CNN：带着同一把尺子找横线

建议 35-45 分钟；先用纸笔预测，再由老师投影实验核对。本地模型课需要电脑运行下载的代码。进阶运算可分两节课。

学习目标

手算 1 × 3 模板的一个窗口，并区分特征图位置和全局最大值。

先修与准备

先做多层网络，理解点积和门槛。

材料

新学习单、一张 5 × 5 纸图、一张有三个孔的纸条。

课堂顺序（5 / 10 / 10 / 10 分钟，可另留 5-10 分钟讨论）

1. 先猜：把模板 [1,1,1] 放在一排 111 上，点积是多少？放到 010 上呢？

2. 动手：在 5 × 5 图上每次横移一格，每行有 3 个合法窗口，总共 15 个位置；逐个记入 5 × 3 特征图。

3. 观察：取这张特征图的全局最大值，再用 >2.5 判断是否发现三个连续黑格。移动横线，比较位置图和最大值。

4. 挑战：转成竖线、拆断横线、移出边界。共享权重只省参数，不会自动认出所有方向和变形。

CNN：带着同一把尺子找横线

做好的例子

图的某行为 01110，三个窗口得分 2、3、2。模板只有 3 个共享权重，不是为 15 个位置分别造 45 个权重。

理解检查：先让学生独立回答

只知道最高分是 3，能知道横线在第几行吗？整张图全黑也会通过吗？

参考答案与学习单核对

不能，全局最大池化丢掉了位置；全黑也会通过。学习单：01110→2,3,2；00100→1,1,1；01010→1,2,1。最大值分别 3、1、2，只有第一行达到本课检测条件。

不要把结论讲大了

这是手工模板的滑动点积（深度学习中通常实现为互相关），不是训练好的 CNN。无填充、步长 1；边界裁切、旋转、步长和后续层都会影响平移表现。

教学调整

需要帮助时：先只做例子，由老师朗读题目，用实物或纸格代替公式。已经掌握时：一次只改一个条件，先记预测，再验证。遇到不一样的答案，先查规则、编码或数据，不先判学生错。

带回家的活动

让家长先写出一行的窗口分数，再用纸模板逐个核对。

接着学

多层神经网络 / 满分之后：模型真的学会了吗？ / Transformer：一次注意力怎么算？

教师参考（完整链接也在课程页）

Dive into Deep Learning: Convolutions for Images: https://d2l.ai/chapter_convolutional-neural-networks/conv-layer.html