

# MINERAÇÃO DE DADOS

Thiago Marzagão<sup>1</sup>

<sup>1</sup>marzagao.1@osu.edu

REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

# regressão linear múltipla

- Aula passada:  $\hat{y}_i = a + bx_i$
- Hoje:  $\hat{y}_i = a + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + \dots$

# regressão linear múltipla

- Aula passada:  $\hat{y}_i = a + bx_i$  (regressão simples)
- Como encontrar  $b$ ?
- $\min_{a,b} \sum_{i=1}^N e_i^2 = \min_{a,b} \sum_{i=1}^N (y_i - a - bx_i)^2$
- Hoje:  $\hat{y}_i = a + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + \dots$  (regressão múltipla)
- Como encontrar  $b_1, b_2$ , etc?
- $\min_{a,b_1,b_2,\dots} \sum_{i=1}^N e_i^2 = \min_{a,b_1,b_2,\dots} \sum_{i=1}^N (y_i - a - b_1x_{1i} - b_2x_{2i} - \dots)^2$

# regressão linear múltipla

Em notação matricial:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & \dots \\ 1 & x_{12} & x_{22} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{1N} & x_{2N} & \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \dots \\ e_N \end{bmatrix}$$

Erros:

$$e = y - xb$$

Erros quadrados:

$$e^2 = (y - xb)^2$$

$$e'e = y'y - 2bx'y + b'x'xb$$

O que queremos minimizar:

$$\min_b \sum e'e = \min_b \sum y'y - 2bx'y + b'x'xb$$

a mágica do cálculo matricial acontece...



# regressão linear múltipla

- $b = (x'x)^{-1}x'y$
- (Vale p/ regressão simples também!)

# regressão linear múltipla

- $b = (x'x)^{-1}x'y$
- O “menos um” é notação p/ matriz inversa.
- Se  $AB = BA = I$ , então  $B$  é a matriz inversa de  $A$
- $I$  é uma matriz identidade (1s na diagonal principal e 0s nas demais células)
- Apenas matrizes quadradas ( $n \times n$ ) têm matrizes inversas.

## crime per capita nos bairros de Boston

crime	n. de cômodos	% < 1940	distância	\$ valor
0,00632	6,575	65,2	4,0900	24.000
0,02731	6,421	78,9	4,9671	21.600
0,02729	7,185	61,1	4,9671	34.700
0,03237	6,998	45,8	6,0622	33.400
0,06905	7,147	54,2	6,0622	36.200
0,02985	6,430	58,7	6,0622	28.700
0,08829	6,012	66,6	5,5605	22.900
0,14455	6,172	96,1	5,9505	27.100
...	...	...	...	...

fonte: <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Housing>



# crimes per capita nos bairros de Boston

- Impossível plotar  $c/$  mais de 2 variáveis.
- Mas idéia é a mesma da aula passada (sorvete vs temperatura), apenas com mais dimensões.
- (Desenhar no quadro.)
- Já a interpretação dos coeficientes muda um pouco.
- Regressão simples:  $y$  varia em  $b$  unidades quando  $x$  varia uma unidade.
- Regressão múltipla:  $y$  varia em  $b_1$  unidades quando  $x_1$  varia uma unidade e  $x_2, x_3$ , etc, são mantidos constantes.
- Essa é a beleza da regressão múltipla: ela nos permite calcular o coeficiente de uma variável *mantendo as demais variáveis constantes*.
- Em outras palavras, a regressão múltipla nos permite calcular o efeito *líquido* de  $x_1$  sobre  $y$ , i.e., já descontados os efeitos de  $x_2, x_3$ , etc.
- Regressão múltipla  $\neq$  múltiplas regressões simples.

## crimes per capita nos bairros de Boston

- $x_1$ : n. de cômodos
- $x_2$ : % < 1940
- $x_3$ : distância
- $x_4$ : valor
- $\hat{y} = 7,317 + 1,420x_1 + 0,003x_2 - 1,217x_3 - 0,365x_4$
- Interpretação:
  - P/ cada cômodo adicional, crime per capita aumenta 1,420 (mantendo as outras três variáveis constantes).
  - P/ cada 1 ponto percentual a mais de imóveis < 1940, crime per capita aumenta 0,003 (mantendo as outras três variáveis constantes).
  - P/ cada 1 milha a mais de distância do centro, crime per capita diminui 1,217 (mantendo as outras três variáveis constantes).
  - P/ cada US\$ 1 mil dólares a mais de valor da propriedade, crime per capita diminui 0,365 (mantendo as outras três variáveis constantes).

# desempenho do modelo

- Como sei se meu modelo está bom ou ruim?
- $$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}$$
- $R^2$  é o % da variância de  $y$  explicada pelo modelo.
- Varia entre 0 (modelo não explica nada) e 1 (modelo explica tudo).
- Usando scikit-learn: `reg.score(x, y)`
- *Em geral* quanto maior o  $R^2$  melhor o modelo. Mas...
- ...  $R^2$  sempre aumenta quando incluímos mais variáveis independentes no dataset de treino, mesmo que essas variáveis piorem o  $R^2$  do modelo no dataset de teste
- ... o nome disso é overfitting: nós estamos forçando o modelo a responder a cada idiosincrasia do dataset de treino, em prejuízo do desempenho do modelo no dataset de teste
- ... nós veremos overfitting em mais detalhes quando chegarmos em classificação (árvores de decisão e SVM)

# crimes per capita nos bairros de Boston

- Dataset está disponível no site da disciplina (<http://thiagomarzagao.com/teaching/EPA109738>).
- P/ reproduzir os resultados acima:

```
import pandas as pd
import numpy as np
from sklearn.linear_model import LinearRegression

data = pd.read_csv('aula5dataset.csv')
reg = LinearRegression()
x = data[['RM', 'AGE', 'DIS', 'MEDV']]
y = np.array(data['CRIM']).reshape(len(data), 1)
reg.fit(x, y)
reg.intercept_
reg.coef_
```

# mineração de dados vs econometria

- Econometria: foco é na análise dos coeficientes.
- Além de estimar os coeficientes computam-se intervalos de confiança p/ eles.
- Perguntas centrais em econometria:  $x_1$  e  $y$  realmente estão relacionados? qual a magnitude dessa relação?
- Mineração de dados: foco é na predição de  $y$ .
- Pergunta central em mineração de dados: dados  $x_1, x_2$ , etc, qual o valor esperado de  $\hat{y}$ ?
- Coeficientes? Efeito de  $x_1$  sobre  $\hat{y}$ ?



- Dados de treinamento vs dados de teste.
- (Dar exemplos.)
- Lógica:
- ... estimar modelo usando dados de treinamento
- ... testar modelo usando dados de teste
- Fundamental: dados de teste NÃO devem ser usados p/ *estimar* o modelo, apenas p/ *testar* o modelo.
- Objetivo é testar o modelo com dados ainda não vistos.

## o que *não* vamos ver

- Inferência ( $b$  é estatisticamente diferente de zero?, etc; vide slide acima).
- ... inferência nos permite calcular intervalos de confiança p/  $\hat{y}$ , o que é muito útil em mineração de dados; mas não há tempo p/ cobrirmos isso e vocês precisariam saber um bocado de estatística
- Relações não aditivas (ex.:  $\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_1^2$ ).
- Séries temporais (ex.:  $\hat{y}_t = a + b_1y_{t-1} + b_2y_{t-2}$ ).
- Dados em painel (ex.:  $\hat{y}_{it} = a + b_1x_{1it} + b_2x_{2it}$ ).
- Causalidade ( $x$  causa  $y$ ?  $y$  causa  $x$ ?  $z$  causa  $x$  e  $y$ ?).
- Uma infinidade de outros tópicos!
- P/ quem quiser aprofundar em regressão:
- ... comecem com o Gujarati (Econometria Básica); excelente p/ self-learning
- ... depois partam p/ o Greene (Econometrics); é um tratamento menos didático mas mais avançado