

CROSSMATCH: CROSS-CLASSIFIER CONSISTENCY REGULARIZATION FOR OPEN-SET SINGLE DOMAIN GENERALIZATION (ICLR2022 [6,6,5,5])

本文试图解决一种新问题：Open-Set Single Domain Generalization (OS-SDG)，即目标域包含源域的标签空间所不包含的标签，在这种情况下对目标域进行分类任务，并把未出现的标签标为unknown。

大致的思路是，先进行data augmentation，通过maximize两个loss，分别生成两类数据，一类是known class的数据 D_k ，一类是包含unknown class的数据 D_u 。这个阶段对应着maximization过程。之后将 D_k 加入 D_s (是single training domain的数据)，用 D_s 和 D_u 针对不同的loss去训练普通的多分类器 F 和multi-binary分类器 F_b ，同时要align F_b 和 F 的预测结果（对应minimize过程）。两个阶段交替迭代。

stage 1. Minimization

这一阶段最小化如下的loss: $L_{min} = L_{ce} + L_{ova} + L_{ent}^b + \alpha L_{ccr}$

L_{ce} 是普通的ce loss，用于利用训练 F 。

$L_{ova}(x, y) = -\log(p_b^y(t=0|x)) - \min_{i \neq y} \log(p_b^i(t=1|x))$, where $p_b^i(t=0|x)$ 表示x被分为

class i的概率, $p_b^i(t=1|x)$ 表示x不属于class i的概率, $p_b^i(t=0|x) + p_b^i(t=1|x) = 1$ 。用 D_s (有标签数据)最小化这个loss希望x尽可能属于其真实标签y，尽可能不属于hardest negative class。直观上理解就是在调整x所属类y的边界让他尽量属于y，并调整离y最近的类的边界让该边界远离x，其实就是在让类别已知的样本的决策边界尽量远离其他类。这可能有助于分开unknown class。

$L_{ent}^b = -\sum_{i=1}^k p_b^i(t=0|x) \log p_b^i(t=0|x) + p_b^i(t=1|x) \log p_b^i(t=1|x)$, 是 F_b 输出的entropy, 用 D_u 最小化它，增加分开known class和unknown class的confidence。

$L_{ccr} = \sum_{i=1}^k \|p_b^i - p_{b'}^i\|^2$ 是对 F_b 和 F 预测结果的alignment。希望把 F_b 从 D_u 训练出的关于unknown class的信息传递给 F 。

stage 2. Maximization

最大化 $L_{max}^k = L_{sdg}(\theta_g, \theta_f; x_s) - \gamma L_{const}(\theta_g; x_k, x_s)$ 用于生成 D_k ， L_{sdg} 采取了Generalizing to Unseen Domains via Adversarial Data Augmentation (NIPS 2018) 中的对抗样本生成方式，距离度量 $L_{const}(\theta_g; x_k, x_s) = \|G(x_k) - G(x_s)\|^2$ 用于生成与known class相近的数据。将maximize这个loss得到的样本 D_k 并入 D_s ，供下一轮迭代使用。

最大化 $L_{max}^k = L_{unk}(\theta_g, \theta_f; x_s) - \gamma L_{const}(\theta_g; x_k, x_s)$ 用于生成 D_u ，其中

$L_{unk}(\theta_g, \theta_f; x_s) = -\log(p_b^y(t=0|x)) + \sum_{i \neq y}^k \log(p_b^i(t=1|x))$ 希望x不属于class y，同时其余所有class都倾向于把x分类为不属于自己，这样就生成了一个属于unknown class的样本。将生成的样本加入 D_u 供下一轮迭代使用。

Inference

利用训练好的分类器 F 预测时，将输出熵大于threshold μ 的x预测为unknown，否则取正常预测结果。

思考和总结：本文用了交替迭代增强数据的方法，分别生成known class的数据和unknown class的数据，同时在原本的分类器 F 基础上引入一个multi-binary classifier F_b ，并通过 L_{ccr} 建立 F 和 F_b 的联系，以提高对未知类别的识别能力。