đủ các ô đó thì những ô này camera này sẽ không phụ trách
 - Đảm bảo số lượng camera sao cho tất cả các ô mà các camera phụ trách bao phủ được toàn bộ các ô để xe trong bãi
 - Đối với các đường đi, bố trí camera hướng nhìn dọc theo đường đi, cao 7m trở lên, góc giữa hướng nhìn so với phương thẳng đứng bé hơn hoặc bằng 70 độ và lớn hơn hoặc bằng 45 độ, ở mỗi đoạn đường thì sẽ đều có 2 camera có hướng nhìn nhìn vào nhau (để đảm bảo thấy được biển số của cả 2 chiều đi của xe), mỗi cặp camera như này sẽ phụ trách 1 đoạn đường dài tối đa 20m vì vậy đảm bảo số lượng camera sao cho tất cả đoạn đường được phụ trách (đảm bảo không có bị vật khác che khuất tầm nhìn) bao phủ được toàn bộ đường đi trong bãi
- Ở mỗi con đường sẽ lắp đặt 2 bảng điện tử để chỉ dẫn ở cuối đường và đầu đường để xe đi ở 2 chiều trên đường đó đều có thể nhìn thấy được bảng chỉ dẫn, đồng thời ở mỗi ô để xe cũng sẽ phải có 1 tín hiệu đèn (đủ 5 màu, mỗi màu dùng để chỉ dẫn 1 xe) để các xe có thể nhìn thấy được ô đích của mình nằm ở vị trí nào

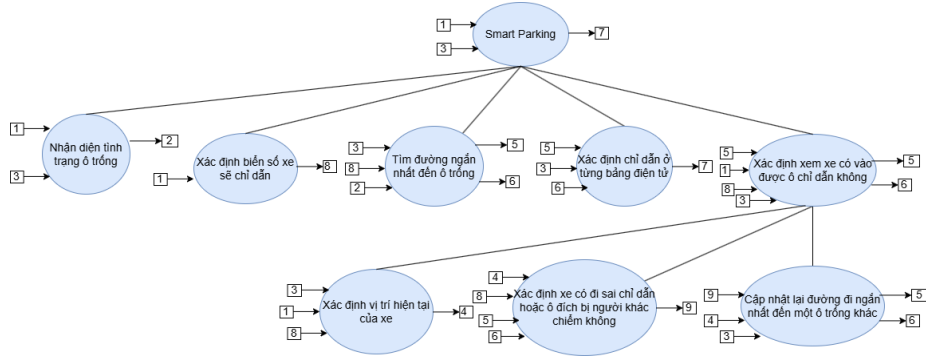
2.1.2 Input:

- Sơ đồ bãi đỗ xe bao gồm các vị trí đặt các bảng chỉ dẫn, vị trí đặt các camera, các đường đi, các ô trống, vị trí cổng vào, cổng ra và đủ các thông số về kích thước của các khu vực của bãi đỗ xe
- Video real-time của toàn bộ các camera

2.1.3 Output:

- Hiển thị chỉ dẫn ở từng bảng điện tử, và tín hiệu đèn ở các ô đích đến

2.2 Decomposition



Hình 1: Sơ đồ phân cấp theo ý tưởng đề xuất

2.2.1 Chú thích

1. Video real-time của các camera
2. Cập nhật tình trạng của các ô
3. Sơ đồ bãi giữ xe
4. Vị trí hiện tại của xe
5. Ô trống có vị trí gần nhất
6. Đường đi đến ô
7. Cập nhật chỉ dẫn của từng bảng điện tử và tín hiệu đèn ở ô đích
8. Biển số của xe đang vào cổng
9. Boolean xác định ô chỉ định của xe đó có bị chiếm không

2.2.2 Mô tả Decomposition Tree

Smart Parking

- Đây là hệ thống tổng thể chịu trách nhiệm quản lý và vận hành bãi đỗ xe thông minh. Nó nhận dữ liệu đầu vào từ các cảm biến và camera, sau đó xử lý để cung cấp hướng dẫn việc đỗ xe.

Nhận diện tình trạng ô trống

- Phân tích hình ảnh để xác định trạng thái của từng ô đỗ xe (trống hoặc đã có xe).

Xác định biển số của xe sẽ chỉ dẫn

- Sử dụng video real-time để xác định biển số của xe vào cổng.

Tìm đường ngắn nhất đến ô trống

- Sử dụng biển số của xe vừa vào cổng, sơ đồ bãi đỗ xe và vị trí hiện tại của xe để tính toán đường đi tối ưu.
- Đầu ra là ô đích và đường đi đến ô đích.

Xác định chỉ dẫn ở từng bảng điện tử

- Nhận thông tin ô đích đến và đường đi.
- Cập nhật chỉ dẫn đến từng bảng điện tử và tín hiệu đèn ở ô đích.

Xác định xem xe có vào được ô chỉ dẫn không

- Kiểm tra xem xe có đi không đúng với chỉ dẫn hoặc ô đích có bị người khác chiếm lấy hay không.
- Nếu có, cập nhật lại đường đi mới và ô đỗ khác.

Xác định vị trí hiện tại của xe

- Nhận đầu vào là sơ đồ và các video real-time.
- Hệ thống xác định vị trí hiện tại của xe.

Xác định xe có đi sai đường hoặc ô đích có bị người khác chiếm hay không

- Sử dụng thông tin biển số xe đang đi vào và trạng thái của ô đỗ để kiểm tra ô có bị chiếm hay không.
- Sử dụng vị trí hiện tại của xe, đường đi đến ô được chỉ dẫn để xác định xe có đi không đúng với chỉ dẫn không.

Cập nhật lại đường đi mới

- Hệ thống sẽ tính toán lại đường đi đến ô trống khác.

2.3 Evaluation

Để đánh giá hiệu quả của hệ thống bãi đỗ xe thông minh cho xe máy, ta so sánh hai trường hợp:

- Có chỉ dẫn hướng dẫn vào chỗ trống.
- Không có chỉ dẫn (người lái tự tìm chỗ trống).

Mốc thời gian được tính từ lúc quét thẻ (t_{start}) cho đến khi xe vào được ô trống (t_{park})

2.3.1 Công thức tính toán

$$T_{new} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_{park_i} - t_{start_i}) \text{ (s)}$$

$$\Delta H = \frac{T_{old} - T_{new}}{T_{old}} \cdot 100 (\%)$$

T_{new} và T_{old} có cách tính như nhau, nhưng T_{new} có áp dụng chỉ dẫn, còn T_{old} thì không

Ký hiệu

- n : Số lượng xe vào bãi.
- t_{park_i} : Thời gian đỗ xe vào ô thứ i .
- t_{start_i} : Thời gian từ lúc quét thẻ xe tại thời điểm thứ i .
- T_{new} : Thời gian đỗ xe trung bình khi áp dụng hệ thống có chỉ dẫn tự động.
- T_{old} : Thời gian đỗ xe trung bình khi áp dụng hệ thống không có chỉ dẫn tự động.
- t_{screen_i} : Thời gian chỉ dẫn hiển thị trên màn hình thứ 1 đối với từng xe khác nhau.

2.3.2 Mục tiêu:

$$\Delta H > 20 (\%)$$

- Biểu thị độ hiệu quả tốt hơn khi áp dụng hệ thống mới.

2.3.3 Đánh giá chi tiết

1. Độ trễ hệ thống

- Công thức này chỉ xét màn hình đầu tiên, vì các màn hình khác cũng cùng thời gian, cho nên ta chỉ lấy màn hình thứ 1 làm mốc

$$T_{delay} = \sum_{i=1}^n (t_{screen_i} - t_{start_i}) \text{ (s)}$$

Ký hiệu:

- T_{delay} : Tổng thời gian trễ của hệ thống.
- t_{screen_i} : Thời gian chỉ dẫn hiển thị trên màn hình thứ 1 đối với từng xe khác nhau.
- t_{start_i} : Thời gian từ lúc quét thẻ xe tại thời điểm thứ i .

Mục tiêu:

$$T_{delay} < 5 \text{ (s)}$$

- Hệ thống phải đảm bảo độ trễ nhỏ hơn 5 giây để đảm bảo trải nghiệm người dùng.

2. Tốc độ xử lý video

- Xử lý gần với thời gian thực tế với sai số:

$$\Delta t < 0.01 (s)$$

2.3.4 Kết luận

Hệ thống bãi đỗ xe thông minh được đánh giá qua các tiêu chí:

- Thời gian đỗ xe trung bình (T_{new}) khi áp dụng chỉ dẫn tự động.
- Tỷ lệ cải thiện hiệu quả ΔH vượt mức 20%.
- Độ trễ hệ thống thấp hơn 5 giây.

2.4 Algorithms

- Bước 1:

Kẻ khung cho từng ô để xe vào trong khung hình ảnh của camera phụ trách nó
Đánh số id cho các ô để xe đó

- Bước 2:

Với mọi con đường:

Nếu đường đi ở kề với dãy ô để xe:

Chia đường đi thành các phần đường nhỏ, sao cho mỗi phần đường kề với 2 ô để xe ở 2 bên (tức là đường đi có 2 dãy ô để xe ở 2 bên đường, nếu chỉ có 1 dãy thì mỗi phần đường này chỉ có 1 ô để xe kề bên)

Mỗi phần đường sẽ phụ trách các ô để xe kề bên nó

Nếu đường đi ở ngã rẽ:

Đoạn ở nút giao được gán làm 1 phần

Nếu đường đi là 1 đường thẳng (không có ngã rẽ), 2 bên đường cũng không có dãy ô nào:

Đoạn đường này được gán làm 1 phần

Nếu là đoạn đường ở cổng vào:

Đoạn này sẽ được gán làm 1 phần

Kẻ khung cho từng phần đường được chia này vào trong khung hình ảnh của camera phụ trách nó

Đánh id cho từng phần đường được chia

Tạo dictionary `phu_trach_phan_duong` với key là id của phần đường được chia, value là list các id ô để xe mà phần đường đó phụ trách

- Bước 3:

Gán phần đường ở cổng vào là gốc tọa độ (0,0)

Gán hướng đi từ cổng vào đi vào bãi là hướng lên

Def `gan_toa_do(current, continue)`: (với `current` là id của phần đường đang xét và `continue` là id của phần đường kề với `current`)

Gán tọa độ của `current` là (a,b)

Nếu hướng đi từ `current` đến `continue` là hướng lên:

Gán tọa độ của continue là (a,b+1)
 Nếu hướng đi từ current đến continue là hướng rẽ sang trái:
 Gán tọa độ của continue là (a+1,b)
 Nếu hướng đi từ current đến continue là hướng rẽ sang phải:
 Gán tọa độ của continue là (a-1,b)
 Nếu hướng đi từ current đến continue là hướng xuống:
 Gán tọa độ của continue là (a,b-1)
 For continue_of_continue in (tập hợp các phần đường kề với phần đường continue ngoại trừ current):
 gan_toa_do(continue, continue_of_continue)
 Giả sử phần đường ở cổng vào có id là 1, phần đường kế tiếp với phần đường đó có id là 2
 gan_toa_do(1,2)

- Bước 4:
 Đánh id cho các bảng điện tử
 Đánh số id cho mỗi camera phụ trách quan sát các đường đi
 Tạo dictionary vị trí_bang_dien_tu với key là id của bảng điện tử, value là 1 list có thứ tự các phần tử lần lượt như sau tọa độ id phần đường phía trước bảng điện tử, tọa độ id phần đường là điểm đặt bảng điện tử, list các id camera phụ trách quan sát các đường đi có hướng nhìn nhìn vào bảng điện tử (camera và bảng điện tử có hướng nhìn vào nhau)

- Bước 5:
 Đặt các phần đường đã phân ở bước 3 là các node
 Với mỗi cặp phần đường ở cạnh nhau thì sẽ có đường đi từ node phần đường này qua node phần đường kia, và 1 đường đi theo chiều ngược lại

- Bước 6:
 If xe quét thẻ để vào bãi:
 Sử dụng Yolo và EasyOCR để nhận diện biển số xe
 Cập nhật biển số xe vào CSDL
 Cập nhật vị trí hiện tại của xe là node ở cổng vào vào CSDL
 Cập nhật id camera quan sát thấy biển số xe này vào CSDL

- Bước 7:
 Sử dụng tất cả frame hiện tại trong Video real-time của toàn bộ camera:
 Áp dụng thresholding để tạo ảnh nhị phân cho những hình ảnh từ các camera phụ trách quan sát ô để xe
 For mỗi ô đỗ xe trong danh sách:
 Nếu Pixel màu trắng < Threshold, ô đó là "Empty", ngược lại ô đó là "Occupied".
 Cập nhật trạng thái của các ô theo id
 Nếu tất cả các ô đều có "Occupied" thì không cho xe vào bãi nữa
 For key, value in phu_trach_phan_duong.item():
 If value có ít nhất 1 ô để xe có trạng thái là "Empty":
 Phần đường đó làm target node
 Else:
 Phần đường đó đặt là normal node
 Dùng BFS tìm target node ở gần current node nhất, đồng thời là đường đi

của nó

Chọn 1 ô có trạng thái “Empty” mà có trong `phu_trach_duong_di[target node]` làm ô đích và chuyển trạng thái của ô đó sang “Wait”

Cập nhật id của các phần đường trong đường đi và ô đích vào CSDL cho biển số xe đó

Gọi list tọa độ đường đi là `duong_di`

Gọi `s` là id của camera thấy biển số xe đang xét

`v=duong_di[1]-duong_di[0]`

For key, value in `vi_tri_bang_dien_tu.item()`:

 If `s` in `value[2]`:

`u=value[0]-value[1]`

 If `u` và `v` cùng hướng:

 Hiển thị chỉ dẫn quay đầu ở bảng điện tử key

For `i` in `range(len(1, duong_di)-1)`:

 For key, value in `vi_tri_bang_dien_tu.item()`:

 If `value[1]==duong_di[i]` and `value[0]==duong_di[i-1]`:

`a=duong_di[i]-duong_di[i-1]`

`b=duong_di[i+1]-duong_di[i]`

`c` là tích có hướng của `a` và `b`

 If `c<0`:

 Hiển thị chỉ dẫn rẽ phải ở bảng điện tử key

 Elif `c>0`:

 Hiển thị chỉ dẫn rẽ trái ở bảng điện tử key

 Else:

 Hiển thị chỉ dẫn đi thẳng ở bảng điện tử key

Hiển thị tín hiệu đèn ở vị trí ô đích

- Bước 8:

For frame trong Video real-time của toàn bộ camera:

 For biển số xe trong tất cả các biển số đang có trong CSDL

 Sử dụng Yolo và EasyOCR ở các hình ảnh từ camera phụ trách quan sát đường đi, tìm id của camera thấy biển số xe đang xét và id phần đường có biển số xe đó

 If biển số xe đó không còn ở trong hình ảnh từ các camera này:

 Xóa dòng dữ liệu chứa biển số xe đó ra khỏi CSDL

 Elif (id phần đường đó không nằm trong đường đi) or (trạng thái của ô đích chuyển sang “Occupied”):

 Cập nhật vị trí hiện tại của xe là id phần đường có biển số xe đó vào CSDL

 Cập nhật id của camera thấy biển số xe đang xét vào CSDL

 Quay lại bước 7

 Else:

 Continue

3 Computational Thinking Application

3.1 Decomposition (Phân rã vấn đề)

Bài toán được chia nhỏ thành các thành phần và nhiệm vụ như sau:

- **Nhận diện tình trạng ô trống:** Dựa vào trạng thái từng ô đỗ xe qua hình ảnh từ camera.
- **Nhận diện biển số xe:** Định danh xe qua biển số để liên kết với vị trí đích.
- **Tìm đường ngắn nhất:** Sử dụng thuật toán đồ thị để tối ưu lộ trình.
- **Cập nhật chỉ dẫn:**
 - Hiển thị chỉ dẫn trên bảng điện tử tại các giao lộ và tín hiệu đèn tại ô đích để hướng dẫn xe đi đúng lộ trình.
- **Giám sát và cập nhật trạng thái:**
 - Theo dõi video real-time để cập nhật vị trí hiện tại của xe.
 - Phát hiện các trường hợp đi sai lộ trình hoặc ô đích bị chiếm.

3.2 Abstraction

Trong bài toán, chúng ta cần tập trung vào các yếu tố chính và loại bỏ những chi tiết không cần thiết:

- **Các yếu tố cần tập trung:**
 - Sơ đồ bãi đỗ xe (vị trí ô đỗ, đường đi, bảng chỉ dẫn, camera).
 - Sử dụng dữ liệu video real-time từ các camera quan sát các ô đỗ xe để xác định trạng thái ô đỗ và quan sát đường đi để xác định vị trí xe hiện tại.
 - Xác định biển số xe để định danh.
 - Xác định chỉ dẫn được hiển thị ở từng bảng chỉ dẫn.
- **Những chi tiết bỏ qua:**
 - Màu sắc hay kiểu dáng xe không ảnh hưởng đến bài toán.
 - Thông tin không liên quan từ video, như các vật thể khác trong khung hình.

3.3 Pattern Recognition

Xác định các mẫu của bài toán như sau:

- **Nhận diện tình trạng ô trống:**
 - Áp dụng phương pháp thresholding trên hình ảnh để xác định số lượng pixel đen/trắng của mỗi ô đỗ xe, từ đó xác định trạng thái của ô (trống hoặc bị chiếm).
- **Nhận diện biển số xe:**

- Phát hiện biển số trong hình ảnh ở cổng vào.
- Trích xuất ký tự từ biển số để định danh xe.
- **Xác định vị trí xe:**
 - Xác định bounding box của biển số xe để tìm xem xe đang nằm trong phần đường nào, từ đó xác định vị trí hiện tại của xe.
- **Tìm đường ngắn nhất:**
 - Sử dụng đồ thị các nút (tương ứng với các phần đường được chia nhỏ) để xác định đường đi tối ưu đến ô trống, với nút bắt đầu là vị trí hiện tại của xe.
- **Cập nhật hướng dẫn:**
 - Hiển thị lệnh rẽ tại các giao lộ thông qua bảng chỉ dẫn và tín hiệu đèn ở ô đích.

3.4 Algorithms (Thuật toán)

Các thuật toán chính trong hệ thống bao gồm:

- **Thuật toán nhận diện biển số:**
 - **YOLO (You Only Look Once):** Phát hiện xe trong khung hình.
 - **EasyOCR:** Trích xuất và nhận diện ký tự từ biển số xe.
- **Thuật toán xác định trạng thái ô đỗ:**
 - Áp dụng phương pháp thresholding để chuyển đổi ảnh sang ảnh nhị phân, xác định trạng thái của ô dựa trên số lượng pixel trắng.
- **Thuật toán tìm đường ngắn nhất:**
 - **BFS (Breadth-First Search):** Tìm đường đi nhanh nhất từ cổng vào đến ô đích.
 - Dựa trên đồ thị các nút (phần đường) được kết nối trong sơ đồ bãi đỗ xe.
- **Thuật toán cập nhật chỉ dẫn:**
 - Tính hướng rẽ tại từng giao lộ dựa trên tích có hướng của các vector đường đi.
 - Hiển thị lệnh rẽ trái, rẽ phải, hoặc đi thẳng trên bảng điện tử tại từng bảng chỉ dẫn.
- **Thuật toán xử lý lỗi:**
 - Phát hiện xe đi sai lộ trình hoặc ô đích bị chiếm.
 - Tái tính toán đường đi mới và cập nhật chỉ dẫn tương ứng.

4 Ethics and Social

Việc áp dụng công nghệ hiện đại trong các hệ thống bãi giữ xe đã mang lại nhiều tiến bộ đáng kể, nhưng đồng thời cũng đặt ra các vấn đề quan trọng về đạo đức và xã hội, ảnh hưởng không nhỏ đến quá trình hiện thực hóa sáng kiến. Những vấn đề này có thể được chia thành hai khía cạnh chính:

4.1 Tác Động Tích Cực

- **Tạo Cơ Hội Việc Làm:** Việc thiết kế, xây dựng và bảo trì hệ thống tạo ra nhiều việc làm mới, đáp ứng nhu cầu lao động trong các lĩnh vực công nghệ.
- **Thúc Đẩy Đổi Mới Sáng Tạo:** Góp phần nâng cao nhận thức công nghệ, khuyến khích sự đổi mới và hỗ trợ tiến trình số hóa quốc gia, đồng thời bắt kịp các xu hướng hiện đại.
- **Tăng Hiệu Quả Vận Hành:** Đảm nhận các công việc như quản lý và bảo vệ xe, giúp tiết kiệm nhân lực, tăng năng suất và hiệu quả vận hành.
- **Đảm Bảo Tính Công Bằng:** Hệ thống đảm bảo không có sự phân biệt giữa các loại xe, dù là xe đắt tiền hay phổ thông, tạo ra sự minh bạch và công bằng.
- **Hiện Đại Hóa Quản Lý:** Giúp môi trường làm việc trở nên hiện đại hơn, giảm tình trạng tắc nghẽn, tiết kiệm thời gian trong quá trình đưa xe vào bãi và cải thiện năng suất quản lý.

4.2 Tác Động Tiêu Cực

- **Thay thế việc làm:** Việc lao động tay chân sẽ bị thay thế bởi bộ phận tri thức. Nhiều lao động phổ thông sẽ mất việc làm do không đáp ứng được yêu cầu công nghệ mới.
- **Rủi Ro Quyền Riêng Tư:** Người dùng có thể cảm thấy bị theo dõi khi hệ thống thu thập và lưu trữ thông tin biển số xe. Nếu bị tấn công mạng, thông tin nhạy cảm này có thể bị rò rỉ và sử dụng cho mục đích xấu.
- **Khó Kiểm Soát Tính Nhất Quán:** Khó đảm bảo sự khớp nối giữa người lái xe vào và ra khỏi bãi, dẫn đến nguy cơ sai sót trong việc quản lý.
- **Phụ Thuộc Vào Hệ Thống:** Người dùng có thể phụ thuộc quá nhiều vào hệ thống, và khi xảy ra lỗi, dễ dẫn đến lãng phí thời gian, tiền bạc, hoặc tranh cãi không đáng có, thậm chí mất niềm tin vào hệ thống.
- **Rào Cản Tiếp Cận:** Người lớn tuổi hoặc những người ít tiếp xúc với công nghệ sẽ gặp khó khăn trong việc thích nghi với giao diện hiện đại của hệ thống.
- **Giảm Tương Tác Xã Hội:** Việc giảm giao tiếp trực tiếp khiến một số người cảm thấy bị cô lập hoặc không được hỗ trợ trong những tình huống cần sự quan tâm cá nhân.
- **Hạn Chế Sự Đồng Cảm:** Khác với nhân viên con người, hệ thống AI thường thiếu sự linh hoạt và khả năng đồng cảm, dẫn đến khó khăn trong việc xử lý các yêu cầu đặc thù của khách hàng.

5 Conclusion

Việc thiết kế và triển khai hệ thống bãi giữ xe thông minh dựa trên các yêu cầu và ràng buộc đã nêu giúp tối ưu hóa quản lý và sử dụng không gian, nâng cao

hiệu quả trong việc hướng dẫn và giám sát, đồng thời đảm bảo tiêu chuẩn vận hành. Điều này không chỉ mang lại trải nghiệm tốt hơn cho người dùng mà còn góp phần cải thiện hiệu quả hoạt động tổng thể của bãi giữ xe. Mặc dù vẫn còn một số hạn chế trong khâu xử lý hệ thống và cần thêm các giải pháp để tối ưu hóa chi tiết, phương pháp này vẫn mang tính khả thi và mang lại nhiều lợi ích đáng kể khi áp dụng vào thực tiễn.

THE END