مشروع نهاية الفصل 2

مقرر Deep Learning — Linear Networks — انحدار الـ softmax من الصفر

الهدف: تبني Softmax regression لـ ١٠ فئات من الصفر وتدرّبها بالـ gradient descent.
الأدوات: Python مع numpy وscikit-learn، وتقدر تشغّل الكود في Google Colab المجاني.

الداتا: sklearn.datasets.load_digits (١٧٩٧ صورة ٨×٨، ١٠ أرقام). مصدرها UCI. مدمجة في scikit-learn.

الأسئلة العملية

1 جهّز (Prepare)

- قسّم digits ٨٠/٢٠ واقسم الـ pixels على 16.

2 Softmax (Softmax)

- اكتب softmax ثابتة عدديًا (اطرح max).

3 التدريب (Training)

- درّب ٢٠٠ خطوة بـ lr = 0.5 واطبع الـ loss كل ٥٠ خطوة.

4 قيّم (Evaluate)

- اطبع دقة الـ train والـ test.

بونس

- بونس: ارسم (اطبع) الوزن المتعلّم لرقم ٠ كمصفوفة ٨×٨.
- بونس: جرّب lr = 0.05 وقارن.

أسئلة تفكير (اكتب إجابة في سطرين)

1. إيه الفرق بين الـ loss والـ accuracy؟
2. ليه بنطرح max قبل exp؟

ماذا تسلّم؟

- ملف الكود (أو notebook) بيشتغل من الأول للآخر.
- فقرة قصيرة (٥ أسطر) بتلخّص النتيجة وإيه اللي اتعلمته.

الحل النموذجي

جرّب بنفسك الأول، وبعدين قارن. الأرقام الحقيقية في النتيجة تحت.

الكود

```
# dataset ships inside scikit-learn (no download needed)
import numpy as np
from sklearn.datasets import load_digits
from sklearn.model_selection import train_test_split

X, y = load_digits(return_X_y=True)
X = X / 16.0
Xtr, Xte, ytr, yte = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=0)
Ytr = np.eye(10)[ytr]

def softmax(Z):
    E = np.exp(Z - Z.max(1, keepdims=True))
    return E / E.sum(1, keepdims=True)

W, b = np.zeros((64, 10)), np.zeros(10)
for step in range(1, 201):
    P = softmax(Xtr @ W + b)
    G = (P - Ytr) / len(ytr)
    W -= 0.5 * Xtr.T @ G; b -= 0.5 * G.sum(0)
    if step % 50 == 0:
        print('step', step, 'loss', round(-np.log(P[np.arange(len(ytr)), ytr]).mean(),
4))
acc = lambda A, t: (softmax(A @ W + b).argmax(1) == t).mean()
print('train acc', round(acc(Xtr, ytr), 3), ' test acc', round(acc(Xte, yte), 3))
```

النتيجة

```
step 50 loss 0.6315
step 100 loss 0.4056
step 150 loss 0.3191
step 200 loss 0.2715
train acc 0.953  test acc 0.944
```

ملاحظات على الإجابات

- الـ loss بيقيس تأكّد النموذج في الإجابة الصح، والـ accuracy بيعدّ الإجابات الصح بس.
- طرح الـ max بيمنع exp من الانفجار من غير ما يغيّر النتيجة.

Credits: topic follows the matching chapter of Dive into Deep Learning (d2l.ai, CC BY-SA 4.0).
Questions, code and explanations are original.