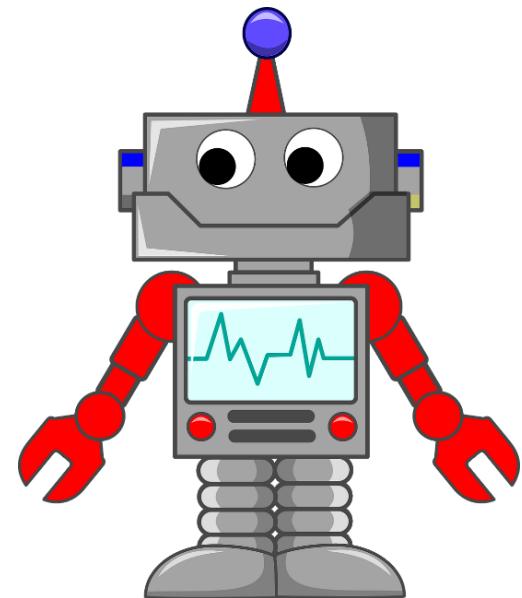




CS116 – LẬP TRÌNH PYTHON CHO MÁY HỌC

BÀI 04

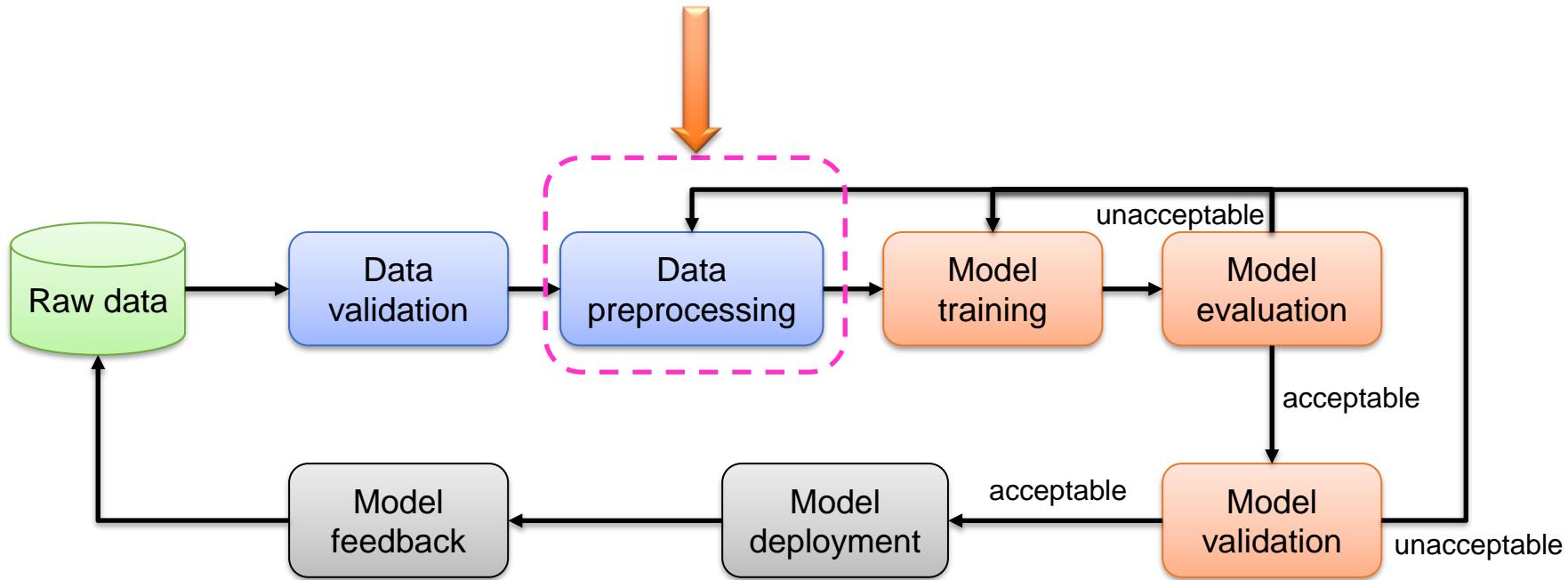
TIỀN XỬ LÝ DỮ LIỆU



TS. Nguyễn Vinh Tiệp



Vị trí của bài học





NỘI DUNG

- 1. PHÁT HIỆN & XỬ LÝ DỮ LIỆU BỊ THIẾU**
- 2. PHÁT HIỆN & XỬ LÝ DỮ LIỆU NGOẠI LỆ**
- 3. TẠO ĐẶC TRƯNG MỚI – FEATURE EXTRACTION**
- 4. BIẾN ĐỔI ĐẶC TRƯNG – FEATURE TRANSFORMATION**
- 5. CHỌN LỰA ĐẶC TRƯNG – FEATURE SELECTION**



Nhắc lại: Phát hiện dữ liệu bị thiếu

- Trong pandas, ta có thể sử dụng hàm `isnull()` / `isna()` để kiểm tra bảng / cột bị thiếu dữ liệu hay không

name	sales
Markus	34000
Edward	42000
William	NaN
Emma	52000
Sofia	NaN

.isnull()
→

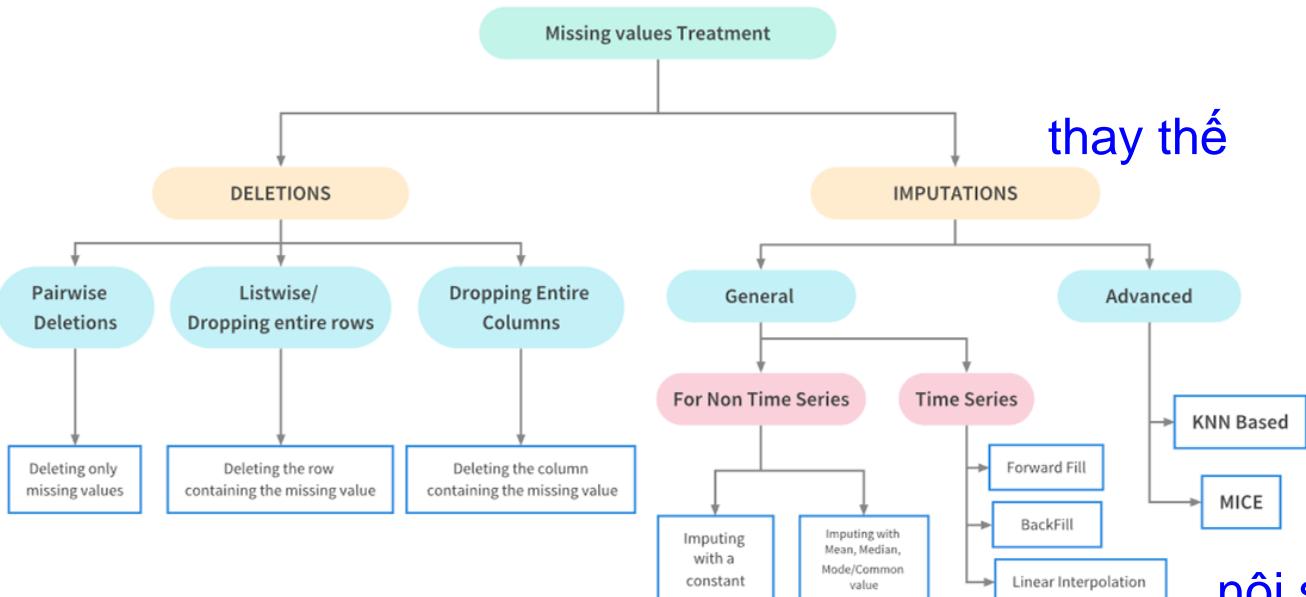
name	sales
FALSE	FALSE
FALSE	FALSE
FALSE	TRUE
FALSE	FALSE
FALSE	TRUE



Xử lý dữ liệu bị thiếu

- Có ba cách tiếp cận chính:
 - Loại bỏ hàng hoặc cột có tỉ lệ dữ liệu bị thiếu lớn (vd: 50%)
 - Thay thế đơn biến, đa biến, chuỗi thời gian: [sklearn-imputation](#)
 - Sử dụng các mô hình máy học để dự đoán
- **Cách tiếp cận khác:** tạo cột mới chứa thông tin có giá trị bị thiếu

Đơn giản, nhưng có thể
làm mất dữ liệu quan trọng



thay thế

nội suy ra giá trị điền khuyết



Xử lý dữ liệu bị thiếu – Các PP thay thế

Phương pháp	Cách thực hiện	Đặc điểm
Thay thế đặc trưng đơn biến (mean/median/mode)	Thay thế giá trị còn thiếu bằng giá trị trung bình, trung vị hoặc giá trị xuất hiện thường xuyên nhất của một biến	<ul style="list-style-type: none"> - Đơn giản - Giá trị khó phản ánh đúng
Thay thế giá trị hằng số 999, 0, -1 để hàm ý giá trị ngoại lệ	Thay thế giá trị còn thiếu bằng một giá trị không đổi. Ví dụ: "NaN" đối với các biến phân loại	<ul style="list-style-type: none"> - Đơn giản - Giá trị khó phản ánh đúng
Thay thế bằng phương pháp K-Nearest Neighbors	Thay thế giá trị bị thiếu bằng giá trị trung bình hoặc tổng trọng số của K láng giềng trong không gian đặc trưng	<ul style="list-style-type: none"> - Chính xác hơn - Có thể tốn kém về chi phí tính toán với tập dữ liệu lớn
2 pp này sử dụng tương quan đặc trưng Phép nội suy tuyến tính	Thay thế giá trị bị thiếu bằng giá trị được nội suy tuyến tính dựa trên các điểm dữ liệu không bị thiếu lân cận	<ul style="list-style-type: none"> - Giả sử mối quan hệ tuyến tính giữa các điểm dữ liệu - Có thể không phù hợp với mọi loại dữ liệu
Thay thế bằng phương pháp hồi qui tuyến tính	Ước tính giá trị còn thiếu bằng cách khớp mô hình hồi quy sử dụng các biến khác làm yếu tố dự đoán	<ul style="list-style-type: none"> - Chính xác hơn - Có thể gây ra hiện tượng đa cộng tuyến và quá khớp nếu các đặc trưng có mối tương quan cao với các đặc trưng khác
Thay thế dựa trên mô hình Phi tuyến	Sử dụng mô hình máy học để ước tính các giá trị còn thiếu dựa trên dữ liệu được quan sát	<ul style="list-style-type: none"> - Chính xác cao - Có thể phức tạp hơn và tốn kém hơn về mặt tính toán



NỘI DUNG

1. PHÁT HIỆN & XỬ LÝ DỮ LIỆU BỊ THIẾU
2. PHÁT HIỆN & XỬ LÝ DỮ LIỆU NGOẠI LỆ
3. TẠO ĐẶC TRƯNG MỚI – FEATURE EXTRACTION
4. BIẾN ĐỔI ĐẶC TRƯNG – FEATURE TRANSFORMATION
5. CHỌN LỰA ĐẶC TRƯNG – FEATURE SELECTION



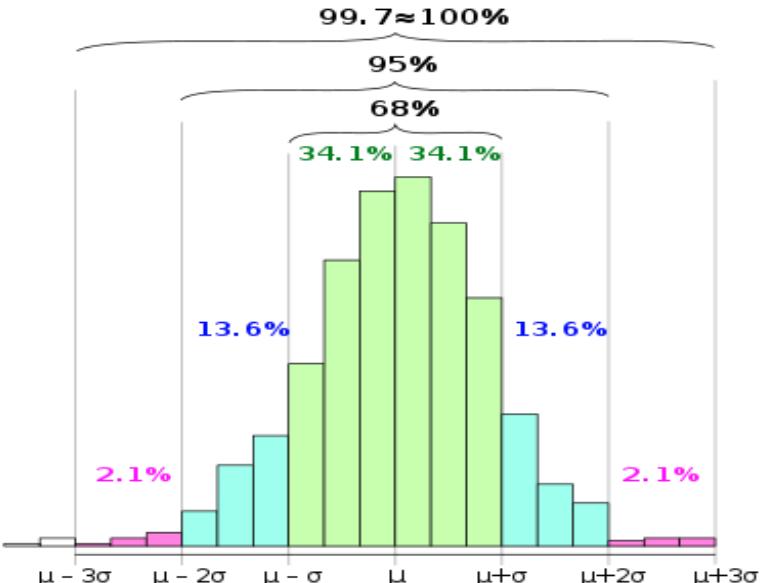
Phát hiện ngoại lệ

- Có hai cách tiếp cận:
 - Phương pháp **thống kê** (xem nội dung EDA)
 - Tự động phát hiện ngoại lệ
 - Phương pháp [Local Outlier Factor](#)
 - Phương pháp [Isolation Forest](#)
 - Phương pháp [EllipticEnvelope](#)
 - Phương pháp [One-class SVM](#)
- Công cụ tự động: [CleanLab tìm OOD](#), [phát hiện vấn đề dữ liệu](#)

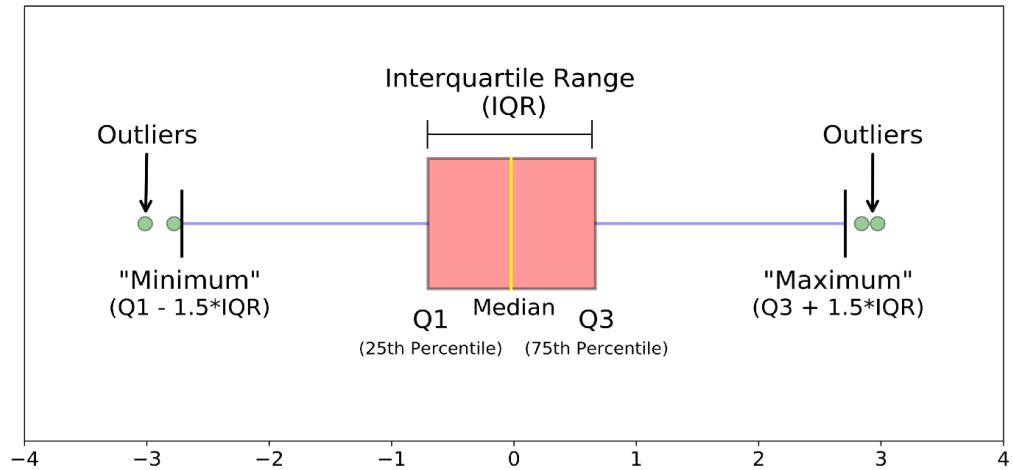
có thể có sự bất nhất trong dữ liệu vd trong 1 record 1 đối tượng có 2 cách gọi khác nhau

Nhắc lại: Phương pháp thống kê với EDA

- Phương pháp thống kê:
 - **Phương pháp tính trung bình và độ lệch chuẩn:** để xác định các giá trị ngoại lệ (với dữ liệu dạng Gaussian hoặc tương tự Gaussian)
 - **Phương pháp Interquartile Range (IQR):** để xác định các giá trị ngoại lệ với dữ liệu phân phối không phải Gaussian



ngoài nữa cũng là ngoại lệ





Xử lý dữ liệu ngoại lệ

- Tương tự như xử lý dữ liệu bị thiếu:
 - Loại bỏ
 - Thay thế đơn giản
 - Sử dụng mô hình dự đoán



Một số thao tác làm sạch dữ liệu khác

Re indexing

```
data.set_index('column', inplace = True)  
data.reset_index(drop = True)
```

sau khi xóa, hợp nhất thì phải re indexing lại để
truy cập an toàn và nhanh hơn

Re-formatting

```
data['column'] = data['column'].astype(int)
```

không phải dạng số thì format lại

Correcting inconsistent data

```
data['column'].replace(old_value, new_value, inplace = True)
```

thay giá trị cũ nếu vi phạm tính nhất quán



Một số thao tác làm sạch dữ liệu khác

```
# Remove duplicates
```

```
data.drop_duplicates()
```

```
# Drop unnecessary columns
```

```
data.drop(columns = [list cols], axis = 1)
```

giống như có 2 cột STT và MaSo trùng nhau thì drop

```
# Drop/Filter unnecessary rows
```

```
data.drop([0, 1], inplace = True)
```

```
data[data['column_filter'] == 'abc']
```



NỘI DUNG

1. PHÁT HIỆN & XỬ LÝ DỮ LIỆU BỊ THIẾU
2. PHÁT HIỆN & XỬ LÝ DỮ LIỆU NGOẠI LỆ
3. TẠO ĐẶC TRƯNG MỚI – FEATURE EXTRACTION
4. BIẾN ĐỔI ĐẶC TRƯNG – FEATURE TRANSFORMATION
5. CHỌN LỰA ĐẶC TRƯNG – FEATURE SELECTION



Tạo đặc trưng mới

- Biến đổi toán học giữa các đặc trưng đã có

Tạo cột (đặc trưng mới)

Quảng đường = Vận tốc x Thời gian

Nhân viên	Vận tốc	Thời gian	Q. đường
Nhân viên A	7	8	56
Nhân viên B	9	10	90
Nhân viên C	11	6	66
Nhân viên D	20	4	80
Nhân viên E	10	3	30



Tạo đặc trưng mới (2)

- Đếm tần số xuất hiện

{'Red': 3, 'Blue': 2, 'Green': 1}

Value	Color	Color_count
100	Red	3
150	Red	3
50	Blue	2
200	Red	3
100	Green	1
100	Blue	2



Tạo đặc trưng mới (3)

- Tổng hợp đặc trưng theo nhiều cột

mỗi dòng là 1 người

Bus	Car	Motorbike	use_vehicle
0	0	0	0
0	0	1	1
0	0	0	0
1	0	0	1
0	1	1	1

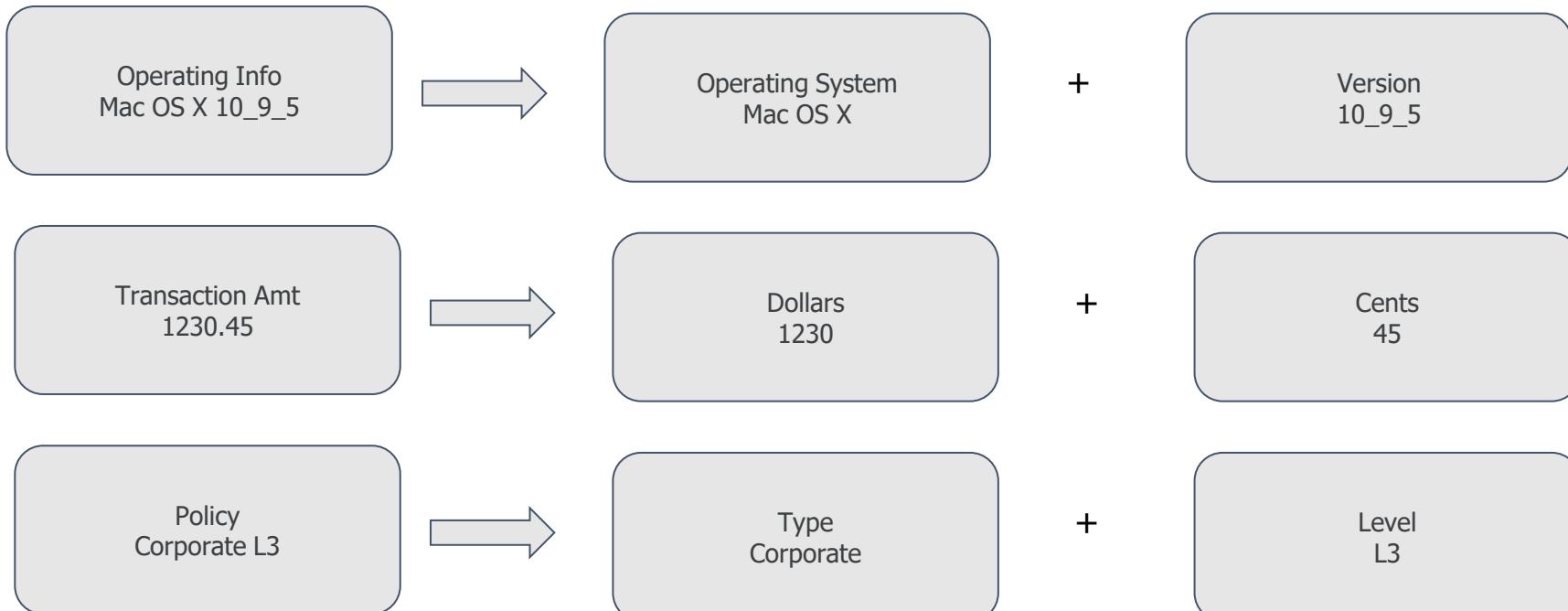
sử dụng phương tiện nào nhiều nhất

dùng hàm max



Phân rã đặc trưng

- Một số đặc trưng ở dạng chuỗi phức tạp, nhưng **có cấu trúc**
→ Có thể phân rã ra thành nhiều đặc trưng.
- Ví dụ: “**0612450**” → Năm: 2006, hệ: chính quy, khoa: KHMT, STT: 450



Một số ví dụ khác



Tổng hợp đặc trưng

- Có thể tạo đặc trưng tổng hợp từ nhiều đặc trưng thành phần

Make	Type	Make_Type
Toyota	Sedan	Toyota_Sedan
Audi	Sedan	Audi_Sedan
Honda	Crossover	Honda_Crossover
Honda	Hatchback	Honda_Hrossover
Toyota	SUV	Honda_SUV
Mercedes	Sedan	Honda_Sedan



Tổng hợp theo nhóm

- Tổng hợp thông tin trên nhiều dòng dữ liệu, thực hiện theo nhóm
- Sử dụng groupby, tổng hợp theo “mean”, “max”, “min”...

City	Salary	AvgSalary
Danang	10	12.000000
HCM	20	13.333333
Hanoi	15	15.000000
HCM	8	13.333333
HCM	12	13.333333
Hanoi	15	15.000000
Danang	14	12.000000

lương trung bình ứng với thành phố



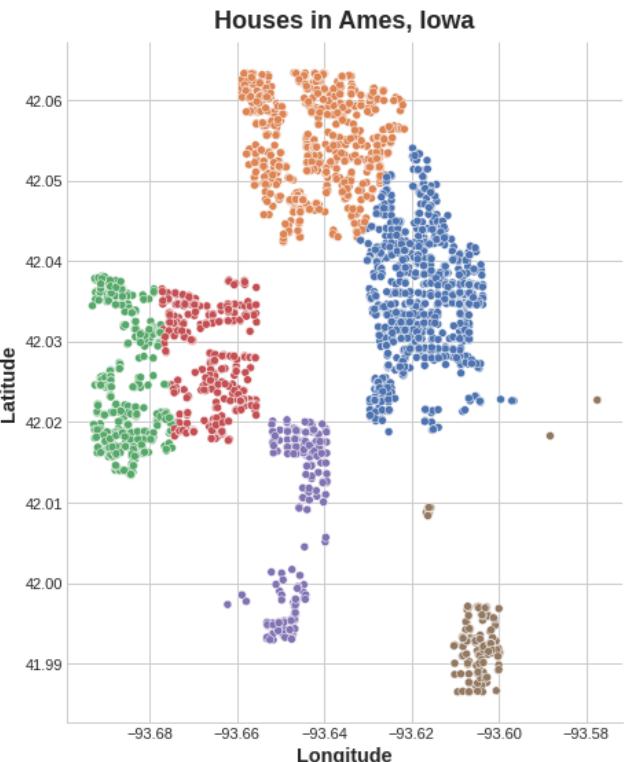
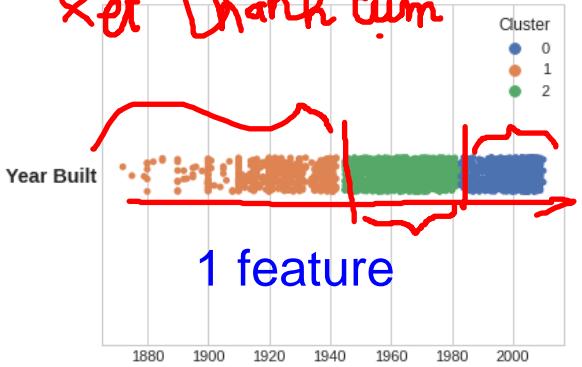
Đặc trưng cụm

- Dựa trên phân cụm của một / một số đặc trưng trong dữ liệu

>=2 feature đều gom cụm được

gom cụm mức lương

xét thành cụm



City	Salary	Cluster
Danang	10	1
HCM	20	0
Hanoi	15	0
HCM	8	1
HCM	12	1
Hanoi	15	0
Danang	14	0
Danang	35	2
Hanoi	30	2
HCM	5	1

Cụm: lương trung bình

5 10 14 15
1 7 12 25
thêm
Cao

Cụm: lương cao

có thể chọn chặn bất kì do đó gây gom cụm khác nhau



Đặc trưng thành phần chính PCA

principal component analysis

- Các thành phần chính của dữ liệu có thể mang lại nhiều thông tin hơn các đặc trưng ban đầu → phân tích thành phần chính

sepal length	sepal width	petal length	petal width	PCA1	PCA2
-0.900681	1.019004	-1.340227	-1.315444	-2.264703	0.480027
-1.143017	-0.131979	-1.340227	-1.315444	-2.080961	-0.674134
-1.385353	0.328414	-1.397064	-1.315444	-2.364229	-0.341908
-1.506521	0.098217	-1.283389	-1.315444	-2.299384	-0.597395
-1.021849	1.249201	-1.340227	-1.315444	-2.389842	0.646835
...
1.038005	-0.131979	0.819596	1.448832	1.870503	0.386966
0.553333	-1.282963	0.705921	0.922303	1.564580	-0.896687
0.795669	-0.131979	0.819596	1.053935	1.521170	0.269069

Hai thành phần chính từ 4 thành phần ban đầu

chỉ lấy 2 đặc trưng tốt nhất để bổ trợ thêm

PCA1 là tổ hợp tuyến tính 4 biến gốc được chuẩn hóa

, PCA2 vuông góc với PCA1



NỘI DUNG

- 1. PHÁT HIỆN & XỬ LÝ DỮ LIỆU BỊ THIẾU**
- 2. PHÁT HIỆN & XỬ LÝ DỮ LIỆU NGOẠI LỆ**
- 3. TẠO ĐẶC TRƯNG MỚI – FEATURE EXTRACTION**
- 4. BIẾN ĐỔI ĐẶC TRƯNG – FEATURE TRANSFORMATION**
- 5. CHỌN LỰA ĐẶC TRƯNG – FEATURE SELECTION**



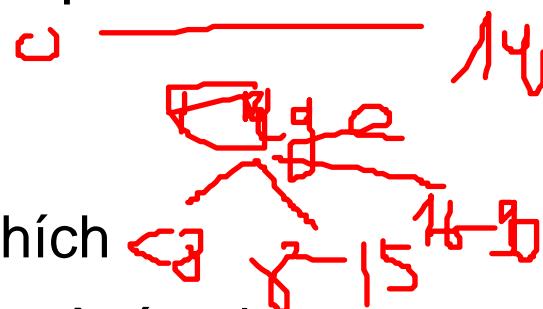
Tại sao cần Biến đổi đặc trưng

- **Yêu cầu loại dữ liệu đầu vào của mô hình:**
 - Nhiều mô hình yêu cầu dữ liệu dạng số, trong khi đặc trưng có thể ở dạng khác nhau **chuyển số thành phân loại hoặc ngược lại**
 - Biến đổi dữ liệu từ dạng khác về dạng số → mô hình có thể chạy được
- **Giả định về dữ liệu đầu vào của mô hình:** Một số mô hình dữ liệu đầu vào yêu cầu phân phối chuẩn, 1 số là 0 đến 1
 - Nhiều mô hình máy học đặt giả định về **phân bố** và **tỉ lệ (scale)** của dữ liệu đầu vào
 - Biến đổi từ dữ liệu gốc về các tỉ lệ / phân bố giả định của mô hình (normalize / scale dữ liệu) → chính xác hơn, học nhanh hơn



Tại sao cần Biến đổi đặc trưng

- **Vấn đề dữ liệu nhiễu:**
 - Các giá trị nhiễu có thể ảnh hưởng lớn đến hiệu quả mô hình
 - Biến đổi log transform, robust scaler → giảm sự ảnh hưởng dữ liệu nhiễu
- **Vấn đề giải thích kết quả:**
 - Đặc trưng có giá trị liên tục có thể làm mô hình khó hiểu / giải thích
 - Binning transformation → chia khoảng giá trị → mỗi khoảng có một ý nghĩa
- **Vấn đề quan hệ phi tuyến giữa các đặc trưng**
 - Quan hệ phi tuyến làm cho mô hình hóa và giải thích trở nên khó khăn hơn
 - Biến đổi để chuyển về dạng tuyến tính: log transform → đơn giản hơn
 - Ex: $Y = b * \exp(a*X) \rightarrow \log(Y) = \log(b) + a*X$





Biến đổi đặc trưng

dạng số hoặc dạng danh mục (phân loại)

- Biến đổi dữ liệu dạng số:
 - Min-Max scaling

	RoomService	FoodCourt	ShoppingMall	Spa	VRDeck
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	109.0	9.0	25.0	549.0	44.0
2	43.0	3576.0	0.0	6715.0	49.0
3	0.0	1283.0	371.0	3329.0	193.0
4	303.0	70.0	151.0	565.0	2.0

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

[0,1] tuân theo
phân bố chuẩn



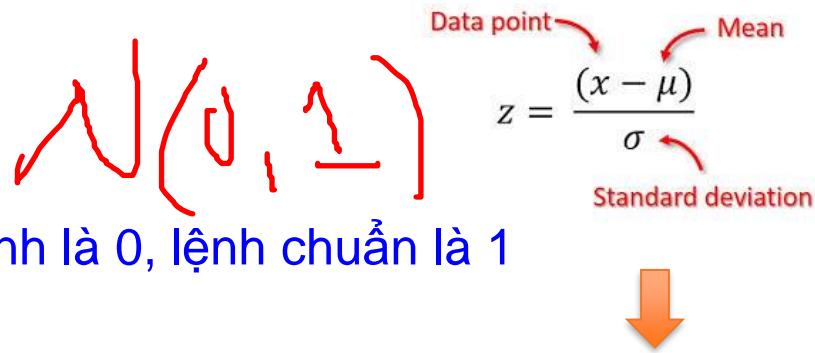
	RoomService	FoodCourt	ShoppingMall	Spa	VRDeck
0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
1	0.007608	0.000302	0.001064	0.024500	0.001823
2	0.003001	0.119948	0.000000	0.299670	0.002030
3	0.000000	0.043035	0.015793	0.148563	0.007997
4	0.021149	0.002348	0.006428	0.025214	0.000083



Biến đổi đặc trưng

- Biến đổi dữ liệu dạng số:
 - Min-Max scaling
 - Standardization (Z-score scaling)

phân bố chuẩn trung bình là 0, lệnh chuẩn là 1



độ lệch chuẩn P

	RoomService	FoodCourt	ShoppingMall	Spa	VRDeck
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	109.0	9.0	25.0	549.0	44.0
2	43.0	3576.0	0.0	6715.0	49.0
3	0.0	1283.0	371.0	3329.0	193.0
4	303.0	70.0	151.0	565.0	2.0

	RoomService	FoodCourt	ShoppingMall	Spa	VRDeck
0	-0.337025	-0.284274	-0.287317	-0.273736	-0.266098
1	-0.173528	-0.278689	-0.245971	0.209267	-0.227692
2	-0.272527	1.934922	-0.287317	5.634034	-0.223327
3	-0.337025	0.511931	0.326250	2.655075	-0.097634
4	0.117466	-0.240833	-0.037590	0.223344	-0.264352



Biến đổi đặc trưng

- Biến đổi dữ liệu dạng số:
 - Min-Max scaling
 - Standardization (Z-score scaling)
 - Robust Scaler

$$x' = \frac{x - \text{median}(x)}{\text{Interquartile Range}} = \frac{x - \text{median}(x)}{(Q3 - Q1)}$$

Robust Standardised Value

Original Value

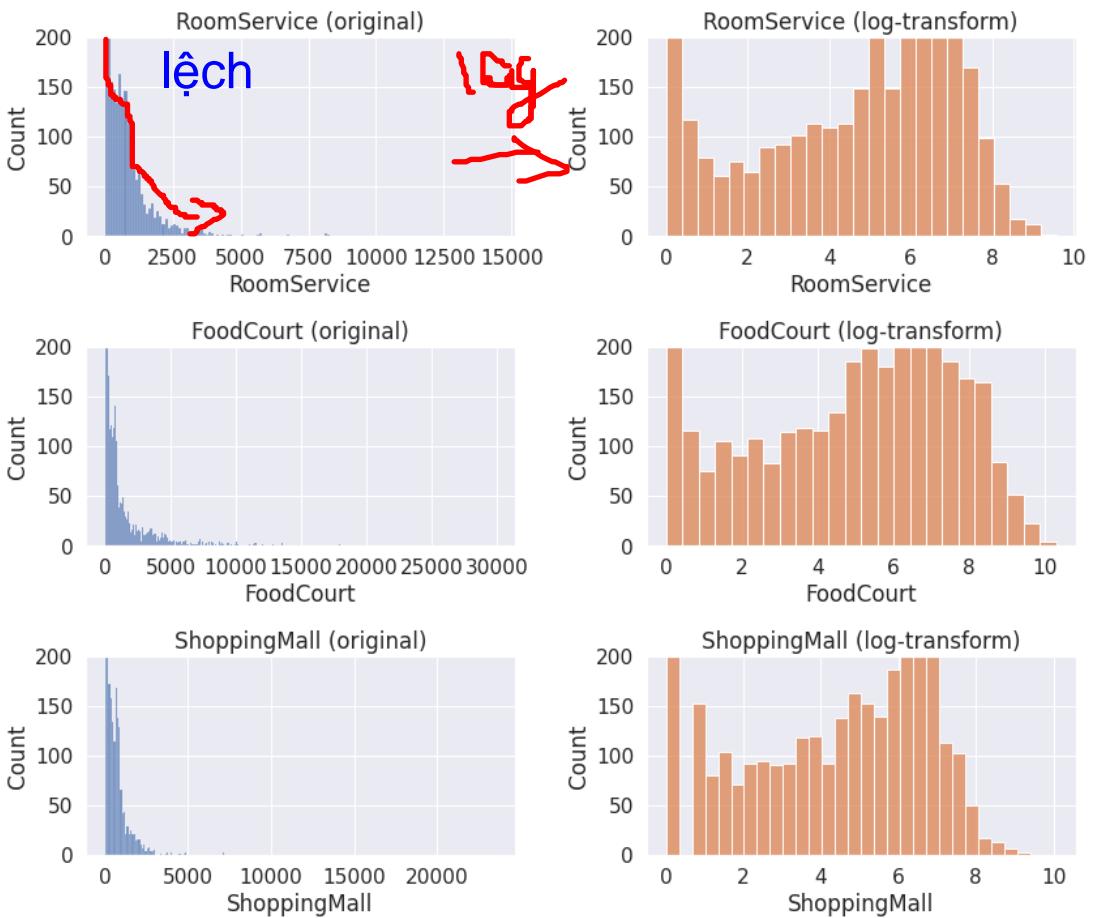
Sample Median

Interquartile Range =
 $Q3 - Q1$



Biến đổi đặc trưng

- Biến đổi dữ liệu dạng số:
 - Min-Max scaling
 - Standardization (Z-score scaling)
 - Robust Scaler
 - Log Transform





Biến đổi đặc trưng

- Biến đổi dữ liệu **dạng số**:
 - Min-Max scaling
 - Standardization (Z-score scaling)
 - Robust Scaler
 - Log Transform
 - **Rời rạc hóa** (Discretization hay binning)

	PassengerId	Age
0	0001_01	39.0
1	0002_01	24.0
2	0003_01	58.0
3	0003_02	33.0
4	0004_01	16.0

đưa về dạng phân loại

	PassengerId	Age_group
0	0001_01	Age_31-50
1	0002_01	Age_18-25
2	0003_01	Age_51+
3	0003_02	Age_31-50
4	0004_01	Age_13-17



Biến đổi đặc trưng

- Biến đổi dữ liệu dạng danh mục (phân loại):
 - One-hot encoding

	PassengerId	HomePlanet
0	0001_01	Europa
1	0002_01	Earth
2	0003_01	Europa
3	0003_02	Europa
4	0004_01	Earth



	is_Earth	is_Europa	is_Mars
0	0	1	0
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	1	0
4	1	0	0



Biến đổi đặc trưng

- Biến đổi dữ liệu **dạng danh mục (phân loại)**:
 - One-hot encoding
 - Ordinal encoding

Dù là phân loại nhưng có thứ tự

	PassengerId	Age_group
0	0001_01	Age_31-50
1	0002_01	Age_18-25
2	0003_01	Age_51+
3	0003_02	Age_31-50
4	0004_01	Age_13-17



Age_group	Age_group_encode
Age_31-50	5.0
Age_18-25	3.0
Age_51+	6.0
Age_31-50	5.0
Age_13-17	2.0



Biến đổi đặc trưng

- Biến đổi dữ liệu dạng danh mục (phân loại):
 - One-hot encoding
 - Ordinal encoding
 - Label encoding

giá trị phân loại được chuyển thành con số và là 1 con số bất kì không có thứ tự

PassengerId	HomePlanet
0	0001_01
1	0002_01
2	0003_01
3	0003_02
4	0004_01



PassengerId	HomePlanet	HomePlanet_enc
0	0001_01	0
1	0002_01	1
2	0003_01	0
3	0003_02	0
4	0004_01	1



Biến đổi đặc trưng

- Biến đổi dữ liệu **dạng danh mục (phân loại)**:
 - One-hot encoding
 - Ordinal encoding
 - Label encoding
 - Target Encoding

tương ứng nhiều giá trị transported y gom lại rồi chia ra tỉ lệ

HomePlanet Transported

0	Europa	False
1	Earth	True
2	Europa	False
3	Europa	False
4	Earth	True
5	Earth	True

tỉ lệ chiếm
trên tổng thể
của mẫu đó



HomePlanet Transported HomePlanet_target_en

0	Europa	False	0.658846
1	Earth	True	0.423946
2	Europa	False	0.658846
3	Europa	False	0.658846
4	Earth	True	0.423946
5	Earth	True	0.423946

6
7. Europa True



NỘI DUNG

- 1. PHÁT HIỆN & XỬ LÝ DỮ LIỆU BỊ THIẾU**
- 2. PHÁT HIỆN & XỬ LÝ DỮ LIỆU NGOẠI LỆ**
- 3. TẠO ĐẶC TRƯNG MỚI – FEATURE EXTRACTION**
- 4. BIẾN ĐỔI ĐẶC TRƯNG – FEATURE TRANSFORMATION**
- 5. CHỌN LỰA ĐẶC TRƯNG – FEATURE SELECTION**



Tại sao cần Chọn lựa đặc trưng

- Vấn đề độ chính xác của mô hình:

- Các đặc trưng không liên quan và dư thừa **làm mô hình bị nhiễu**
 - Chỉ chọn đặc trưng phù hợp → giảm nhiễu → tăng độ chính xác

- Vấn đề overfitting:

- Mô hình phức tạp **hấp thụ các đặc trưng nhiễu** nhiều hơn mô hình đơn giản
 - Loại bỏ đặc trưng nhiễu → mô hình đơn giản hơn → tránh overfitting



Tại sao cần chọn đặc trưng

- **Vấn đề thời gian và chi phí huấn luyện:**
 - Nhiều đặc trưng → mô hình phức tạp → **tốn chi phí tính toán và thời gian**
 - Chọn đặc trưng quan trọng nhất → giảm chi phí và thời gian
 - **Vấn đề khả năng giải thích của mô hình:**
 - Mô hình quá nhiều đặc trưng → **khó giải thích** (cho khách hàng)
 - Chỉ chọn những đặc trưng quan trọng → dễ giải thích và hiểu lý do ra quyết định của mô hình
- không lấy hết vì có khi không giải thích được lấy để làm gì



Một số kỹ thuật chọn đặc trưng

độ tương quan, phương sai, tỉ lệ thiểu

01

Phương pháp Filter

- Correlation coefficient: Pearson,..
- Variance Threshold
- Missing value ratio; Mutual Information

02

Phương pháp Wrapper

- Forward Selection
- Backward Elimination
- Recursive Feature Elimination (RFE)

03

Phương pháp Embedded

- LASSO, Ridge Regression, Elastic Net
- Tree-based: Random Forest, GBM

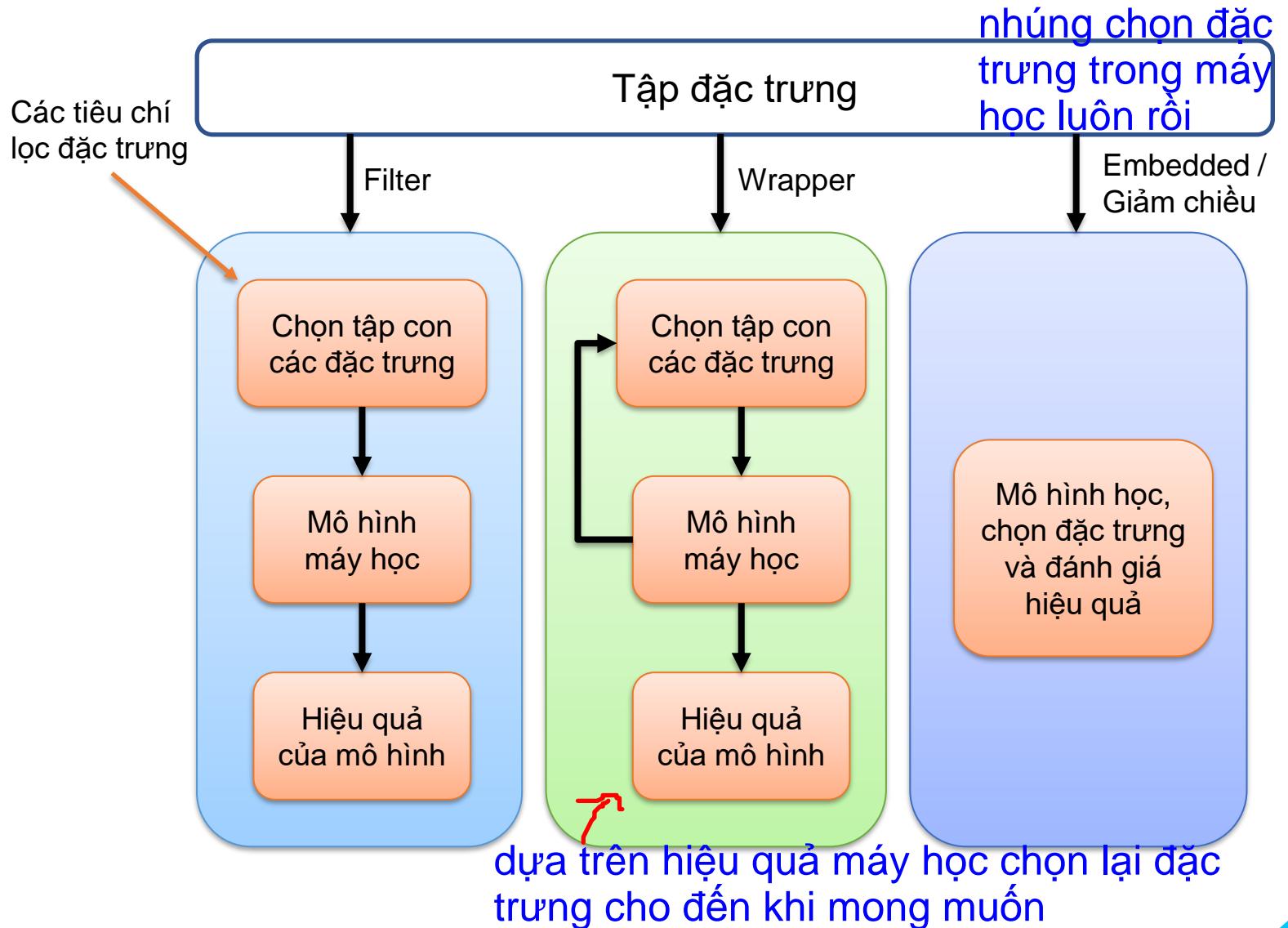
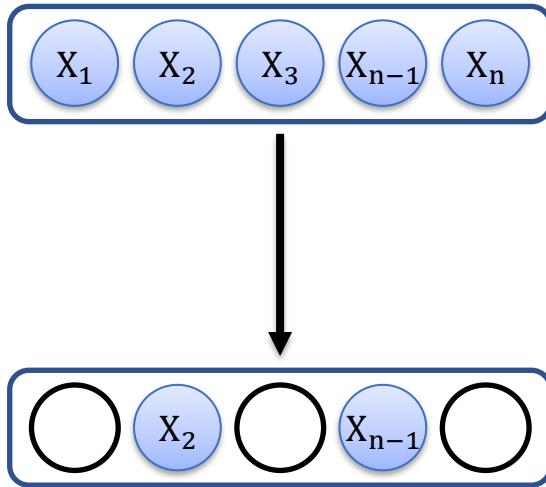
04

Phương pháp giảm chiều

- Component/Factor based: Factor Analysis, PCA, ICA
- Projection based: t-SNE, UMAP



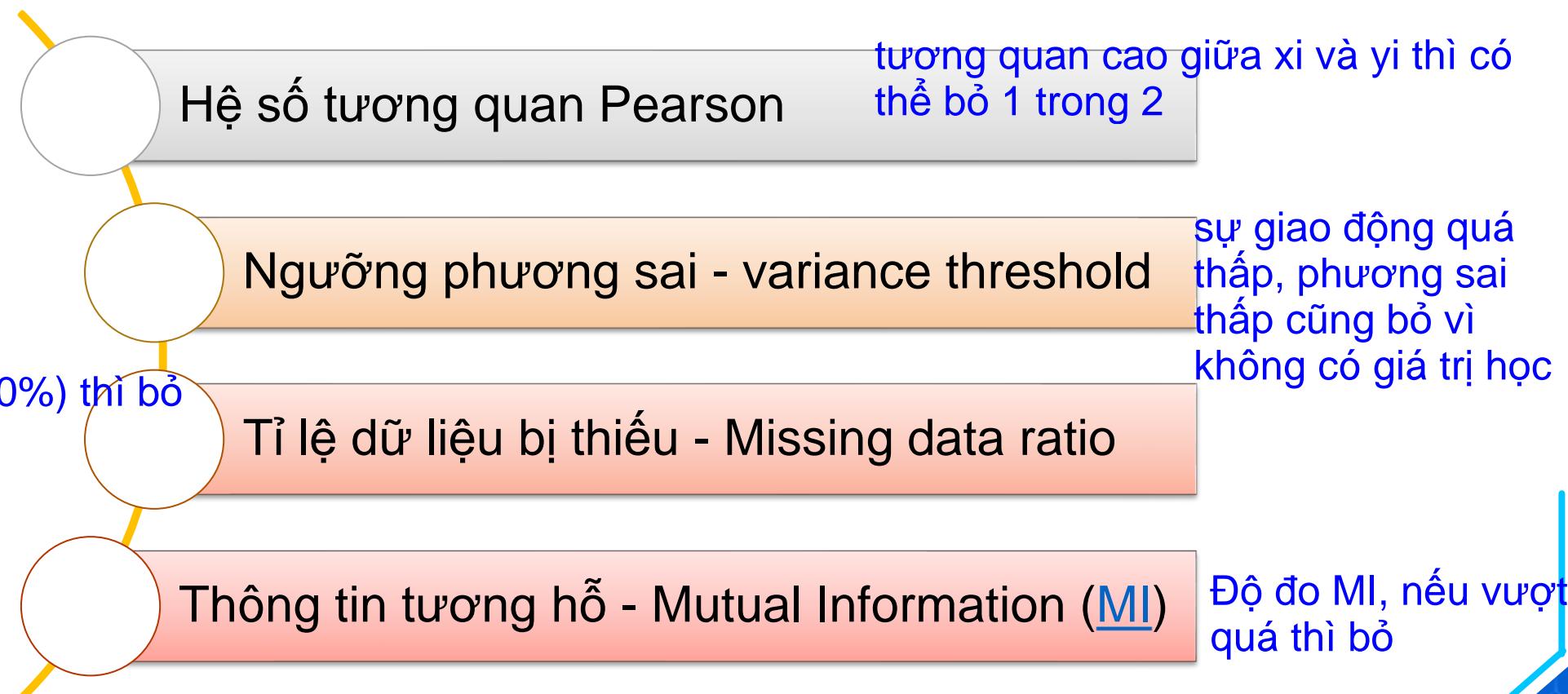
Một số kỹ thuật chọn đặc trưng





Phương pháp 1: Filter

- Áp dụng **một loại chỉ số** để loại bỏ các đặc trưng không liên quan hoặc dư thừa





Phương pháp 1: Filter

- Nhận xét:

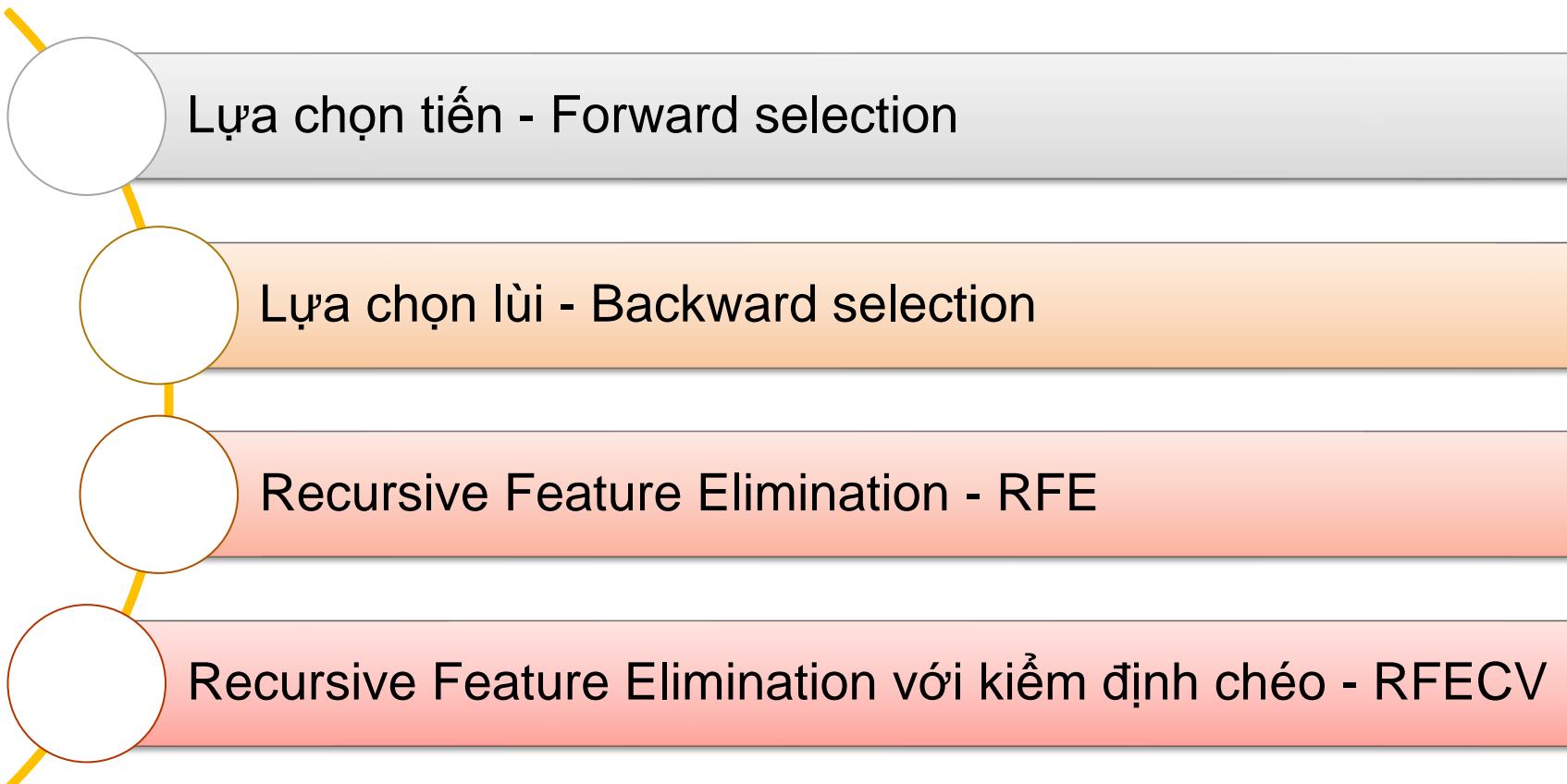
ƯU ĐIỂM	KHUYẾT ĐIỂM
<ul style="list-style-type: none">Nhanh, do chọn đặc trưng nhưng không cần huấn luyệnDễ hiểu, dễ thực hiện	<ul style="list-style-type: none">Thiếu sự tương tác giữa các đặc trưngCó thể bỏ lỡ tập đặc trưng tối ưuCó khả năng xóa thừa dữ liệu

có thể các đặc trưng có mối liên hệ nào đó mà mình không nhìn thấy



Phương pháp 2: Wrapper

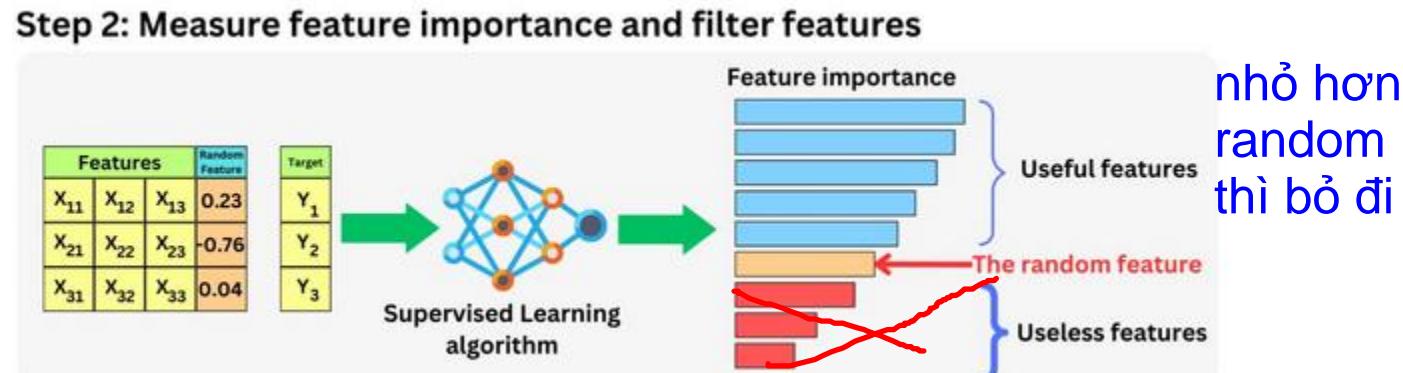
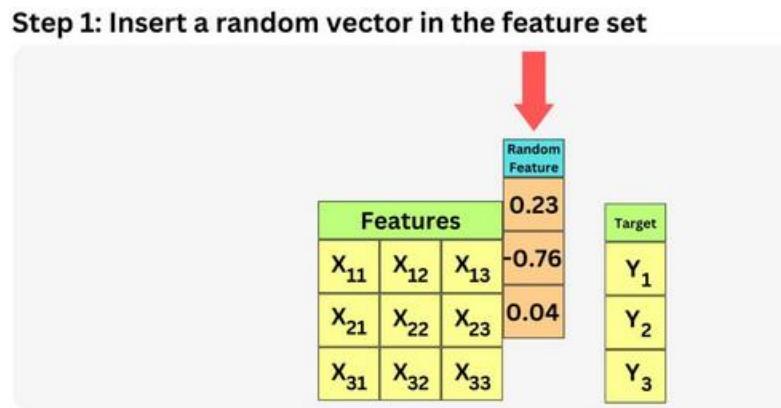
- Sử dụng mô hình dự đoán để đánh giá hiệu quả các tập hợp con đặc trưng



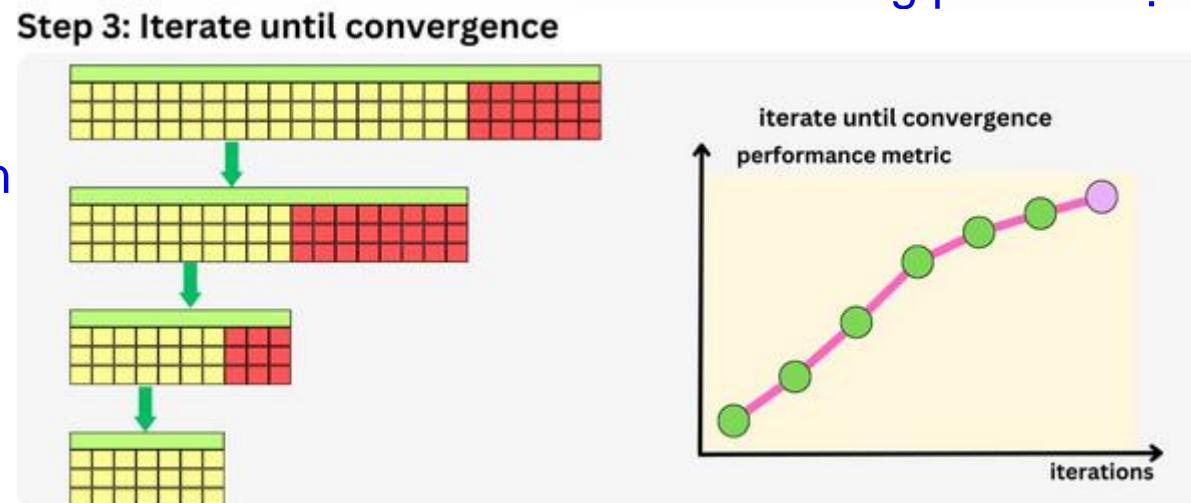


Phương pháp 2: Wrapper với Random Bar

- So sánh mức độ quan trọng của đặc trưng với đặc trưng ngẫu nhiên



thường phải có độ đo, để có thể đánh giá được



lặp lại để bỏ dần



Phương pháp 2: Wrapper

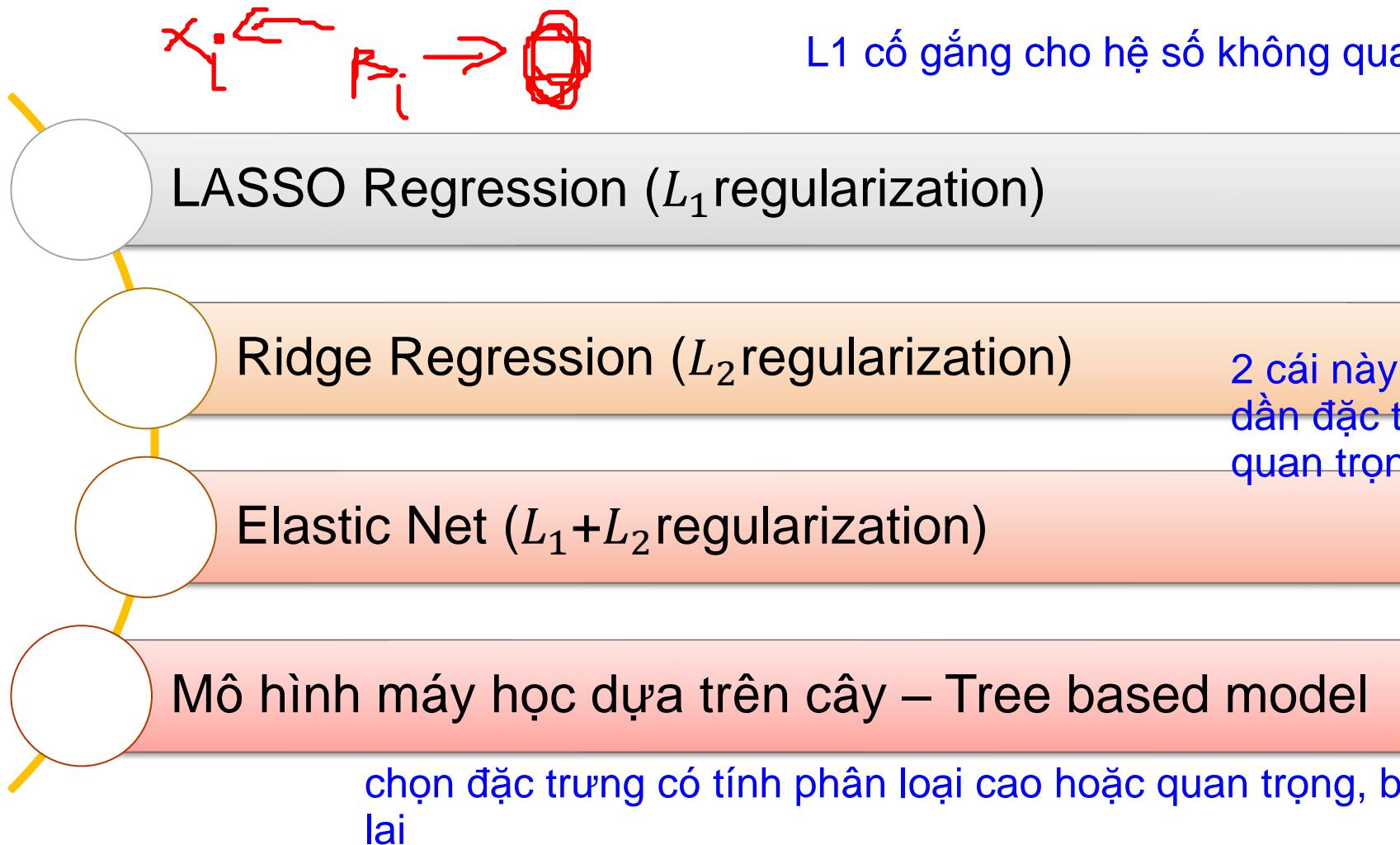
- Nhận xét

ƯU ĐIỂM	KHUYẾT ĐIỂM
<ul style="list-style-type: none">Có sự tương tác giữa các đặc trưngTập con đặc trưng tối ưu theo mô hình	<ul style="list-style-type: none">Chi phí tính toán lớn vì lặp lại nhiều lầnDễ bị overfittingPhức tạp hơn so với phương pháp Filter



Phương pháp 3: Embedded model

- Chọn lựa đặc trưng là một phần của quá trình học của mô hình





Phương pháp 3: Embedded model

- Nhận xét

ƯU ĐIỂM	KHUYẾT ĐIỂM
<ul style="list-style-type: none">- Hiệu quả tính toán cao hơn Wrapper- Tính tổng quát cao hơn, có sự tương tác giữa các đặc trưng và tham số của mô hình	<ul style="list-style-type: none">- Khả năng giải thích đặc trưng thấp hơn so với PP Filter- Có khả năng overfit khi mô hình phức tạp và tập dữ liệu nhỏ

giải thích thấp vì nó được tích hợp vào trong
khó giải thích sao lại chọn đặc trưng này mà
không phải đặc trưng kia



Phương pháp 4: Giảm chiều dữ liệu

- Dựa trên nền tảng máy học không giám sát: PCA, ICA, tSNE, ...

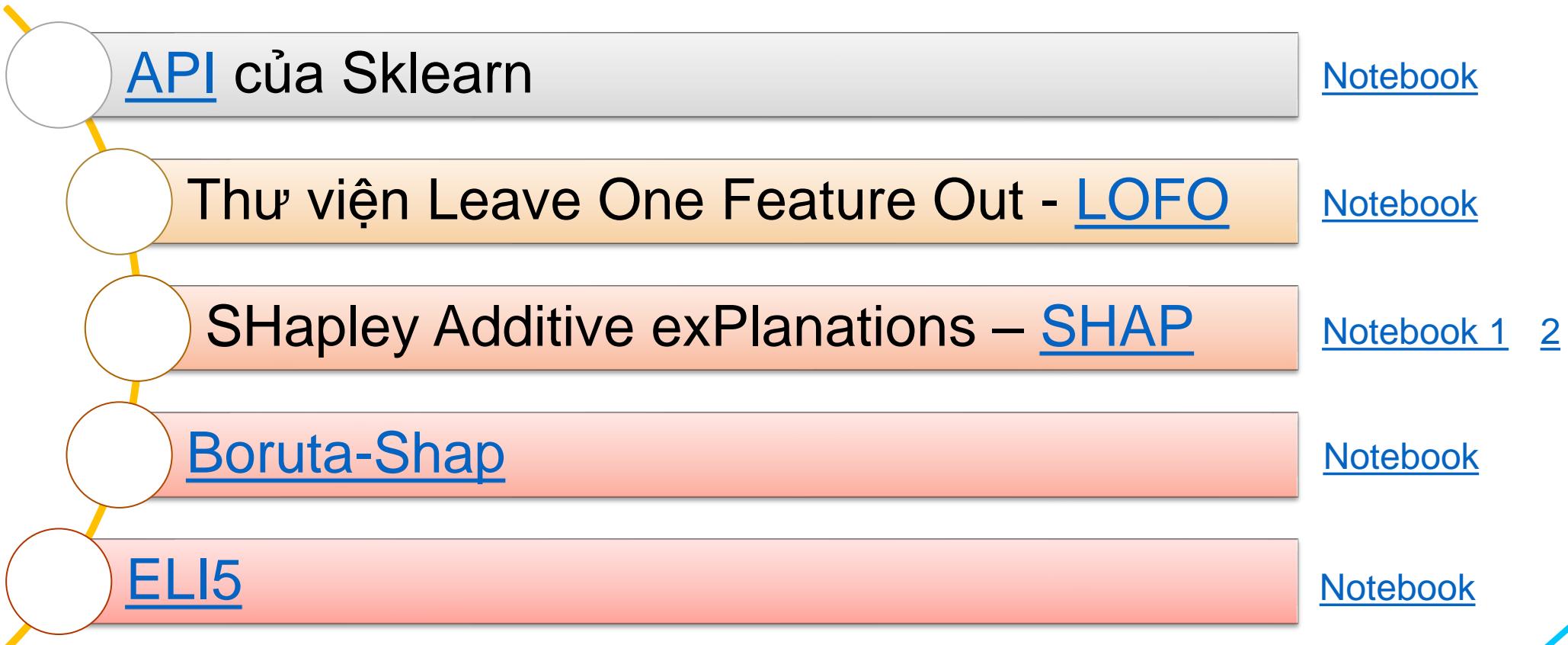


ƯU ĐIỂM	KHUYẾT ĐIỂM
<ul style="list-style-type: none">Hiệu quả tính toán cao (do biến đổi tuyến tính)Có thể trực quan hóa: 2D hoặc 3DCó thể loại bỏ được các đặc trưng nhiễu (đặc trưng có phương sai thấp)	<ul style="list-style-type: none">Khả năng giải thích đặc trưng thấpKhông phù hợp với các loại dữ liệu phân loại (categorical)Chuyển đặc trưng sang không gian khác → không xác định được tập con các đặc trưng quan trọng ở không gian gốc



Một số công cụ chọn lựa đặc trưng

- Các phương pháp tiếp cận trên được cài đặt, hỗ trợ trong các API, thư viện sau:





BÀI QUIZ VÀ HỎI ĐÁP