

Forecasting and obeying arrival
time of hospital AGV at rush hours

Mục lục

1. Câu chuyện
2. Exponential Smoothing
3. Giải pháp
4. Tính mới của bài toán

1. Câu chuyện

Bệnh viện giờ dùng AGV để vận chuyển.

Thức ăn (food), thuốc, chăn ga quần áo (laundry), chất thải (waste), vật tư y tế vô khuẩn cũng như các đồ cá nhân của người bệnh [1]

Sáng (**rush hours**) phải thay chăn ga quần áo, mang thuốc, đưa đồ ăn sáng, nhận/trả đồ cá nhân, vận chuyển vật tư y tế

Y tá/người bệnh cần biết trước thời điểm xe đến để chuẩn bị

Đồ ăn sáng cần đưa sớm nhất có thể để tránh nguội lạnh, phục vụ uống thuốc của người bệnh (deadline)



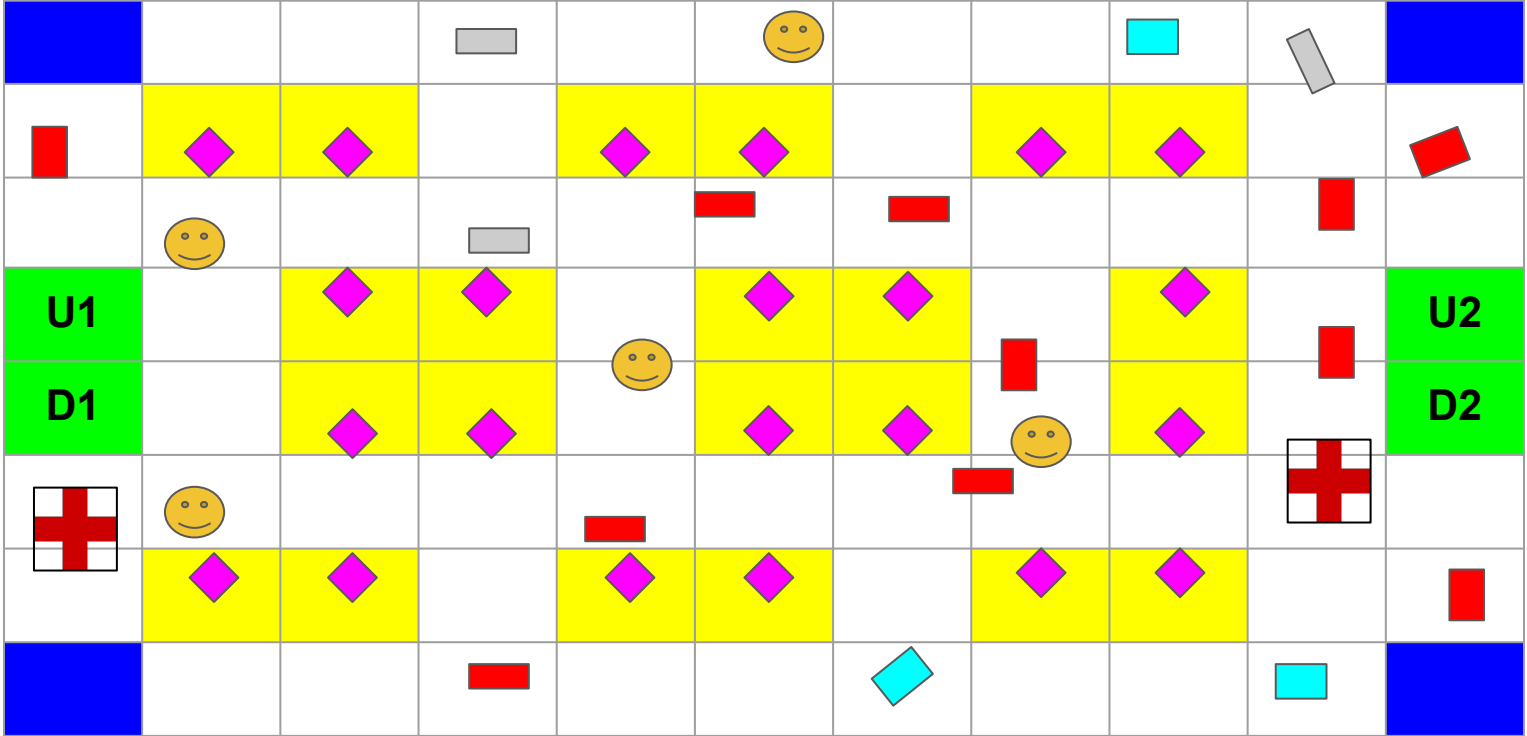
[1] Vaule, Ida Borgen. *Measures for Timely Delivery of Materials Transported by Automated Guided Vehicles (AGVs) in Hospitals*. MS thesis. NTNU, 2018.

Được một bài báo khác trong tạp chí Q1 trích dẫn (impact score 6.55) International Journal of Systems Science: Operations and Logistics

AGV màu đỏ: vận chuyển thức ăn, đợi người ăn xong và lấy lại đồ (độ ưu tiên cao nhất so với các AGV loại khác, AGV sắp hết deadline có độ ưu tiên cao hơn các AGV khác cùng loại)

AGV màu xám: di chuyển lấy chăn ga quần áo cũ (laundry)

AGV màu cyan: di chuyển thuốc



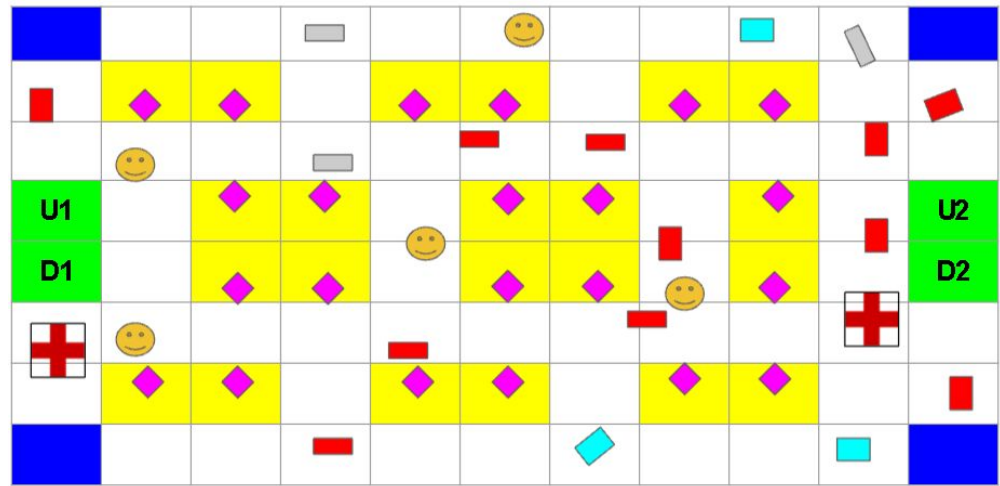
Mặt cười vàng: người (bệnh nhân, y tá, bác sĩ) di chuyển. Thập đỏ: giường cấp cứu được di chuyển

Xanh lá cây: thang máy cho AGV. Xanh da trời: thang máy cho người. Ô vàng: phòng nội trú

1. Câu chuyện

Mỗi food-AGV di chuyển đến một (một số) phòng để đưa suất ăn

Nếu bị vướng, food-AGV có thể đợi hoặc di chuyển đường khác để tránh tắc nghẽn



Có bệnh nhân đã nhiều lần nhận đồ trễ => lần này nếu có thể vẫn trễ thì cần được tăng độ ưu tiên (priority)

Sau khi ra khỏi thang máy, **cần dự đoán (forecasting) thời điểm** (arrival time) mà food-AGV đến được phòng (cần giao thức ăn)

Tìm **đường đi của food-AGV** để đến đúng nơi và đúng thời điểm

Có tính đến yếu tố uncertainty của con người, AGV khác, vật cản, hỏng hóc.

Problem statement

Một môi trường có n AGV đang hoạt động trong số chúng có mức độ ưu tiên p và deadline khác nhau

Trong môi trường có cả người và các vật thể khác đang di chuyển

Một AGV cần tham gia vào di chuyển trong môi trường, nó có deadline $D(m+1)$.

Mục tiêu: (1) cần dự đoán thời gian AGV đến được đích để từ đó gán độ ưu tiên cho nó

(2) AGV sau đó sẽ được định tuyến động (dynamic planning) để đến được đúng đích và đúng thời điểm

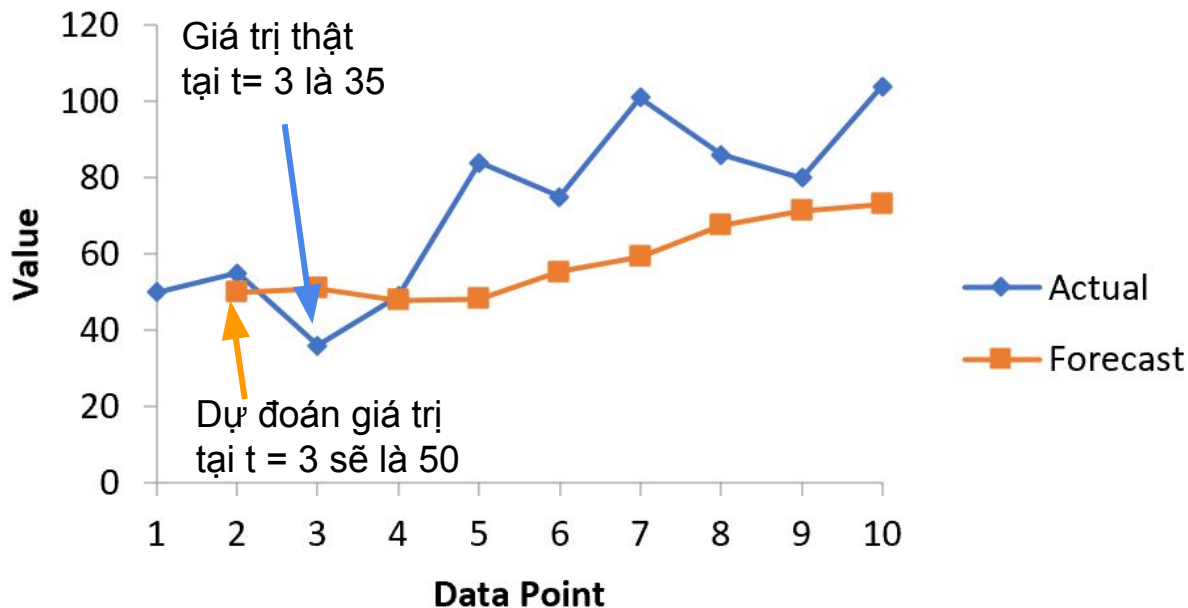
2. Exponential Smoothing

Để dự đoán được thời gian di chuyển của AGV, ta có thể áp dụng Exponential Smoothing

Đầu vào là các giá trị đo đạc được trong quá khứ

Mục tiêu, dự đoán được các giá trị tiếp theo sao cho tối thiểu hóa sai lệch

Exponential Smoothing



$$\text{MSD} = \frac{\sum_{t=1}^T (y_t - \tilde{y}_{t-1})^2}{T}.$$

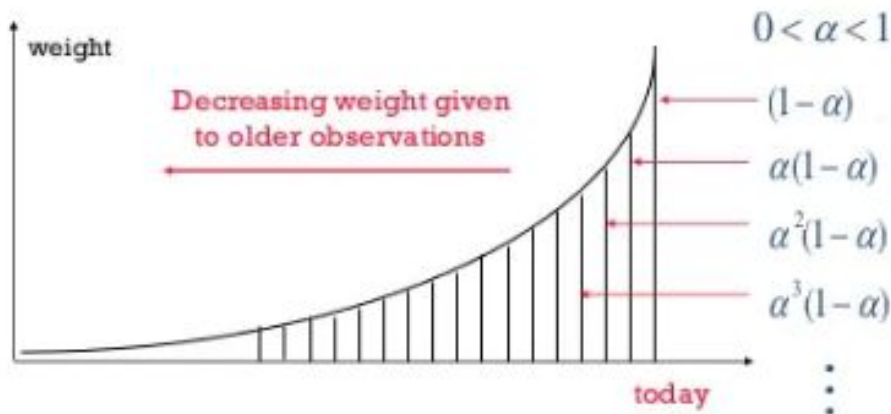
2. Exponential Smoothing

[2] Montgomery, Douglas C., Lynwood A. Johnson, and John S. Gardiner.
Forecasting and time series analysis. McGraw-Hill Companies, 1990.

Phương pháp này dựa trên quan điểm (Chương 4 của [2]):

- + Tất cả các dữ liệu đo đạc được trong quá khứ đều đóng góp với một trọng số nhất định vào việc tính giá trị dự đoán
- + Dữ liệu càng gần thời điểm hiện tại thì phản ánh càng rõ xu thế hiện tại và do vậy trọng số càng lớn
- + Tổng tất cả các trọng số sẽ tăng dần theo thời gian và tiệm cận đến 1 nếu đủ lâu

$$(1 - \theta) \sum_{t=0}^{T-1} \theta^t = 1 - \theta^T$$



2. Exponential Smoothing

Công thức ($0 \leq t \leq T-1$):

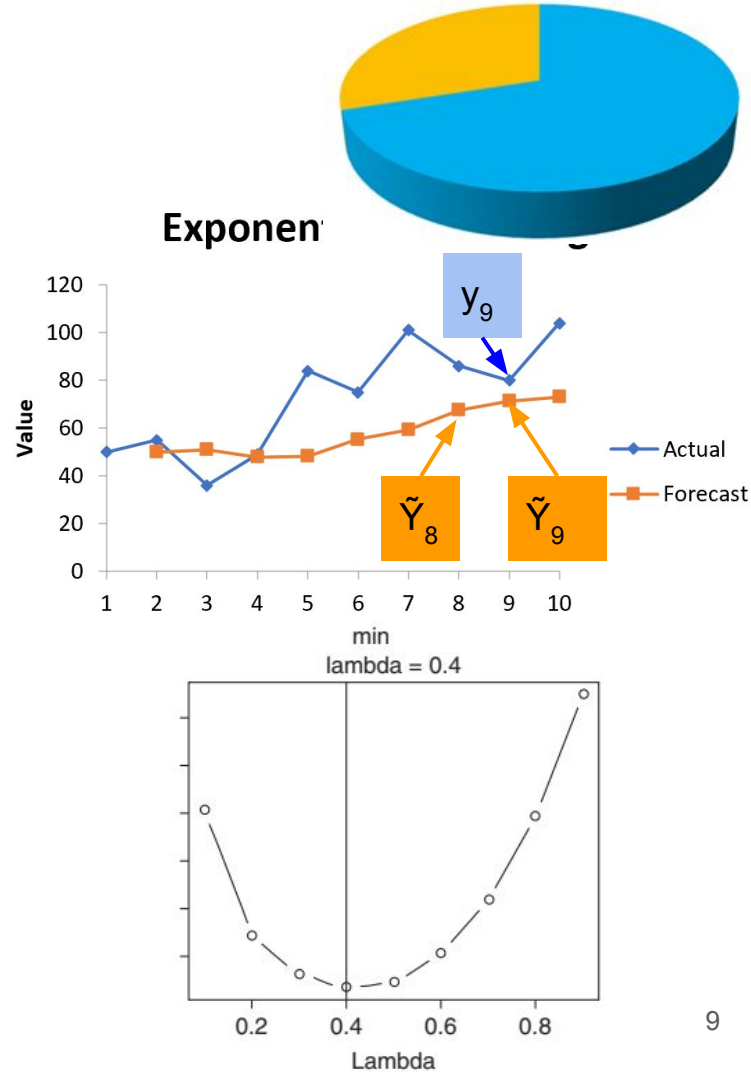
$$\tilde{Y}_T = (1 - \alpha) * \sum \alpha^t y_{T-t}$$

Sau một số các phép biến đổi sẽ thành:

$$\tilde{Y}_T = (1 - \alpha) * y_T + \alpha * \tilde{Y}_{T-1}$$

Đặt λ làm discount factor

$$\tilde{y}_T = (1 - \lambda) \tilde{y}_{T-1} + \lambda y_T$$



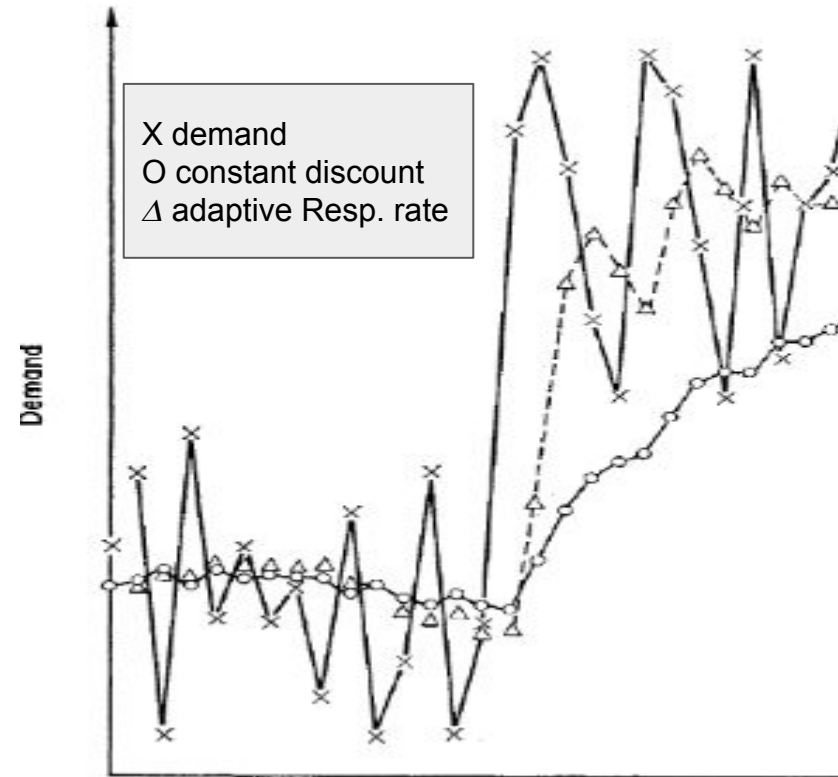
Adaptive responsive rate [3]

Nếu giá trị discount factor được giữ nguyên thì sẽ vẫn có sai số khá lớn xảy ra

Giá trị discount factor cần được cập nhật liên tục theo thời gian

Ta sẽ thấy sai số đã được giảm đi rất nhiều

Fransen et al 2020 chưa sử dụng phương pháp adaptive responsive rate này; mà chỉ sử dụng một giá trị không đổi của discount factor.



3. Giải pháp

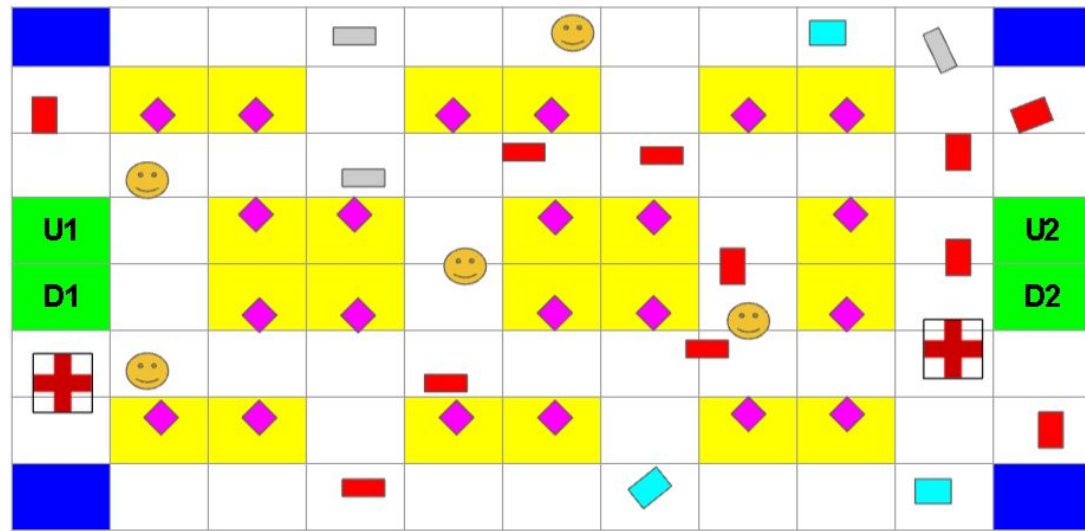
Chia ra các zone

Lập ra đồ thị không gian của các zone, với đỉnh đại diện cho trung tâm của zone

Trọng số của các cạnh là thời gian tối thiểu để di chuyển giữa các trung tâm của zone

Trọng số các đỉnh là giá trị dự đoán thời gian chờ (standstill) của AGV tiếp theo

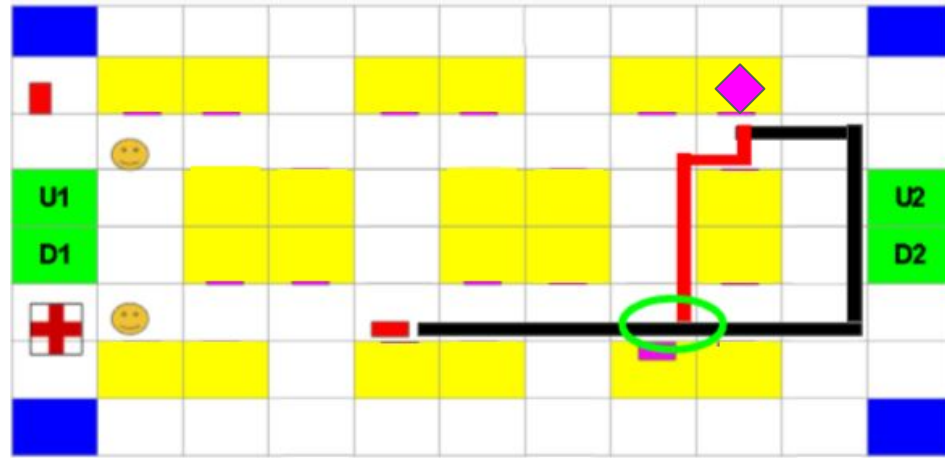
Cập nhật liên tục các giá trị discount cho từng zone, dự đoán xác suất xảy ra tắc nghẽn tại zone (Markov) [4]



3. Giải pháp

Đặt đại lượng v -AT bằng thời gian di chuyển thực tế của AGV chia cho số zone N dự kiến di chuyển.

Virtual average spent time (v-AT)



Trước khi AGV di chuyển, dự kiến được số zone N sẽ đi qua ở trạng trước. Sau đó nhân với **giá trị dự đoán của v-AT** => thời gian dự kiến sẽ đến đích

Khi AGV đến đích => biết được thời gian di chuyển thực tế của AGV => **giá trị thực sự của v-AT**

Giá trị dự đoán (forecast) của v-AT: Exponential Smoothing along with adaptive responsive rate

4. Tính mới của bài toán

Có ít nghiên cứu về việc điều khiển di chuyển của AGV trong ngành chăm sóc sức khỏe

little priority has been given to logistics in the healthcare industry

Càng ít nghiên cứu về việc vận chuyển có ràng buộc thời gian trong bệnh viện dùng AGV

there is little, if any, research specifically dealing with timely delivery of materials in hospitals by using AGVs

Thậm chí bài toán sẽ mới hơn (và khó hơn) nữa nếu xét đến toàn bộ hoạt động của bệnh viện

4. Tính mới của bài toán

Bệnh viện đại học có các khu khác nhau để điều trị, quản lý, thí nghiệm

Ở tầng hầm có đường nối giữa các khu khác nhau.

8000 nhân viên và 2000 sinh viên có mặt hàng ngày cùng 1000 giường nội trú.

