

人工智能在眼科领域的综述性研究

——以OCT眼底诊断为例

王 涵^{1,2,3}

¹澳门城市大学，澳门

²北京理工大学珠海学院，广东 珠海

³珠海中科先进技术研究院有限公司，广东 珠海

收稿日期：2021年11月1日；录用日期：2021年11月15日；发布日期：2021年11月23日

摘要

人工智能(AI, Artificial Intelligence)，特别是机器学习和深度学习的迅猛发展，对传统的诊断和治疗方法造成了巨大的冲击，为智慧医疗领域的发展提供了强有力科学技术力量。眼睛是人体认知的主要器官，人体除了睡眠，90%以上时间都是在使用眼睛。眼底疾病的早期诊断，是预防致盲的最有力手段。全数字化数码眼底相机和光学相干断层扫描(OCT, Optical Coherence Tomography)是目前眼科疾病早期诊断与治疗的主要影像学方法。基于OCT AI技术，在眼科诊断和治疗中的应用已经被大量研究所探索。本文采用文本分析和文献计量的方法，使用CiteSpace，以OCT眼底疾病诊断为例，对Web of Science (WOS)数据库2000年到2021年间的文献进行了分析，探讨了AI在眼科学近20年内的研究现状与研究热点。文章识别了该领域主要提供学术贡献的国家以及各国之间的研究合作关系，并对该领域的研究热点和研究趋势做出分析与预测，为AI与眼科领域的研究者提供参考价值。

关键词

人工智能，眼底疾病，光学相干断层扫描，CiteSpace，文献计量

A Review of Artificial Intelligence in Ophthalmology Field

—Taking the Fundus Diagnosis Based on OCT Images as an Example

Han Wang^{1,2,3}

¹City University of Macau, Macao

²Beijing Institute of Technology, Zhuhai Guangdong

³Zhuhai Institute of Advanced Technology Chinese Academy of Sciences, Zhuhai Guangdong

Received: Nov. 1st, 2021; accepted: Nov. 15th, 2021; published: Nov. 23rd, 2021

文章引用: 王涵. 人工智能在眼科领域的综述性研究[J]. 人工智能与机器人研究, 2021, 10(4): 306-312.
DOI: 10.12677/airr.2021.104031

Abstract

With the significant development of artificial intelligence (AI), particularly machine learning (ML) and deep learning (DL), AI-based advanced technology raises a vital technical-driven motivation impacting on the traditional diagnosis and treatment methods. Most of the knowledge of human beings are recognized by our eyes. In addition to sleeping, more than 90% of the day time is occupied by using our eyes. Early diagnosis of fundus diseases is the most effective way to prevent blindness. Digital fundus camera and optical coherence tomography (OCT) are the main imaging methods for early diagnosis and treatment of ophthalmic diseases. In this paper, taking the OCT-based ophthalmic disease diagnosis as an example, this study applies text mining and bibliographic analysis methodologies, analyzes and discusses the status and challenges of AI in the field of ophthalmology. Based on the Web of Science database, a systematic review on the application of AI to fundus diagnose from 2000 to 2021 is implemented with the tool of CiteSpace. The research status and research hot-spots of AI in ophthalmology in recent 20 years are discussed. This paper identifies the countries, with the most academic contributions, discusses the cooperation relationship between countries, analyzes and forecasts the research hot-topic and research trends. Thus, the reference value of the inter-disciplinary of AI and ophthalmology is contributed for researchers.

Keywords

Artificial Intelligence, Ophthalmopathy Diagnosis, Optical Coherence Tomography, CiteSpace, Bibliography Study

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

世界卫生组织在其《世界视觉报告》中透露，有 22 亿多人遭受视力损害或失明，其中 10 多亿人很有可能在得到预防或有效治疗后避免该情况的发生[1]。眼病患者不仅生活不便，而且由于诊断或治疗不及时，造成无法弥补的损害。上世纪 90 年代末，《愿景 2020》全球防盲战略倡议提出，大约 50% 的失明可以治愈(如白内障、沙眼等)，30% 的失明情况可以在得到有效预防后避免发生(如青光眼[2]、糖尿病视网膜病变(DR, Diabetic Retinopathy) [3]、糖尿病性黄斑水肿(DME, Diabetic Macular Edema) [4]等)。由于医疗资源匮乏、分布不平衡，可预防、可治愈的失明和视力低下的患者大多来自欠发达国家和地区。影响视觉损害的因素有很多，其中视网膜是青光眼、DR 和老年黄斑变性最常相关的因素之一，而所有因素都需要正确的诊断、预防和治疗，才能保障人们的眼部健康[5]。

为实现 AI 技术在 OCT 眼底诊断研究领域进行综述统计和分析，本文采用文献计量和文本分析的研究方法，实现该领域研究现状和未来挑战的分析[6] [7] [8] [9]。科学计量学是一种基于面向领域的科学文献的研究方法。该方法被认为是多领域文献分析的最重要方法之一[6]。CiteSpace 是最受欢迎的文献计量研究工具之一。它的功能是分析和衡量主题、作者、机构、期刊、发展。系统的文献分析有助于相关学者从现状和未来方向来理解具体研究[7]。

本文使用 CiteSpace 软件工具，对 2000 年到 2021 年间，基于文献计量和文本分析方法，实现了

对 Web of Science (WOS)数据库中的文献，针对“人工智能在眼底诊断领域中的应用”主题系统化的综述分析。本文结构如下所示：第一章为简介，第二章为实验方法，第三章为结果与讨论，第四章为结论。

2. 研究方法

为实现 AI 技术在眼底诊断研究领域进行综述统计和分析,本文采用文献计量和文本分析的研究方法。文献计量是对文献在发文数量、文章主题、作者、机构等进行系统化逻辑分析的一种方法,结合对有代表性的文章进行内容回顾和文本分析,实现对较为深刻的综述研究。本文实现对 WOS 学术数据库的检索,检索时间段为 2000 年 01 月 01 日到 2021 年 10 月 31 日,检索语句为: 搜索语句为: TS = (“AI” OR “artificial intelligen*” OR “deep learning” OR “machine learning”) AND TS = (“Ophthalmolog*”) AND (“Ultra-Wide Field” OR “OCT”),检索日期为 2021 年 10 月 31 日。通过 CiteSpace (5.3.R4 (64-bit)) 软件, 实现对检索结果进行文献计量分析。

3. 结果与讨论

本研究共检索到 140 篇与人工智能眼底诊断和治疗相关的非重复研究论文。从 2000 年到 2020 年的文献发表趋势分析如图 1 所示，由此可见，关于人工智能技术在眼底诊断中的应用相关文献在逐年增加，2016 年到 2017 年为大幅度增加。该趋势预计在未来几年中仍然继续增加。

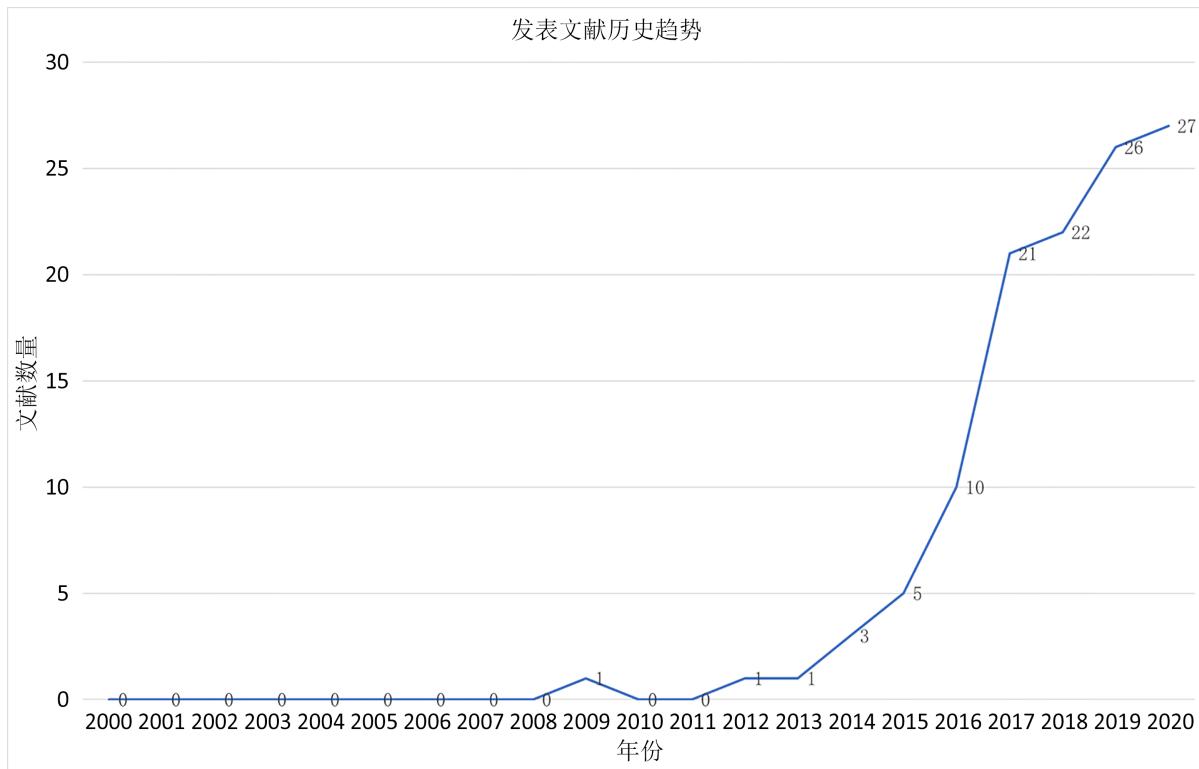


Figure 1. The developing trend of publications

图 1. 文献发表趋势分析

由图2和表1可得，对于AI在眼底诊断领域的研究中，美国(发表数目：12；中心性：0.21)具有很大的优势，其次位英国、中国、印度、瑞士、西班牙、加拿大、日本、沙特阿拉伯和澳大利亚。其中，

美国的中心性 > 0.1 , 为该领域中最重要的国家[6]。此外, 由图 2 可得, 美国、英国、中国和西班牙之间都存在或多或少的合作研究。但是, 该图中的网络节点数目为 15, 链接数目为 7, 即国家个数为 15, 合作关系为 7 项, 由此表明, 各国合作仍然有待加强[10]。

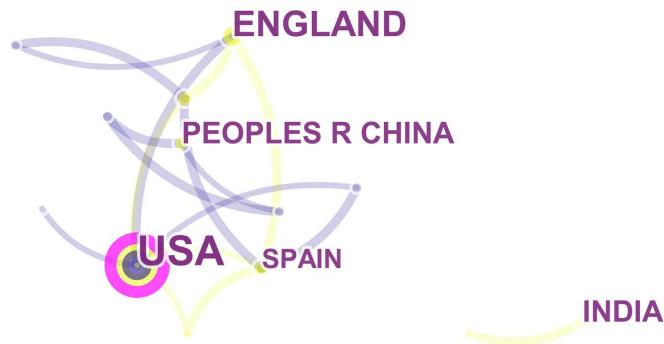
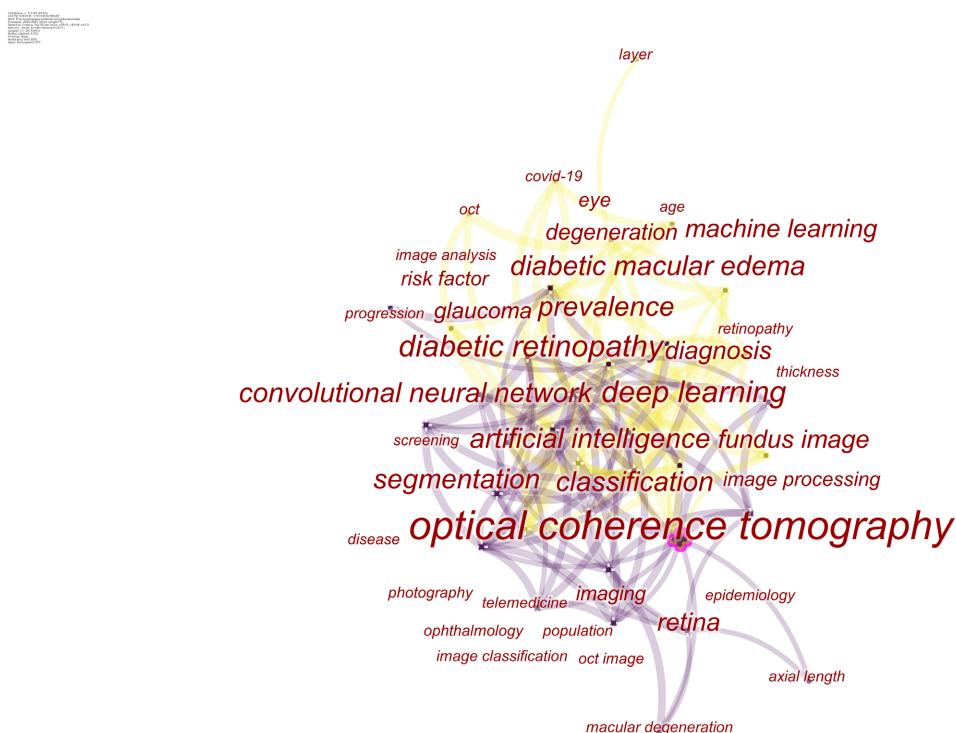


Figure 2. The distribution of countries
图 2. 国家分布图

Table 1. The top 10 countries distribution (according to the amount of publications)
表 1. 前十位国家分布(根据发表数量)

排名	发表数量	中心性	国家
1	12	0.21	美国
2	8	0.05	英国
3	5	0	中国
4	5	0	印度
5	4	0.05	瑞士
6	4	0.08	西班牙
7	3	0	加拿大
8	3	0	日本
9	3	0	沙特阿拉伯
10	2	0	澳大利亚

由图 3 和表 2 可得, 排在前 10 位的关键词为: OCT、流行、AI、退化、糖尿病视网膜病变、糖尿病性黄斑水肿、糖尿病性视网膜病变、分段、深度学习和分类。由此可见, 基于 OCT 眼底图片, 实现以深度学习为主的人工智能技术在糖尿病视网膜病变、糖尿病性黄斑水肿和糖尿病性视网膜病变的图片分割任务和病斑分类任务应用较为广泛。该结论是对 Lakshminarayanan 等人(2021)的综述性研究的补充, 该学者的采用文献综述和元分析方法对人工智能技术对 RD 的 144 篇文献进行了分析, 分析结果表明, AI 技术在眼底相片和 OCT 相片的诊断应用, 是眼科领域的突破性进步[11]。

**Figure 3.** The distribution of Keywords**图 3. 关键词布局图****Table 2.** The top 10 Keywords (according to the centrality)**表 2. 排行前 10 的关键词(根据中心性排序)**

排名	发表数量	中心性	关键词
1	16	0.32	OCT
2	6	0.2	流行
3	6	0.19	AI
4	4	0.15	梯度下降
5	6	0.14	糖尿病视网膜病变
6	8	0.12	糖尿病性黄斑水肿
7	6	0.12	糖尿病性视网膜病变
8	8	0.1	分割任务
9	6	0.1	深度学习
10	4	0.1	分类任务

根据**图 4**表明,针对人工智能技术在眼底诊断领域的应用研究中,关键词主要集中在 2020 年到 2021 进行了一个大的爆发。其中“AI”、“DL”、“DR”、“分割任务”、“DME”、“诊断”、“眼底相片”、“风险指标”等关键词在 2020 年爆发;“眼科”、“2019 冠状病毒疾病”、“ML”、“人口”、“图片处理”、“眼睛”、“图片处理”、“OCT”、“梯度下降”关键词在 2021 年出现一个爆发。由此可见,基于 OCT 眼底相片,ML 和 DL 人工智能技术在眼底图片处理中得以应用,该应用对于 DR 和

DME 等眼底疾病的诊断研究在 2020 年得以发展; AI 和 OCT 在眼科与流行病学(2019 冠状病毒)的交叉学科应用在 2021 年得以成为研究热点。此外,对于关键词的聚类分析表明,关键词可被聚类为 4 类,分别为:偏侧性评估、循环神经网络、高性能算法、眼底相片和深度学习技术。

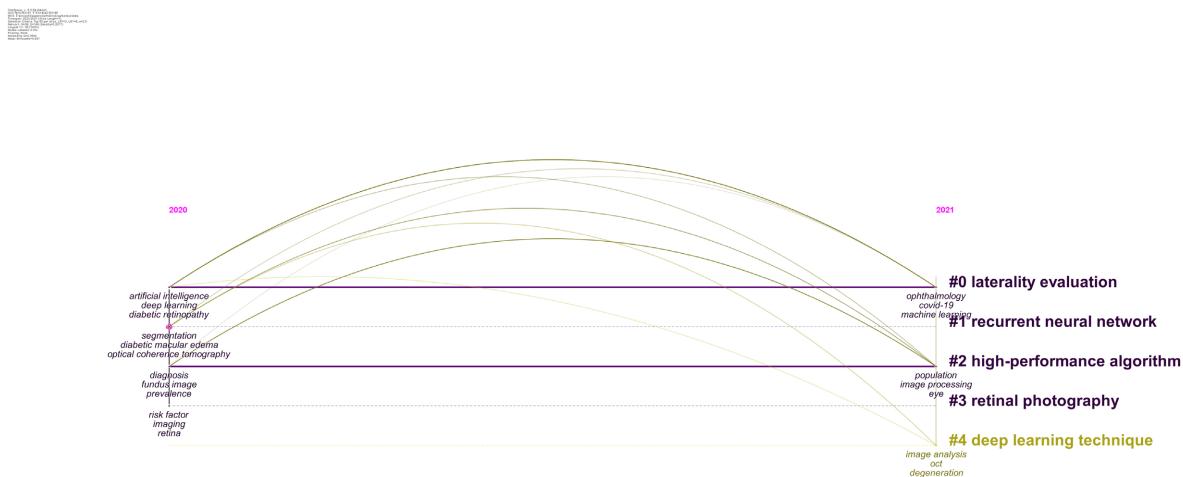


Figure 4. The history trend and cluster analysis of Keywords bursts

图 4. 关键词爆发历史时间发展趋势及聚类分析

4. 总结

本文采用文本分析和文献计量的方法,使用 CiteSpace 软件,通过对 2000 年到 2021 年间的 WOS 数据库中文献进行分析,实现 AI 和 OCT 技术在眼底病斑中的应用研究现状进行分析。研究结果表明:1) AI 和 OCT 技术的发展,在眼底病斑识别领域具有很强的推动性。2) 美国在该领域具有较高的研究活跃度,其次为英国和中国,但是各国之间的研究合作仍然有待加强。3) 基于 OCT 眼底图片,实现以深度学习为主的人工智能技术在糖尿病视网膜病变、糖尿病性黄斑水肿和糖尿病性视网膜病变的图片分割任务和病斑分类任务应用较为广泛。4) 该领域在 2020 年和 2021 年有很大程度的突破。其中,2020 年,基于 OCT 眼底相片,ML 和 DL 人工智能技术在眼底图片处理中得以应用,该应用对于 DR 和 DME 等眼底疾病的诊断研究话题得以受研究者的关注;2021 年, AI 和 OCT 技术在眼科与流行病学(2019 冠状病毒)的交叉学科应用得以爆发式的发展。

对于未来 AI 在眼底识别的研究,本研究建议:1) 对于综述性研究,研究建议采用多种方法,对多语言的多个数据库进行研究分析。2) 进一步关注于 AI 智能技术与 OCT 技术在眼科与多个学科的交叉领域的应用研究。3) 国家之间在该领域的研究合作应鼓励加强。

基金项目

广东省重点专项(2020B1111540001); 2020 年珠海市基础研究项目(ZH22017003200011PWC); 2021 年珠海市基础研究项目(ZH22036201210034PWC)。

参考文献

- [1] Yamamoto, T., Iwase, A., Araie, M., Suzuki, Y., Abe, H., Shirato, S., Kuwayama, Y., Mishima, H.K., Shimizu, H. and Tomita, G. (2005) The Tajimi Study Report 2: Prevalence of Primary Angle Closure and Secondary Glaucoma in a Japanese Population. *Ophthalmology*, **112**, 1661-1669. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2005.05.012>

-
- [2] Gaddipati, D.J. and Sivaswamy, J. (2021) Glaucoma Assessment from Fundus Images with Fundus to OCT Feature Space Mapping. *ACM Transactions on Computing for Healthcare (HEALTH)*, **3**, 1-15. <https://doi.org/10.1145/3470979>
 - [3] Oh, K., Kang, H.M., Leem, D., Lee, H., Seo, K.Y. and Yoon, S. (2021) Early Detection of Diabetic Retinopathy Based on Deep Learning and Ultra-Wide-Field Fundus Images. *Scientific Reports*, **11**, 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81539-3>
 - [4] Li, F., Wang, Y., Xu, T., Dong, L., Yan, L., Jiang, M., Zhang, X., Jiang, H., Wu, Z. and Zou, H. (2021) Deep Learning-Based Automated Detection for Diabetic Retinopathy and Diabetic Macular Oedema in Retinal Fundus Photographs. *Eye*, 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41433-021-01552-8>
 - [5] Yang, J., Fong, S., Wang, H., Hu, Q., Lin, C., Huang, S., Shi, J., Lan, K., Tang, R. and Wu, Y. (2021) Artificial Intelligence in Ophthalmopathy and Ultra-Wide Field Image: A Survey. *Expert Systems with Applications*, **182**, Article ID: 115068. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115068>
 - [6] Sun, Y., Li, C., Zhao, Y. and Sun, J. (2021) Trends and Developments in Oral Health Literacy: A Scientometric Research Study (1991-2020). *BDJ Open*, **7**, Article No. 13. <https://doi.org/10.1038/s41405-021-00066-5>
 - [7] Zhang, X., Zhang, Y., Wang, Y. and Fath, B.D. (2021) Research Progress and Hotspot Analysis for Reactive Nitrogen Flows in Macroscopic Systems Based on a CiteSpace Analysis. *Ecological Modelling*, **443**, Article ID: 109456. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109456>
 - [8] Lin, C., Song, X., Li, L., Li, Y., Jiang, M., Sun, R., Zhou, H. and Fan, X. (2021) Detection of Active and Inactive Phases of Thyroid-Associated Ophthalmopathy Using Deep Convolutional Neural Network. *BMC Ophthalmology*, **21**, Article No. 9. <https://doi.org/10.1186/s12886-020-01783-5>
 - [9] Kim, K.M., Heo, T.-Y., Kim, A., Kim, J., Han, K.J., Yun, J. and Min, J.K. (2021) Development of a Fundus Image-Based Deep Learning Diagnostic Tool for Various Retinal Diseases. *Journal of Personalized Medicine*, **11**, 321. <https://doi.org/10.3390/jpm11050321>
 - [10] Liang, C., Luo, A. and Zhong, Z. (2018) Knowledge Mapping of Medication Literacy Study: A Visualized Analysis Using CiteSpace. *SAGE Open Medicine*, **6**. <https://doi.org/10.1177/2050312118800199>
 - [11] Lakshminarayanan, V., Kheradfallah, H., Sarkar, A. and Jothi Balaji, J. (2021) Automated Detection and Diagnosis of Diabetic Retinopathy: A Comprehensive Survey. *Journal of Imaging*, **7**, 165. <https://doi.org/10.3390/jimaging7090165>