

文献阅读报告二：用于细胞图像的深度学习综述

黄磊 计 702 2022E8013282156

1. 摘要

计算机视觉和深度学习算法的发展使得研究人员能够更加深入地分析图像数据。在生物图像领域，深度学习算法也已然成为了不可缺少的辅助分析工具。本文调研了相关领域四个关键应用：图像分类、图像分割、物体跟踪和增强显微镜，之后介绍了实验室中在实现深度学习中有关注释训练数据、选择和训练一系列神经网络架构和部署解决方案等三个关键方面的经验，并且重点介绍了一些现有数据集和应用实现。

2. 引入/背景介绍

成像技术的进步使得我们能在不同时间和空间尺度上观察生物组织，并且允许对活细胞进行各种动态观察和测量。随着成像技术的进步，生物科学对图像分析的需求也在不断增加。对于一些经典问题，研究人员开发了许多软件库或工具包以满足自动化和高通量的数据分析需求。

而深度学习的引入进一步增强了数据分析的能力，扩大了计算机视觉可解决问题的范畴。深度学习能够更加有高效地学习图像的特征表示，并且近些年被生物图像领域所重视，不少研究人员试图将深度学习算法引入生物图像处理和分析当中。但该技术尚未在生物医学科学中被广泛采用，主要是因为深度学习具有难解释性，并且依赖于大规模的数据、标注以及算力。

3. 文章内容整理与总结

本文提供了深度学习在生物图像领域技术与应用的综述，简单介绍了深度学习的关键工作机制，之后针对上述四个关键应用进行总结和分析，最后给出了一些可用的数据机以及实验过程中所得的经验，为未来工作提出了方向。

3.1 深度学习的关键机制

深度学习算法完全从数据中学习有效表示，在生物图像领域中，其基本组成为：构建相关的带注释的训练数据集，在该数据集上训练深度学习模型，以及在新数据上部署经训练的模型。第一部分介绍模型训练的数学基础，第二部分给出故障排除建议，第三部分给出了常用术语表。此外，现有可以直接使用的软件库或工具包，以及一些深度学习框架，他们提供了许多强大的深度学习算法，整体上大同小异。

3.1.1 训练一个线性分类器（深度学习的数学基础）

分类任务通过构造一个函数，将输入映射为二值，表示该输入的归属类别。学习的目标是寻找到一组权重参数，使得损失函数最小，即判断类别与真实类别的差距最小。损失函数可以有不同定义，一般选择交叉熵或者 Softmax 代之。在对参数更新时，采取梯度下降方法进行反传。还有一些正则化策略、以及学习率等参数可以进行调试以寻找最优模型。训练好的模型可以应用于新数据的判别分类。

3.1.2 故障排除建议

关注一些输出结果可以帮助我们判断模型效果，一些关键点有训练集表现、过拟合、样本不平衡、验证集表现、超参数优化、软件工程、维度不匹配等多方面进行考虑。

3.1.3 常用术语表

介绍了深度学习、超参数、交叉验证、s 泛化、欠拟合、过拟合、模型容量、迁移学习、轮次、召回、准确率、平均准确率、F1 值、Jaccard 指数以及 Dice 指数的概念。

3.2 深度学习在生物图像领域的应用

3.2.1 图像分类

图像分类的目的是为图像分配一个有意义的标签，属于深度学习首批成功的任务之一。图像分类有助于识别导致细胞形态发生有意义变化的条件和化合物、细胞状态的变化，以及对荧光图像中的空间模式进行分类。这些任务都体现出深度学习是一项生物图像数据分析的有效的辅助工具。

3.2.2 图像分割

图像分割是将图像分割为几个部分以识别有意义的对象或特征的任务，包括语义分割和实例分割。前者将图像划分为语义上有意义的部分，后者是识别图像中每个类的实例。基于深度学习的方法使得分割流程自动化，并提升了其性能。尽管当前软件包众多，但对 2D 和 3D 图像还没有一致的方法。

3.2.3 目标追踪

目标追踪是在一系列延时图像中，跟踪物体并显示轨迹的任务，例如在生物图像中追踪某个活体细胞。深度学习提高了粒子和检测的精度，并能完成高难度和罕见的目标追踪任务。

3.2.4 增强显微镜观测技术

增强显微镜是从生物图像中提取潜在信息，例如识别亮场视域下的细胞核位置。通过计算方法提取生物结构信息非常困难，科学家通过预测和重新定义标签使用监督学习方法解决该问题，并且深度学习方法以及衍生的工具包广泛适用于提高图像质量和克服光谱可用性限制。

4. 讨论

深度学习在生物图像方面的分析尚处于早期阶段，但已经取得巨大进展。为了进一步发展，我们需要共同努力，生成涵盖大多数领域的生物图像数据集，并注意原数据的采集，以及鼓励分享众包经验，将工具构建和生物发现相结合，合心合力推动生物图像分析自动化技术。

5. 参考文献

[1] E. Moen et al, Deep learning for cellular image analysis, Nature Methods, vol. 16, pp. 1233-1246,2019.

[2] Emami N, Sedaei Z, Ferdousi R. Computerized cell tracking: Current methods, tools and challenges[J]. Visual Informatics, 2021, 5(1): 1-13.