DS076- Features Engineering & Selection -all

By: Nourah Al mutlaq

-اختيار وهندسة المُدخلات (Feature Selection and Engineering)

بعد تجهيز البيانات، يتم الانتقال لمرحلة اختيار المُدخلات التي نريد استخراج المعلومات منها أو بناء نماذج التعلم الآلي، في بعض الأحيان لايكفي اختيار مدخلات (Feature Selection) فقط وإنما نحتاج أيضا إلى هندسة هذه المدخلات (Feature Engineering) لكن مالفرق بين المصطلحين؟

أولا: اختيار المُدخلات (Feature Selection)

- مرحلة اختيار المدخلات (features) ونقصد بها اختيار مجموعة محددة من الأعمدة التي نود استخراج معلومات منها واستبعاد المدخلات التي لاتعطي معلومات مفيدة لبناء نماذج التعلم الآلي.
- مرحلة نقتصر فيها على اختيار المدخلات القيّمة واستبعاد القيم الغير مفيدة مثل (noise data).

لماذا نحتاج (Feature Selection)؟

- تساهم هذه المرحلة في رفع كفاءة نماذج التعلم الآلي في مرحلة التدريب (Training Phase).
- رفع دقة نماذج التعلم الآلي عن طريق حذف irrelevant features، القيم المكررة أو highly correlated.

ثانيا: هندسة وتحوير المدخلات (Features Engineering)

- مرحلة يتم فيها نقل البيانات من شكلها الخام إلى شكل يقدم معلومة أفضل ويخدم الهدف المُراد تحقيقه.
- مرحلة يتم فيها إنتاج و اكتشاف معلومات و مدخلات جديدة (new features) لم تكن موجودة في مجموعة البيانات الأصلية (original dataset)؛ لزيادة دقة التنبؤ (predictive power) في خوارزميات التعلم الآلي (machine learning model).

لماذا نحتاج هندسة المدخلات؟

- تساهم هذه المرحلة في رفع دقة النتائج التي نحصل عليها.
- تساعد بمعرفة أفضل تمثيل للبيانات لاستنتاج حل للمشكلة التي نعمل عليها.
- تحويل المدخلات إلى صورة نستطيع من خلالها فهم النتائج المستهدفة.

أمثلة على هندسة المدخلات:

- جدول المبيعات لمنتجين A و B في شركة ما.

Sale Amount	Product	Day	Client	Sales Representative
200	A	7 Dec 2022	Lama	Sara
400	A	7 Dec 2022	Omer	Nourah
200	A	12 Dec 2022	Sama	Nourah
150	B	7 Dec 2022	Asma	Khaled
300	B	29 Dec 2022	Fahad	Sara
150	B	7 Dec 2022	Salem	Ahmed
600	A	12 Dec 2022	Fatemah	Nourah
800	A	1 Jan 2023	Ali	Khaled

من الجدول السابق يمكننا استخلاص معلومات أو مدخلات جديدة (new feature) وهي **(Product Sales Per Day)** عن طريق تجميع البيانات كما في الشكل التالي.

Product Sales Per Day	Day	Product
600	7 Dec 2022	A
300	7 Dec 2022	B
800	12	A

	Dec 2022	
0	12 Dec 2022	B
0	29 Dec 2022	A
300	29 Dec 2022	B
800	1 Jan 2023	A
0	1 Jan 2023	B

- من الأمثلة أيضا، استخراج مدخلات إضافية من عمود التاريخ (date) مثل:

- Day of the week
- Day of the month
- Month
- Year
- Weekend or weekday
- Public holiday or working day

من أشكال هندسة المدخلات

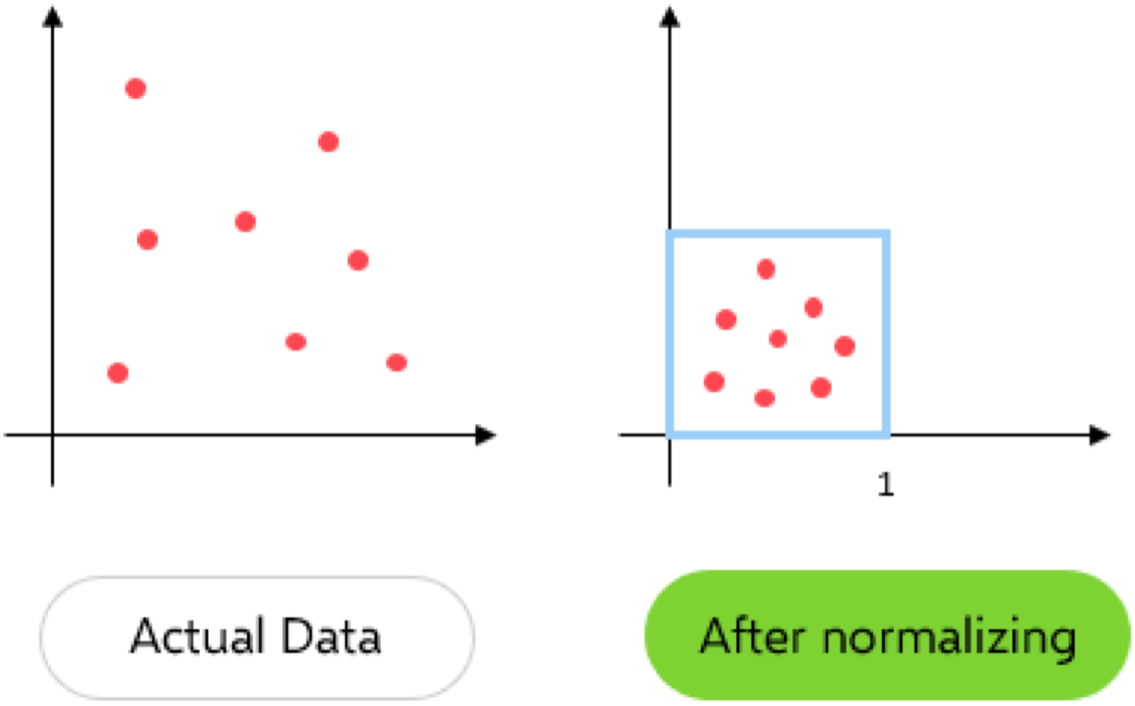
- **النوع الأول: إعادة ضبط المقياس Scaling، ويوجد عدة أمثلة عليه منها:**
  - استخدام Min-Max scaling.
  - استخدام Standardization.
  - استخدام Floor& Ceiling) Capping).
  - استخدام Quantile Transformers.

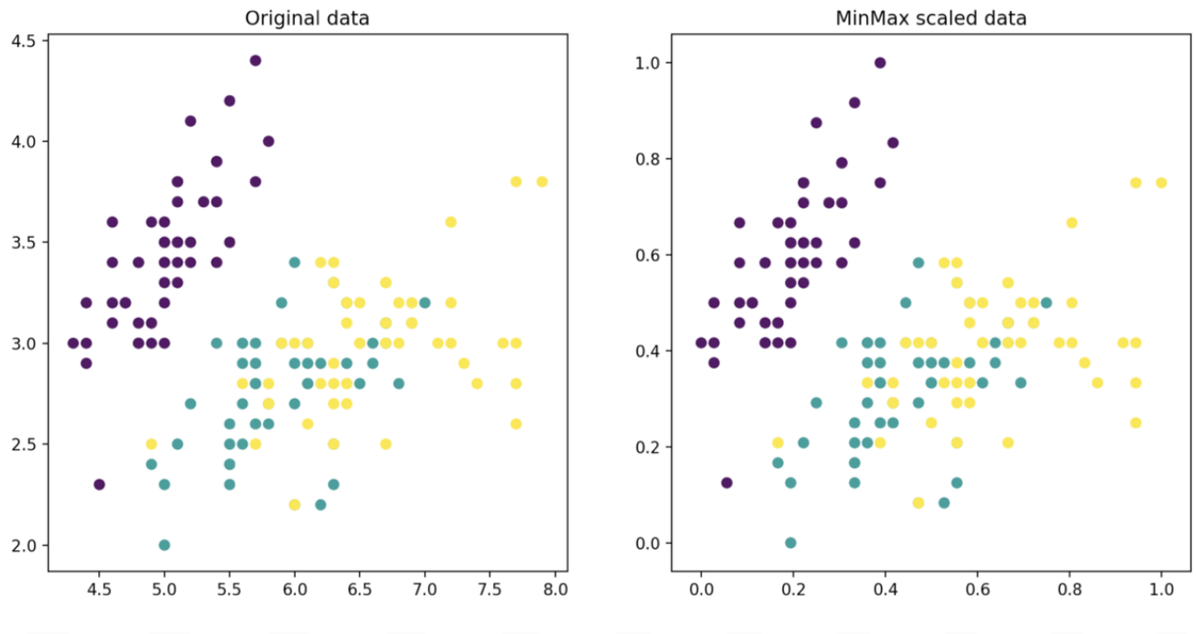
- **النوع الثاني: التجميع والتقطيع Merging & Disretization، ويوجد عدة أمثلة عليه منها:**

- استخدام Binning.
- استخدام Dimensionality Reduction.
- استخدام One-hot encoding.
- استخدام Aggregation Functions.

استخدام Min-Max scaling ويسمى Normalization.

المقصود به تحويل القيم الرقمية وإعادة ضبطها لتكون القيم محددودة بين 0 و 1.





الصيغة الرياضية كالتالي:

$$x_{scaled} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

python - Can someone explain to me how MinMaxScaler() works? - Stack Overflow

ما فائدة Min-Max scaling؟

- تفادي التحيز عن طريق توحيد القياس للخواص العددية لأن العديد من خوارزميات التعلم الآلي تميل لإيجاد trends في البيانات عن طريق المقارنة بين قيم البيانات وهذا يؤثر على عملية تعلم الآلة عند وجود اختلاف في مقاييس البيانات.
- من أفضل الأمثلة التي توضح أهمية تطبيق Min-Max scaling عندما يكون لدينا عمودين يعبران عن المسافة أحدهما يحوي المسافة بوحدات kms والآخر بوحدات Miles، بالرغم من أنهما يعبران عن المسافة إلا أن كل واحد منهما له مقياس scale مختلف عن الآخر.

تطبيق Min-Max scaling رياضيًا:

	Age	Salary
0	22	12000
1	23	11000
2	24	18000
3	25	17000
4	26	15000
5	27	16000
6	28	20000
7	29	25000
8	30	30000

عند تطبيق الصيغة السابقة على الصف الأول (العمر 22 والراتب 12,000) نحصل على التالي:

العمر = (22-22)/(22-30) = 0

الراتب = (12,000-30,000)/(30,000-11,000) = 0.05

يوضح الجدول التالي القيم بعد تطبيق Min-Max scaling:

	Age	Salary
0	0.000	0.052632
1	0.125	0.000000
2	0.250	0.368421
3	0.375	0.315789
4	0.500	0.210526
5	0.625	0.263158
6	0.750	0.473684
7	0.875	0.736842
8	1.000	1.000000

تطبيق Min-Max scaling عمليًا:

توفر مكتبة Scikit-Learn بلغة python خاصية تسمى `MinMaxScaler` و تحتوي `feature_range` hyperparameter يمكن من خلالها تعديل القيم 0–1 لأي قيم أخرى نريدها.

استخدام Standardization ويسمى *z*-score normalization

- يعمل Standardization بطريقة مختلفة عن Min-Max scaling حيث أنه لايُقيد القيم بنطاق معين.
- يحول البيانات بحيث يكون المتوسط لها (mean) يساوي الصفر و الانحراف المعياري (standard deviation) يساوي 1 بحيث يعمل بشكل مشابه للتوزيع الطبيعي (Standard Normal Distribution).
- يقوم بطرح المتوسط (mean) ثم القسمة على الانحراف المعياري (standard deviation).

الصيغة الرياضية كالتالي:

$$x_{scaled} = \frac{x - mean}{sd}$$

z score standardization - Hands-On Machine Learning on Google Cloud Platform [Book]

ما فائدة استخدام Standardization؟

- يتميز بأنه يتأثر بشكل أقل عند وجود outliers على عكس Min-max scaling.

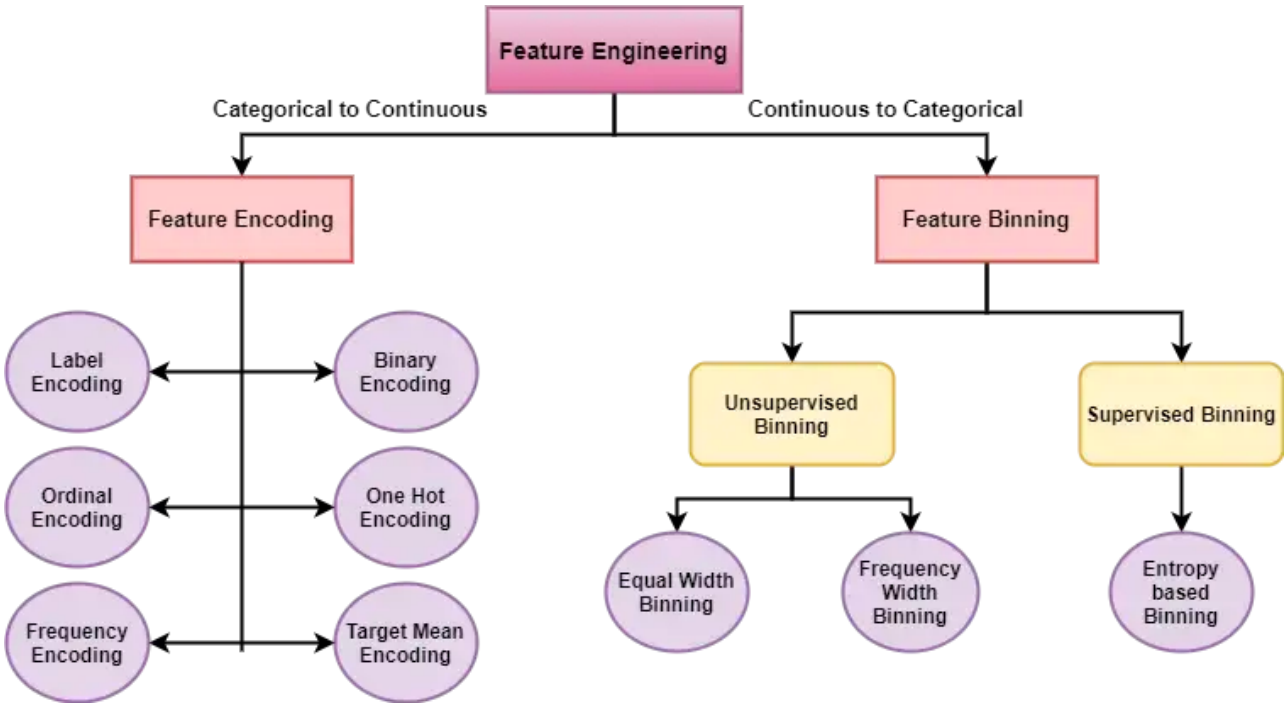
تطبيق Standardization عمليًا:

توفر مكتبة Scikit-Learn بلغة python خاصية تسمى `StandardScaler` يمكن من خلالها تطبيق Standardization.

هل نستخدم Min-max scaling أو Standardization؟

- كلا النوعين يتم استخدامهم عند استخدام خوارزميات التعلم الآلي التي تعتمد على حساب الانحدار (gradient) مثل:
  - خوارزميات الانحدار (Linear and Logistic Regression).
  - خوارزميات الشبكات العصبية (Artificial Neural Networks)
- النماذج الشجرية (tree-based) مثل: descion tree و النماذج التي تعتمد على المسافة (distance-based) مثل: SVM و k-nearest لا تتطلب عمل scaling أو Standardization.
- لايمكن القول أن أحد هذه الطرق هو الصحيح دائما، على سبيل المثال في خوارزميات الشبكات العصبية:
  - يُفضل استخدام Min-max scaling عندما لانفترض وجود توزيع معين للبيانات لأن عدم تقييد القيم بنطاق معين يسبب مشاكل لأن القيم المدخلة لها بالغالب تتراوح بين 0 و 1.
  - يُفضل استخدام Standardization عندما يكون توزيع البيانات (Normal or Gaussian distribution).
  - يُفضل استخدام Standardization عند وجود الكثير من outliers لأن Standardization يتأثر بشكل أقل عند وجود outliers على عكس Min-max scaling.

استخدام Binning.



تعريف Feature Encoding

- هو عملية تحويل الخواص المُصنفة (categorical features) إلى خواص عددية (numerical features).

تعريف Feature Binning

- هو عملية تحويل الخواص العددية (continuous numeric features) إلى تصنيفات (discrete categories).

أولا: استخدام Binning أو Discretization

- يتم تقسيم البيانات لمجموعات لها نفس الحجم.
- يتم استخدامه عندما يكون توزيع البيانات مائل (skewed).
- يستخدم لتحديد missing values و outliers.

أنواع Binning:

- **تجزئة غير موجهة Unsupervised Binning.**

تقطيع الأرقام إلى فئات متساوية من دون الرجوع إلى **target class label.**

هذا النوع يمكن تقسيمه لنوعين:

- النوع الأول **Equal Width Binning**

تقطيع الأرقام إلى فئات متساوية بحيث يكون bins أو range لها نفس **width.**

- النوع الثاني **Equal Frequency Binning**

تقطيع الأرقام إلى فئات متساوية بحيث يكون bins أو range لها نفس**Frequency**.

- **تجزئة موجهة Supervised Binning**

تقطيع الأرقام إلى فئات متساوية مع الرجوع إلى **target class label**.

من الأمثلة على هذا النوع:

- تقطيع مبني على Entropy.

تقطيع الأرقام إلى فئات متساوية عن طريق حساب entropy لكل target class labels ثم تصنيف الفئات بناء على أعلى قيمة information gain.

مثال: https://www.saedsayad.com/supervised_binning.htm

التجزئة باستخدام Equal Width Binning

$$w = \left\lfloor \frac{max - min}{x} \right\rfloor$$

حيث يُمثل:

- الرمز max, min أعلى وأقل قيمة في مجموعة البيانات.
- الرمز x عدد المجموعات.
- الرمز w = width of a category

مثال:

```
age_lst = [10, 15, 16, 18, 20, 30, 35, 42, 48, 50, 52, 55]
x = 4, min = 10, max = 55
w = 11
```

عند تطبيق المعادلة السابقة سوف نحصل على المجموعات التالية:

Numbers in group	Group [start-end]
10, 15, 16, 18, 20	[10-21]
30	[22-33]
35, 42	[34-45]
48, 50, 52, 55	[46-55]

التجزئة باستخدام Equal Frequency Binning

$$freq = \frac{n}{x}$$

حيث يُمثل:

- الرمز n عدد البيانات.
- الرمز x عدد المجموعات.
- الرمز freq = frequency of a category

عند تطبيق المعادلة على المثال السابق سوف نحصل على المجموعات التالية: (12/4 = 3)

Numbers in group	Group [start-end]
10, 15, 16	[10-16]
18, 20, 30	[17-30]
35, 42, 48	[31-48]
50, 52, 55	[49-55]

ثانيا: استخدام Encoding

يعتبر تطبيق Encoding مهم، لأن أغلب خوارزميات التعلم الآلي لاتستطيع معالجة categorical variables.

استخدام Label Encoding.

- تحويل الفئات (categorical variables) إلى أرقام (numerical variables) عن طريق تعيين قيمة رقمية لكل فئة.
- يمكن استخدامه أيضا مع Ordinal variables.

Original Data

Team	Points
A	25
A	12
B	15
B	14
B	19
B	23
C	25
C	29

Label Encoded Data

Team	Points
0	25
0	12
1	15
1	14
1	19
1	23
2	25
2	29

How to Perform Label Encoding in Python (With Example) - Statology

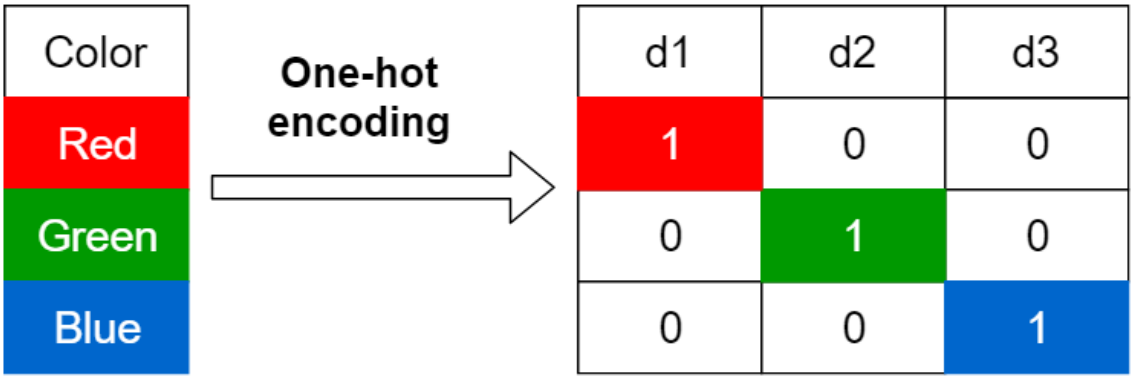
استخدام Ordinal encoding.

- تحويل الفئات (categorical variables) إلى أرقام (numerical variables) مع الحفاظ على ترتيب الفئات.

Original Encoding	Ordinal Encoding
Poor	1
Good	2
Very Good	3
Excellent	4

استخدام One-hot encoding.

- تحويل الفئات (categorical variables) إلى أرقام (numerical variables) بحيث تكون كل فئة في عمود ومن ثم وضع قيمة 1 في العمود الذي يمثل الفئة و 0 في بقية الأعمدة.



Encoding Categorical Variables: One-hot vs Dummy Encoding | by Rukshan Pramoditha | Towards Data Science

استخدام Frequency encoding

- تحويل الفئات (categorical variables) إلى أرقام (numerical variables) مع الحفاظ على تكرار الفئات.
- يُفضل استخدامه مع Nominal variables.

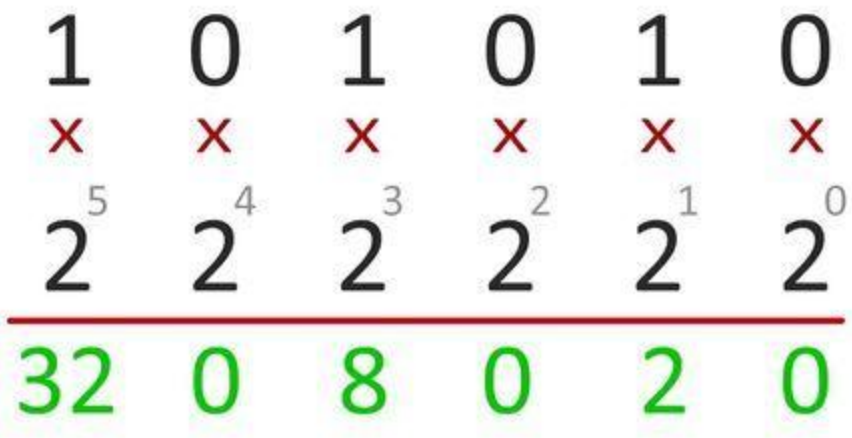
Column	Freq_Encoding
red	5
green	3
red	5
green	3
blue	4
red	5
red	5
blue	4
red	5
blue	4
blue	4
green	3

استخدام Binary encoding

- تحويل الفئات (categorical variables) إلى أرقام (numerical variables) عن طريق خطوتين:
  - تعيين قيمة رقمية لكل فئة.
  - تحويل القيم الرقمية إلى binary code.

- يُفضل استخدامه عندما يكون لدينا عدد كبير من categories، فمثلا: لو كان لدينا 100 من categories فسوف نحتاج لإنشاء 100 lable باستخدام Label Encoding مقارنة ب 7 فئات فقط باستخدام Binary Encoding.

مثال توضيحي للنظام الثنائي (binary code).



How to Read Binary: 8 Steps (with Pictures) - wikiHow

Column	Label Enc	Binary enc1	Binary enc2	Binary enc3
red	1	0	0	1
green	2	0	1	0
red	1	0	0	1
green	2	0	1	0
blue	3	0	1	1
red	1	0	0	1
grey	4	1	0	0
blue	3	0	1	1
red	1	0	0	1
blue	3	0	1	1
blue	3	0	1	1
green	2	0	1	0
grey	4	1	0	0

استخدام Target Mean encoding

- يعتبر أحد أفضل التقنيات التي تساعد بتحويل الفئات (categorical variables) إلى أرقام (numerical variables)؛ وذلك بسبب أنها تأخذ target class label بعين الاعتبار.
- تعتمد على استبدال categorical variable بقيمة mean الخاص ب target variable.
- **خطوات حساب mean encoding:**
  - حساب المجموع sum لكل فئة (category).
  - حساب التكرار count لكل فئة (category).
  - تنفيذ الصيغة الرياضية التالية: المجموع sum/ التكرار count

Column	Target	Target Mean	Target Mean (numerical value)
red	1	3/5	0.6
green	1	2/3	0.67
red	0	3/5	0.6
green	0	2/3	0.67
blue	1	2/4	0.5
red	0	3/5	0.6
red	1	3/5	0.6
blue	0	2/4	0.5
red	1	3/5	0.6
blue	0	2/4	0.5
blue	1	2/4	0.5
green	1	2/3	0.67

Dimensionality Reduction

عملية تقليل المتغيرات العشوائية أو الخواص للحصول على المتغيرات الرئيسية فقط

نلجأ لتقنيات تقليل المتغيرات العشوائية لأن كثرة المتغيرات العشوائية يتسبب في ضعف أداء نماذج تعلم الآلة

من تقنيات تقليل الأبعاد أو تقليل المتغيرات العشوائية:

- اختيارخواص محددة بسبب وجودعلاقة قوية لها مع العنصر الُمتوقع
- تحليل العنصر الرئيسي PCA

عملية تحليل العناصر الرئيسية هي عملية تعلم غير موجهة تقوم بـ:

- تحسب العلاقة بين الخواص

- تحدد الخواص المتماثلة بالتأثير وتستهدفها للاستبعاد
- تتضمن تحويل مجموعة من المتغيرات العشوائية إلى مجموعات عشوائية جديدة تسمى العناصر الرئيسية Principal Components

افتراضات تحليل العنصر الرئيسية

- تفترض وجود علاقة خطية بين المتغيرات
- تفترض أن المتغير الرئيسي ذو التباين القليل هي متغيرات ضوضائية يتم الاستغناء عنها
- جميع المتغيرات لها نسب قياس متقاربة
- تفترض أنه تم استبعاد القيم الشاذة

https://app.pluralsight.com/course-player?clipId=2f3e0569-db68-402e-a2eb-381aeaa50ec7

هذا حق عايشة

https://learning.oreilly.com/library/view/feature-engineering-for/9781491953235/ch02.html#idm140610104599184

https://github.com/alicezheng/feature-engineering-book

GitHub - alicezheng/feature-engineering-book: Code repo for the book "Feature Engineering for Machine L...

هنا متكلم عن fs

https://learning.oreilly.com/library/view/practical-automated-machine/9781492055587/ch02.html#choosing_evaluation_metrics

Practical Automated Machine Learning on Azure • www.oreilly.com

المدخل هنا ممتاز

Data Preprpocessing - data mining concepts and tech

تمارين

https://github.com/shahadd9/Day19-Lab-FE/blob/main/D19.ipynb


Day19-Lab-FE/D19.ipynb at main · shahadd9/Day19-Lab-FE • github.com

https://www.kaggle.com/code/faressayah/stock-market-analysis-prediction-using-lstm

المصادر:

- Chapter 2: https://learning.oreilly.com/library/view/exam-ref-ai-900/9780137358076/
- http://rasbt.github.io/mlxtend/user_guide/preprocessing/minmax_scaling/
- Chapter 2: https://learning.oreilly.com/library/view/hands-on-machine-learning/9781491962282/
- Chapter2, https://learning.oreilly.com/library/view/hands-on-machine-learning/9781098125967/
- https://towardsdatascience.com/feature-engineering-deep-dive-into-encoding-and-binning-techniques-5618d55a6b38
- https://www.youtube.com/watch?v=bqhQ2LWBheQ