

顶会观察

ICLR 2022

华东师范大学计算机科学与技术学院副研究员 钱鸿

国际学习表征大会(International Conference on Learning Representations, ICLR)是深度学习与表示学习方向的顶级会议之一。ICLR 由深度学习权威学者、图灵奖得主 Yoshua Bengio 和 Yann LeCun 牵头创办, 尽管 ICLR 从 2013 年才开始第一届会议, 还很“年轻”, 但它已得到学术界和产业界研究者的广泛认可。受疫情影响, 本届 ICLR 大会于 2022 年 4 月 25 日至 29 日以线上会议的形式举办, 包括 4 天的正会和 1 天的 Workshop。

一、会议亮点

线上会议形式: 由于今年是线上会议, 为了尽可能的保证会议效果, ICLR 为注册者们提供与其他参会者进行互动的功能, 例如向演讲者提问、参加现场海报环节、与其他与会者聊天和交流等。与 2021 年类似, 2022 年 ICLR 会议的线上海报环节使用 GatherTown 系统, 通过 Rocket.Chat 实现参会人员与作者的交流。2022 年会议结束后, 官方网站将提供所有视频及报告 PPT。ICLR 的相关动态会在其官方博客(<https://blog.iclr.cc>)同步。

Open Review 评审机制: ICLR 得到众多学者好评的原因之一是其推行的 Open Review 制度。现有的论文评审制度主要分为单盲(Single-Blind Review)、双盲(Double-Blind Review) 及开放评审(Open Review)等多种形式。传统的单盲或双盲制度在评审时会隐藏掉作者和评审人的信息, 投稿论文、审稿意见、Rebuttal 内容在评审期间一般不会对外公开。而 Open Review 则不同, 所有提交的论文都会公开, 并且接受同行的评价

及提问 (Open Peer Review)。在初审意见公开后, 论文作者可以根据论文评审意见进行公开的 Rebuttal。

博客 Track: 随着机器学习会议中提交和发表的论文数量剧增, 跟踪某领域的最新进展变得更具挑战性。与此同时, 博客文章逐渐成为一种流行且实用的探讨科学的方式。博客文章通过灵活的途径来推动关于学术工作的新见解, 或者局限性的公开透明讨论, 从而为科学技术发展提供了巨大的价值。然而, 由于博客并不像学术论文那样被认可, 只有少数研究人员通过维持一个活跃的博客来展示他们的研究工作和提高认可度, 因此, 期望所有研究人员通过博客展示他们的工作是不现实的。

ICLR 为了激励研究人员通过博客来回顾以往的工作和总结他们的成果, 在 2022 年开辟了博客投稿 Track。讨论以往工作的博客可以增加历史工作的认可度, 激励研究人员提交更高质量的工作以获得博客的宣传, 博客文章会发现历史工作的“技巧”以提升历史工作的可复现性和透明度, 并且优质的博客内容也可以帮助非相关专业领域的研究人员快速了解有关工作。经过会议收集和认证的博客会获得更高的可信度, 方便研究者收集和访问, 这是 ICLR 于 2022 年开辟这一新的投稿赛道的初衷。由于是第一次收集博客投稿, 此次博客 Track 限制了博客内容为探讨过去在 ICLR 上发表的论文, 并且要求所述工作不能与作者存在利益冲突。经评委评审以确认博客的内容是否阐述清晰并且带来了新的理论或者理解, 最终通过评审的博客会发布在 ICLR 官网或者 ICLR 的 GitHub 页面上。

二、录用情况

ICLR 2022 共收到了 3391 篇有效投稿，最终接收了 1095 篇论文，接收率为 32.3%。相较于 2021 年，2022 年 ICLR 的投稿量提升 13.1%(394 篇)，录用率也有所上升，录用论文数量较 2021 年提升 27.3%(235 篇)。录用的论文中包括 54 篇 Oral(1.59%)，176 篇 Spotlight(5.19%)，7 篇论文因其卓越的条理性、洞察力、创造力和潜在的持久性影响力获得杰出论文奖。

录用论文的研究热点主要包括强化学习、深度学习、图神经网络、表示学习、自监督学习、联邦学习、鲁棒/泛化性、对比学习等。杰出论文奖中，华人一作论文共有 3 篇，此外，还有 3 篇论文获得了荣誉提名。国内上榜高校包括清华大学、中国人民大学、浙江大学和重庆大学四所。值得一提的是，张钹院士、朱军教授等学者合作的论文获得了本届大会杰出论文奖。

博客 Track 最终接收 21 篇博客，其中有一篇是 ICLR 官方特邀特斯拉人工智能和自动驾驶视觉总监 Andrej Karpathy 撰写的反向传播 33 年进展综述。Andrej Karpathy 复现了 Yann LeCun 等人 1989 年的论文 Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition，并探究了当年 Yann LeCun 等人遇到的难点。有趣的是，Karpathy 还展望了下一个 33 年，即 2055 年的研究者将如何看待今天的深度学习研究。这种跨越时空的对话蕴含着机器学习社区多年来的努力和对未来的美好期望^[1]。

三、邀请报告

ICLR 2022 的特邀报告(Invited Talk)共收到了来自各领域主席以及公众的 60 多个提名，随后本届高级程序主席 Yan Liu 和程序主席们以研究重要性与多样性为评价标准，从中评选并邀请了 8 位专家学者在本次大会上进行报告。本次特邀报告的内容涵盖了从深度强化学习，可解释性，计算机视觉，AI 伦理，ML 系统等深度学习的基础研究到蛋白质结构预测，神经科学，全球健康与流行病学等各科学领域中深度学习的应用突破。

From Reinforcement Learning to AI. 麦吉尔大学计算机学院副教授、DeepMind 蒙特利尔负责人

Doina Precup 报告并讨论了强化学习如何构建知识并以此发展通用 AI。近年来，强化学习在从简单游戏到复杂控制任务等多个领域上都取得了巨大成功。然而，强化学习可以超越特定的任务，为交互学习式的通用 AI 提供基础，使其能在不断的交互中构建知识，实现目标。在本报告中，Precup 探讨了奖励之于指向目标的重要性，以及强化学习用于学习程序性和预测性通用知识的方式。进一步地，报告者还概述了这一领域最新取得的进展，并指出了一些重要的开放性问题。

Beyond Interpretability: Developing a Language to Shape Our Relationships with AI. Google Brain 研究科学家 Been Kim 描述并探讨了一种新的与 AI 进行可解释交互的模式。随着 AI 技术逐渐深入人们的生活，如何与这类新的“同事”相处成为了一个重要的问题。AI 可解释性的研究目标就是去设计人类与 AI 的关系，通常需要通过制作工具从 AI 模型生成解释。然而，Kim 认为还应当将 AI 作为单独的科学对象，与人类隔离研究。这样做不仅为人们制作的工具提供了准则，而且对于将人们与 AI 的工作关系提升到一个新的层次也是必要的。一条可行的道路是开发一种能够让人们学习人工智能并从中获得灵感的“语言”。从人类知识角度而言，这种语言的设计应当基于 AI 的自然特性；从 AI 知识的角度而言，这种语言的设计应当拓宽人类的知识边界。最终，这种语言将会塑造人们的思维，也会塑造未来人们创造的 AI。

Do You See What I See? Large-Scale Learning from Multimodal Videos. 法国国立计算机及自动化研究院(INRIA)研究总监、Google 研究科学家 Cordelia Schmid 介绍了大规模多模态视频表征学习的最新进展。Schmid 介绍了将 Bert 模型用于多模态数据学习的视频和文本联合模型 VideoBert，它实现了零样本预测和视频描述生成的 SOTA。另外，Schmid 团队提出了一种视频问答方法，该方法依赖于教学视频和带有文本问答模块的跨模态监督训练。这一方法实现了在没有任何监督信息情况下进行视频问答(即零样本 VQA)的 SOTA 并在预训练和视频问答数据集微调方面取得了具有竞争力的结果。最后，讲者介绍了一个最新的 VideoCC 数

据集, 该数据集将图像描述转换为视频, 并达到了多模态零样本视频和音频检索以及视频描述生成的 SOTA。

Representation Learning in the Global South: Societal Considerations-Fairness, Safety and Privacy. 夸梅恩克鲁玛科技大学(KNUST)全球健康系主任 John H. Amuasi 在报告中指出并探讨了表征学习甚至整个机器学习领域中的隐性歧视问题。目前大部分 AI 的引用都依赖于从数据中习得知识, 但许多数据中却可能存在着隐性歧视问题。Amuasi 认为许多数据集缺乏多样性, 不能有效收集众多低或中低收入国家(LMICs)的信息。讲者以非洲为例展现了数据或算法中可能存在的机会不均等、性别或种族的隐形歧视、医疗偏差、隐私泄露等问题。最后, 讲者针对性地提出了许多解决方案, 并介绍了表征学习在 LMICs 医疗领域的应用。

Accelerating AI Systems: Let the Data Flow! 斯坦福大学电子工程与计算机科学系教授、SambaNova Systems 的联合发起人兼首席技术专家 Kunle Olukotun 报告了基于数据流概念设计的软硬件架构如何应对现代 ML 技术发展提出的难题。随着摩尔定律的速度逐渐衰减以及机器学习技术的日渐火热, 后摩尔时代的计算性能提升必须依赖于为机器学习和数据处理应用专门设计的硬件加速器。在未来, 这些应用的特点将包括 TB 级别的模型、数据的普遍稀疏以及不规则的控制流, 这将对传统 CPU 和 GPU 的能力产生严重挑战。在本报告中, Olukotun 将展示如何使用可重构的数据流加速器(RDAs)来提高具有这些特性的广泛数据密集型应用的性能。进一步的, Olukotun 还介绍了 SambaNova Systems 通过应用 RDA 技术开发的可重构数据流单元(RDUs)如何在许多具有挑战性的机器学习任务上实现创纪录的性能表现。

Leveraging AI for Science. DeepMind 首席科学家 Pushmeet Kohli 在报告中介绍了 DeepMind 近年来如何利用 AI 技术解决多个科学领域中极具挑战性的重要问题。现代科学的难点之一在于理解收集到的关于世界的大量信息。无论是大型强子对撞机还是大规模基因组计划, 任何个人都不可能理解所有的信息。DeepMind 的研究哲学为利用基于学习的方法来发现

智能的关键能力, 其以此准则来选择合适的科学问题, 发展通用且具备可解释性的 AI 解决方案。其后, 讲者通过分析结构生物学、基因组学、量子化学乃至纯数学等领域的几个成功案例来展现 AI 技术推进多个学科发展的实现逻辑与细节。

Petascale Connectomics and Beyond. 普林斯顿大学神经科学所与计算机科学系教授 H. Sebastian Seung 在报告中带来了神经连接组学研究的最新进展。神经连接组是一种极具挑战性的大脑建模方法, 其将大脑连接表示为一个有向图, 其中节点是神经元, 边是突触。在上个世纪的 80 年代, 神经科学家通过分析电子显微镜图像手工重建了线虫的神经连接组, 然而随着研究对象的愈发复杂, 大脑图像的数据已经发展到了 TB 甚至是 PB 级别, 此时手工重建已经不具备可能性。因此, 科学家们开始应用卷积神经网络对电子显微镜图像进行分析。在本报告中, Seung 展示了目前 AI 技术如何帮助构建神经连接组模型并指出了其中存在的问题, 目前取得的成果表明连接组信息的爆炸性增长揭示了神经系统的固有结构, 这将有利于发展大脑的学习理论。

“Affordances” for Machine Learning. 澳大利亚国立大学社会学院高级讲师 Jenny L. Davis 在报告中介绍了一个针对机器学习的可供性分析框架。可供性(功能可见性)指的是一项技术的自身特征能够直接启发用户使用功能的总和, Davis 展示了一个可供性框架对于 ML 系统的分析和设计价值。具体而言, 讲者描述并应用了可供性机制和条件框架, 该框架模拟了一项 ML 技术请求、需求、鼓励、阻止、拒绝以及允许技术性和社会性结果的方式。讲者通过研究对 ML 系统进行批判性分析并设想性重制的案例, 展现了机制和条件框架不仅揭示了技术选择具有深刻的社会性, 而且还揭示了潜在的选择原理与选择对象。这种方法用语境中系统的特殊性取代了不确定性以及一般性主张, 使得从业者具备批判性思考的能力, 能同时考虑掌握的权利及相应的责任。

四、 热点论文

2022 年度共有以下 7 篇论文获杰出论文奖, 另有 3 篇获杰出论文提名^[2]。

Analytic-DPM: An Analytic Estimate of the Optimal Reverse Variance in Diffusion Probabilistic Models. 获奖理由: 扩散概率模型 (Diffusion Probabilistic Model, DPM) 是一类强大的生成模型, 是机器学习中一个快速发展的话题。本工作旨在解决 DPM 模型的固有局限性, 这种局限性为 DPM 中最优反向方差的计算缓慢且昂贵。作者首先给出了一个令人惊讶的结果, 即 DPM 的最优反向方差和相应的最优 KL 散度都有其得分函数的解析形式。之后他们提出了新颖而优雅的免训练推理框架: Analytic-DPM, 它使用蒙特卡罗方法和预训练的基于得分模型来估计方差和 KL 散度的分析形式。这篇论文在理论贡献(表明 DPM 的最优反向方差和 KL 散度都具有解析形式)和实际益处(提出适用于各种 DPM 模型的免训练推理)方面都很重要, 并且影响未来对 DPM 的研究。

Hyperparameter Tuning with Renyi Differential Privacy. 获奖理由: 本工作对学习算法差分隐私分析的一个重要盲点提供了新的见解, 即学习算法在数据上进行多次运行以调优超参数。作者指出, 在某些情况下, 部分数据可能会扭曲最优超参数, 从而泄露私人信息。此外, 作者在 Renyi 差分隐私框架下为超参数搜索过程提供了隐私保障。该工作考虑了学习算法的日常使用及其对社会隐私的影响, 并提出了解决方案。这项工作将为差分隐私机器学习算法的后续工作提供基础。

Learning Strides in Convolutional Neural Networks. 获奖理由: 本文讨论了使用卷积网络的研究者都面临的一个重要问题, 即以原则性的方式设置 stride, 这种根据原则性的方法忽略了可能的实验和试错。作者提出了一种新颖的、非常聪明的、可以用来学习 stride 的数学公式, 并展示了一种实用方法, 该方法在综合基准中实现了 SOTA 结果。文中主要思想是 DiffStride, 这是第一个具有可学习 stride 的下采样层, 它允许学习傅里叶域中裁剪掩码的大小, 以适合可微编程的方式有效地调整大小。该工作提出了一种可能成为常用工具箱以及深度学习课程一部分的方法。

Expressiveness and Approximation Properties of Graph Neural Networks. 获奖理由: 这篇理论比较

强的论文展示了如何将有关不同图神经网络(GNN)架构的表达性和可分离性的问题进行简化(有时通过检查它们在张量语言中的计算来大大简化), 其中这些问题与常见的组合概念有关, 例如树宽(Treewidth)。特别地, 本文提出通过 Weisfeiler-Leman (WL) 检验, 可以很容易地得到 GNN 分离力(Separation Power)的边界, 该检验已成为衡量 GNN 分离力的标准。该框架对通过 GNN 研究函数的逼近性有一定的指导意义。该工作通过提供描述、比较和分析 GNN 架构的通用框架, 有可能对未来的研究产生重大影响。此外, 该项工作提供了一个工具箱, GNN 架构设计人员可以使用该工具箱分析 GNN 的分离能力, 而无需了解 WL 测试的复杂性。

Comparing Distributions by Measuring Differences that Affect Decision Making. 获奖理由: 该研究提出了一类新的差异性(Discrepancy), 可以根据决策任务的最佳损失比较两个概率分布。通过适当地选择决策任务, 该方法泛化了 Jensen-Shannon 散度和最大平均差异族。与各种基准上的竞争基线相比, 该方法实现了卓越的测试性能, 并且具有广阔的应用前景, 可用于了解气候变化对不同社会和经济活动的影响、评估样本质量以及选择针对不同决策任务的特征。评审委员会认为该论文具有非凡的实验意义, 因为该方法允许用户在通过决策损失比较分布时直接指定其偏好, 这意味着实际应用将有更高的可解释性。

Neural Collapse Under MSE Loss: Proximity to and Dynamics on the Central Path. 获奖理由: 该研究对当今深度网络训练范式中普遍存在的 Neural Collapse 现象提出了新的理论见解。在 Neural Collapse 期间, 最后一层特征塌陷到类均值, 分类器和类均值都塌陷到相同的 Simplex Equiangular Tight Frame, 分类器行为塌陷到最近类均值决策规则。该研究没有采用在数学上难以分析的交叉熵损失, 而是提出一种新的均方误差损失分解, 以便分析神经塌陷下损失的每个组成部分, 这反过来又形成了一种新的中心路径(Central Path)理论构造, 其中线性分类器在整个动态过程中对特征激活保持 MSE 最优。最后, 通过探究沿中心路径的重归一化(Renormalized)梯度流, 研究者推

导出预测神经崩溃的精确动态。该研究为理解深度网络的实验训练动态提供了新颖且极具启发性的理论见解。

Bootstrapped Meta-Learning. 获奖理由：元学习具有增强人工智能的潜力，但元优化一直是释放这种潜力的巨大挑战，该研究为元学习开辟了一个新方向。受 TD 学习的启发，研究者提出一种从自身或其他更新规则引导元学习器的方法。该研究进行了透彻的理论分析和多项实验，在 Atari ALE 基准测试中为无模型智能体实现了新的 SOTA，并在多任务元学习中提升了性能和效率。

除了获奖论文外，还有 3 篇论文获杰出论文奖荣誉提名，分别是：(1) Understanding over-squashing and bottlenecks on graphs via curvature. (2) Efficiently Modeling Long Sequences with Structured State Spaces. (3) PiCO: Contrastive Label Disamb-

iguation for Partial Label Learning.

五、 总结展望

2022年 ICLR 中强化学习、深度学习、图神经网络、表示学习、自监督学习、联邦学习等领域保持高热度，元学习热度有所下降。ICLR 以其 Open Review 机制而出名，这一机制可以使得审稿过程更加透明化，方便了作者和审稿人之间的交流。

与此同时，初次设置的博客 Track 也带来了更多的可能与看点。这不仅构建了一个可以讨论过去论文、展示研究者工作的平台，还使得博客这一形式逐渐步入研究者的视野并被认可。通过众多高质量的博客，初涉某一领域的研究者可以快速了解领域进展，同一领域的研究者也可以展示他们独到的见解。希望这一新的赛道可以给科研工作者带来全新的体验与更多的收获。

责任编辑 魏秀参

参考文献

- [1] <https://mp.weixin.qq.com/s/JPgI7NFEcihxbLbKHiTZ5A>
- [2] <https://iclr.cc/Conferences/2022>



钱鸿

华东师范大学计算机科学与技术学院副研究员，上海市“晨光学者”。主要研究方向为机器学习、零阶优化、强化学习等。

Email: yehj@nju.edu.cn