第7卷◆第7期◆版本 1.0◆2024年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4740 /（中图刊号）：715GL012

人工智能在生态环境领域的应用探索

张映程　钱文敏　唐芬　朱明顺*
云南省生态环境工程评估中心
DOI:10.12238/eep.v7i7.2158

[摘　要] 现阶段,人工智能正在各个行业得到广泛的应用,而如何有效的将本次革命性的人工智能技术应用到生态环境领域中,成为生态环境领域最重要的研究方向。以ChatGPT4.0为代表的人工智能难以避免的产生幻觉,这时候就需要检索增强生成技术链接知识库及大模型,来弥补人工智能在精细化行业的不足。基于此,本文提出了一种基于检索增强生成技术构建生态环境领域知识库的方法,并对其在人工智能方面的补充探索进行了详细阐述。
[关键词] ChatGPT4.0；检索增强生成；生态环境；知识库；知识树；人工智能
中图分类号：X171.1　文献标识码：A

Exploration of the application of artificial intelligence in the field of ecological environment

Yingcheng Zhang　Wenmin Qian　Fen Tang　Mingshun Zhu*
Yunnan Provincial Ecological Environment Engineering Assessment Center
[Abstract] At present, artificial intelligence (AI) is being widely applied across various industries, and a critical research direction in the field of ecology and environment lies in how to effectively integrate this revolutionary AI technology into this domain. The AI represented by ChatGPT4.0 inevitably experiences hallucinations, necessitating the integration of retrieval-augmented generation technology with knowledge bases and large models to compensate for AI's shortcomings in specialized industries. Based on this, this paper proposes a method for constructing a knowledge base in the field of ecology and environment using retrieval-augmented generation technology, and elaborates on its complementary exploration in AI.
[Key words] ChatGPT4.0; retrieval-augmented generation; ecology and environment; knowledge base; knowledge tree; artificial intelligence

引言

(1)研究背景和意义。人类目前经历了四次工业革命,每一次工业革命都促进了生产力的巨大发展。

目前的人工智能,被认为是第四次工业革命,以人工智能、物联网、大数据、云计算、自动化等技术的广泛应用为标志。这次革命正在改变人类的生产方式、生活方式和思维方式,推动着经济社会的数字化转型和智能化升级。它将带来更高效、更便捷、更智能的生产和生活方式,人工智能作为第四次工业革命中最核心的关键技术,正在引领着第四次工业革命的发展。

每次工业革命都自然而然的对各行各业的发展产生根本性的影响,在本次人工智能革命中,生态环境领域也在积极探索如何利用人工智能促进行业的大发展。

(2)国内外研究现状。①国外研究现状。在人工智能方面,国外在人工智能发展领域目前依然领先着中国,以ChatGPT4.0为代表的生成人工智能在预训练数据规模、模型参数量、预训练数据来源等方面依然具有领先优势。另外Claude、Gemini Pro等人工智能软件已转向多模态处理方向,图像生成、文档生成、语音识别等方面已经具有较成熟的发展。

在检索增强生成(RAG)方面,国外学者探讨了大型语言模型中检索增强生成的概念,着重于如何通过检索从外部知识库中获取相关信息来提升答案的准确性和减少模型幻觉,研究对比了检索增强生成和微调的区别及优劣势,基础RAG(Naive RAG)、高级RAG(Advanced RAG)和模块化RAG(Modular RAG)三种不同形式的检索增强生成在大型语言中应用模型等等。讨论了如何通过调整“超参数(hyperparameters)”和采用不同的调优策略来提高检索增强生成管道的性能;在多模态RAG的发展现状和未来趋势研究中,针对不同的模态,包括图像、代码、结构化知识、音频和视频,讨论不同的检索和合成程序、目标任务和挑战;研究传统的基于关键词的搜索和当下流行的向量搜索来找到更相关的搜索结果,以提高RAG管道的性能。

②国内研究现状。在人工智能方面,中国人工智能的发展现状非常迅猛,已经成为全球人工智能领域的重要力量。中国的人

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

工智能企业也在全球范围内崭露头角,如百度、腾讯、阿里巴巴等科技巨头纷纷在人工智能领域进行布局,并取得了显著的成果。同时,大量中小型人工智能创业公司也在中国涌现,为人工智能领域注入了新的活力。技术领域也取得了重大突破,包括自然语言处理、机器学习、计算机视觉等方面,但总体而言,与世界先进人工智能具有一定差距。

在生态环境应用领域,目前国内“智慧环保”等项目开展得较多,主要基于信息化平台的建设,实现监测传感、数据传输、集成、处理、共享以及预警预测,最终实现综合运用遥感、物联网、大数据分析等现代技术实现生态环境问题及时感知、成因模拟剖析、预报预警溯源、辅助监管执法、宏观调控指挥功能,总体停留在ChatGPT4.0之前的弱人工智能时代,基于最新生成式人工智能的研究正在进行,有望得到突破。

在检索增强生成(RAG)技术方面,国内学者对RAG如何将检索和生成AI方法相结合、RAG从查询到响应的内部工作原理进行了一定的研究；在RAG构建流程方面进行了研究,对文档的加载与切割、预处理,建立文档索引,接口调用与封装,应用Prompt模板构建输入提示进行了较为详细的研究;也有学者从RAG的发展和特征的三个范式:朴素RAG(Naive RAG)、高级RAG(Advanced RAG)和模块化RAG(Modular RAG)RAG的检索器着手,研究如何处理语料库以获得更好的语义表示,如何减轻查询和文档之间的语义间隙,以及如何调整检索器以适应生成器。

(3)研究目的和内容。①研究目的。目前的生成式人工智能发展已经超乎人们想象,在日常工作学习中,人工智能已经可以充当一本比较全面的百科全书,同时也能在辅助决策中提供一定的解决方案,但深入到具体的行业领域,比较全面权威的知识体系依然是人工智能无法提供的,而人工智能开发企业也无法细化下沉到每个行业进行知识库建设,如此一来,如何将人工智能与行业内的知识库结合在一起显得尤为重要,而知识库的建设也显得重中之重,它是人类通过人工智能达到知识共享的重要环节。

②研究内容。本文将研究人工智能的关键技术、检索增强生成技术、知识库构建方法,以及三者的结合方法,旨在提出一种在生态环境领域应用的人工智能技术。通过对RAG技术原理的研究,搭建生态环境领域的知识库,对大模型进行补充,弥补大模型训练语料的不足,尽量避免产生幻觉,以知识库作为骨架,RAG作为经脉,大模型在生成血肉,联合产生有骨、有肉、有经的有机系统。

这其中,建设知识库是关键,以生态环境领域的各细分领域知识作为主题,不断完善和构建知识库,对现有数据及资料进行加工生产,产生较为完善的知识库,从而才可以进行模型调用及RAG的检索。本

1 人工智能的原理及关键技术

1.1生成式人工智能的原理

但从本质上看,生成式AI就是一个概率模型。通过对样本数据的学习,生成式AI可以形成一个关于数据的分布模型,所谓“生成”新数据的过程就是从这个分布模型中进行重新抽样的过程。目前,人们已经提出了很多不同的生成模型,它们之间在分布模型的构建,以及样本的抽取上都存在着很大差别,各方面表现也不尽相同。在这些分布模型中,最有代表性的有五类：自回归模型、生成式对抗网络模型(GAN模型)、变分自编码模型(VAE模型)、流模型和扩散模型[1]。

除了训练方法之外,训练架构也是生成式AI的重要支柱。在对神经网络进行训练时,对生成式AI发展推动更大的模型则是Transformer模型[1]。Transformer通过创造性地引入了一种被称为“自注意”(Self-Attention)机制成功地解决了这些问题[2],这种机制可以根据某个词语所处的位置来确定与这个位置关联最大的词语的概率分布,从而不仅可以处理记忆问题,还可以支持并行计算[1]。

作为生成式人工智能的代表,ChatGPT的主体架构遵从“基础语料+预训练+微调”的基本范式[3]。基础语料是从互联网上抓取的知识及关键字,预训练是指使用预训练模型进行内容生成的过程,微调是指监督微调等结果调整模型。

1.2生成式人工智能的关键技术

生成式人工智能由无监督预训练技术、无监督多任务学习技术、少样本学习技术、人类偏好对齐技术等发展而来[4]。监督预训练技术:Transformer架构常常利用大规模带标签数据集进行监督预训练,以学习输入数据的表征和生成目标序列的能力。这种预训练方式可以使得模型在后续任务中具备更好的泛化性能和收敛速度。通过在大规模数据集上进行预训练,Transformer模型可以学习到通用的语言模式和知识,为下游任务提供强大的特征表示能力。

除以上技术之外,Transformer架构的本质也不得不提,Transformer架构基于神经网络的结构设计,通过堆叠多个编码器和解码器层来构建深度模型。每一层都包含自注意力机制和前馈神经网络等组件,这些组件都是神经网络中常见的结构。因此,Transformer可以被视为一种特殊的神经网络架构。Transformer模型通过训练获得参数知识,存储在神经网络权重中,代表模型对训练数据的理解和概括,是形成生成响应的基础。

2 检索增强生成技术概况

检索增强生成(Retrieval-Augmented Generation,RAG),RAG是一种使用外部知识库来补充大语言模型(LLM)的上下文并生成响应的技术。RAG结合了检索(从大型外部数据库中提取信息)和生成(基于检索到的信息生成答案)两个步骤,RAG通过引入外部知识来源,来增强语言模型的回答能力[6]。

上文论述过关于生成式人工智能的技术特点及缺陷,其在专业领域的知识具有模糊性,如果要生成比较完整、精确的内容,需要外部知识库的补充,在生成式人工智能与外部知识库之间,需要由桥梁来衔接,这个桥梁就是检索增强生成技术。简单来说,当有问题输入时,检索增强生成技术可以在外部知识库中进行检索,形成索引,根据索引生成内容,如此一来,输出的答案就比较系统而有层次。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

Ecological Environment and Protection
生态环境与保护
第 7 卷◆第 7 期◆版本 1.0◆2024 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4740 /（中图刊号）：715GL012

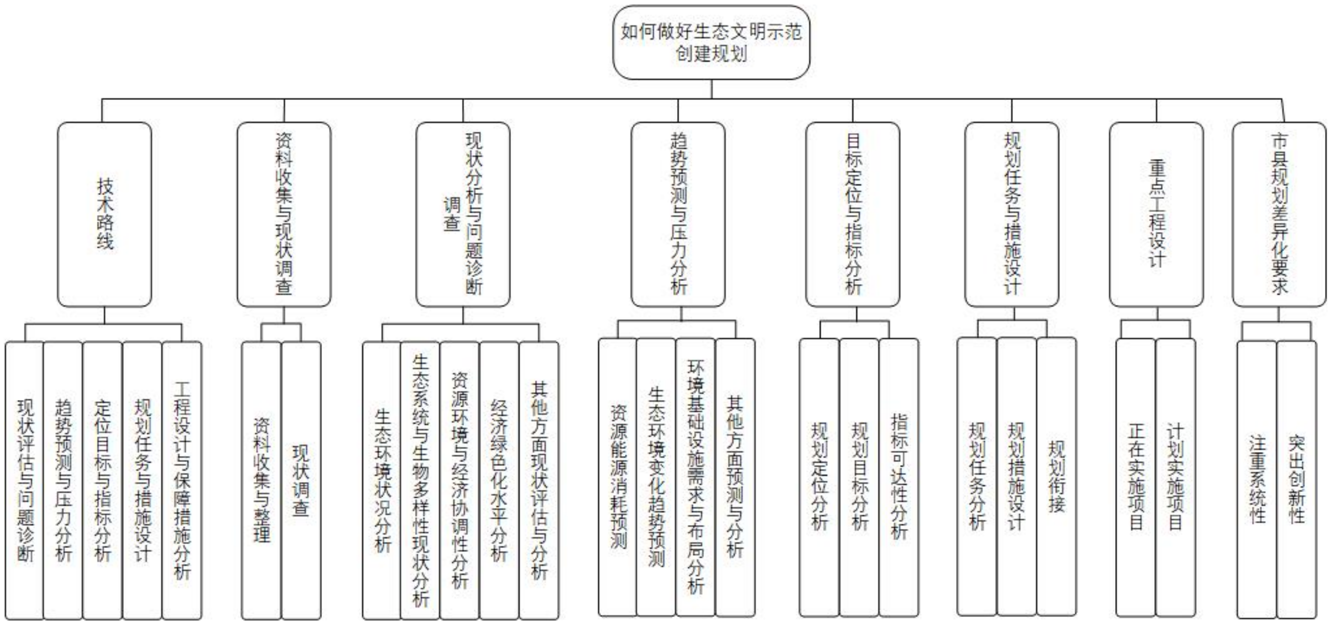

图 1　生态文明示范创建规划知识树构建示意图

ID	字段1	字段2	字段3	字段4	单击以添加
14	如何做好生态文明示范创建规划	资料收集与现状调查	现状调查	通过研讨座谈、问卷调查、现场踏勘等方式对区域生态文明建设现状与需求进行调查，对	
13	如何做好生态文明示范创建规划	资料收集与现状调查	资料收集与整理	主要收集涉及生态环境质量、能源资源消耗、经济社会发展、生态文明制度、生态文明宣	
27	如何做好生态文明示范创建规划	重点工程设计	计划实施项目	相关工程设计和投资概算可参考国家、所在省关于工程管理、经费概算方法或标准规范。	
7	如何做好生态文明示范创建规划	重点工程设计	正在实施项目	相关工程设计和投资概算可参考国家、所在省关于工程管理、经费概算方法或标准规范。	
3	如何做好生态文明示范创建规划	现状分析与问题诊断调查	生态环境状况分析	参照现有环境质量标准规范，评估分析大气、水、声等环境质量、土壤污染安全利用现状；	
16	如何做好生态文明示范创建规划	现状分析与问题诊断调查	资源环境与经济协调性分	对区域污染物排放与经济发展水平进行评估，明确主要污染物排放的重点区域、行业、企	
17	如何做好生态文明示范创建规划	现状分析与问题诊断调查	经济绿色化水平分析	清洁生产水平及产业生态化水平评估进行对标分析、横纵向对比分析；根据区域功能定位	
18	如何做好生态文明示范创建规划	现状分析与问题诊断调查	其他方面现状评估与分析	对比分析生态文明意识水平、绿色生活方式、公众生态文明建设满意度、参与度等现状；	
15	如何做好生态文明示范创建规划	现状分析与问题诊断调查	生态系统与生物多样性现	对区域生态系统质量与功能、生物多样性等进行评价，识别重要生态空间、重要物种分布，	
28	如何做好生态文明示范创建规划	市县规划差异化要求	突出创新性	县级规划结合权责范围和区域实际，着重在落实上级相关要求和规划目标基础上，全面推	
8	如何做好生态文明示范创建规划	市县规划差异化要求	注重系统性	县级规划结合权责范围和区域实际，着重在落实上级相关要求和规划目标基础上，全面推	
19	如何做好生态文明示范创建规划	趋势预测与压力分析	生态环境变化趋势预测	对不同规划阶段区域生态系统质量、生态环境质量变化、主要污染物排放、新型生态环境	
22	如何做好生态文明示范创建规划	趋势预测与压力分析	其他方面预测与分析	鼓励开展包括碳达峰与碳中和、生物多样性、气候变化影响、生态系统服务等方面的趋势	
4	如何做好生态文明示范创建规划	趋势预测与压力分析	资源能源消耗预测	分别对不同规划阶段区域资源开发与利用、能源消耗进行预测分析，研判资源能源消耗对	
20	如何做好生态文明示范创建规划	趋势预测与压力分析	环境基础设施需求与布局	结合生态环境变化、资源能源消耗等预测分析结果，研判不同规划阶段城乡污水、固体废	
23	如何做好生态文明示范创建规划	目标定位与指标分析	规划目标分析	全面落实国家、上位规划中与生态文明建设相关的目标要求，明确区域生态文明示范建设	
24	如何做好生态文明示范创建规划	目标定位与指标分析	指标可达性分析	逐一分析各项建设指标现状值及变化趋势，综合分析各项指标达标潜力。	
5	如何做好生态文明示范创建规划	目标定位与指标分析	规划定位分析	结合国家和上级战略部署及区域发展条件等，从生态环境质量改善提升、绿色发展等方面	
12	如何做好生态文明示范创建规划	技术路线	工程设计与保障措施分析		
9	如何做好生态文明示范创建规划	技术路线	趋势预测与压力分析		
11	如何做好生态文明示范创建规划	技术路线	规划任务与措施设计		
1	如何做好生态文明示范创建规划	技术路线	现状评估与问题诊断		
10	如何做好生态文明示范创建规划	技术路线	定位目标与指标分析		
25	如何做好生态文明示范创建规划	规划任务与措施设计	规划措施设计	按照问题导向、指标导向、目标导向，围绕重点领域，综合运用多目标规划分析、情景模	
6	如何做好生态文明示范创建规划	规划任务与措施设计	规划任务分析	对照国家和上级战略部署、生态文明建设内涵要求，以解决区域突出生态环境问题、补齐	
26	如何做好生态文明示范创建规划	规划任务与措施设计	规划衔接	全面落实国家、上位规划中与生态文明建设相关的任务要求，衔接落实区域“三线一单”	
(新建)					

图 2　生态文明示范创建规划知识库构建示意图

从技术层面上来说，基于神经网络的生成式人工智能，在数据层面主要是通过参数知识和非参数知识进行生成反应。参数知识是通过训练大规模语言模型训练获得的，存储在神经网络权重中，代表模型对训练数据的理解和概括，是形成生成响应的基础。非参数知识存在于外部知识源中，如向量数据库，不直接编码到模型中，而是被视为可更新的补充信息。非参数知识使大规模语言模型能够访问和利用最新或特定域的信息，提高响应的准确性和相关性。为了解决纯参数化模型的局限性，语言模型可以通过将非参数化语料库数据库与参数化模型集成起来的半参数化方法，这种方法就是检索增强生成[6]。

RAG与Transformer等大型语言模型的区别与联系，虽然大型语言模型在自然语言处理和文本生成方面与RAG(检索增强生成)有一些相似之处，但它们的用途不同。RAG特别专注于将检索和生成AI技术相结合，以提供上下文感知响应。它擅长从大型数据库中检索信息，然后根据检索到的数据生成连贯的响应的任务[5]。

3 生态环境领域的知识库构建

在增强检索生产技术之前，知识图谱作为一种知识存储的形式，通过对实体及其属性的标注和分类，帮助搜索引擎更好地理解用户输入的关键词，从而找到与之相关的实体和关系，有助于搜索引擎更准确地把握用户的查询意图。传统的搜索引擎通常返回相互独立的文档，而知识图谱能够将相关的实体和关系以图形化的方式呈现给用户，这使用户能够更直观地了解实体之间的关系和上下文，从而提高搜索体验。可见，不论在搜索引擎阶段还是人工智能阶段，知识库构建都具有重要的作用。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

知识图谱作为一种网状结构的知识库，在表达多种实体间复杂的关系时具有比较好的优势，但对于生态环境领域的专业知识，以知识树的方式表达的知识库更具合理性。知识树是一种用于表示知识结构的可视化工具，它以树状图的形式展示知识的层次结构和关联关系，帮助人们更好地理解和组织知识。

我们以“如何做好生态文明示范创建规划？”问题为示例，该问题目前有比较权威的答案，答案在《国家生态文明建设示范区规划编制指南》中的第四章节-技术要点，该技术要点列出8个技术要点，分别是技术路线、资料收集与现状调查、现状分析与问题诊断、趋势预测与压力分析、目标定位与指标分析、规划任务与措施设计、重点工程设计、市县规划差异化要求，各技术要点内又有详细的要点，比如现状分析与问题诊断要点中就有生态环境状况分析、生态系统与生物多样性现状分析、资源环境与经济协调性分析、经济绿色化水平分析、其他方面现状评估与分析五个小技术要点，与该问题匹配的知识树构建及知识库构建如下图所示。

得到该知识树之后，人工智能根据相应的层级生成答案，即可将“血肉”补充到“骨架”当中，使得生成的答案体系而全面。

4 基于检索增强生成技术的知识库构建与大规模预训练模型的结合方式及意义

纯粹的基于检索增强生成技术，需要对现有的良莠不均的现有知识库进行检索，但专门构建的行业领域知识库基本已经有了自己的知识索引，直接根据现成的知识索引进行答案生成就行，可省略检索增强生成技术中的检索优化程序，当有问题输入时，人工智能首先对问题进行匹配，检索增强进行检索遍历，匹配到知识库层级后，按照知识库的要点层级进行答案生成梳理，最后形成答案。

大规模预训练模型是目前先进的人工智能技术之一，也是人工智能的核心，正如上文所说，大规模预训练模型对于互联网上知识较为匮乏的专业领域具有比较明显的不足，使得生成答案不尽如人意，究其原因，主要是缺乏较为系统而有专业的框架，而知识库的构建就搭起了这个框架，检索增强技术就可以充当框架与小点内容之间的桥梁，使得生成内容有“骨”有“肉”，实际上就是检索增强技术对于大规模预训练模型的有效补充。

5 结语

从本质上来说，人工智能的最终发展方向就是要尽量磨平知识和信息差，就是要实现不专业的人可以做专业的事，就是要打破知识壁垒，通过技术工具，实现知识的普及与应用，提高平均知识层次，并避免一些重复和低端的工作量。而实现这个功能的前提是各领域的知识共享，先得有人来补齐知识短板，才能实现知识的普及，这就是知识库构建的意义，一旦比较科学合理的知识库构建起来，那么该领域的知识就能畅通无阻的贯通到人工智能的知识海洋中。本文着重研究利用检索增强生成技术构建行业知识的知识库，通过构建知识库，对生成式人工智能进行有效补充，解决通用人工智能在生态环境领域行业的应用问题，期望通过技术研究，可以对人工智能的发展具有一定的参考价值。

总的来说，基于检索增强生成技术构建生态环境领域知识库的人工智能补充探索是一个充满挑战和机遇的工作，我们期待未来有更多的研究能够进一步深化这一领域的研究和应用，为行业的发展作出更大的贡献。

[参考文献]

[1]陈永伟.作为GPT的GPT——新一代人工智能的机遇与挑战[J].财经问题研究,2023(6):44.

[2]VASWANI A,SHAZEER N,PARMAR N,et al. Attention is all you need[R].Advances in Neural Information Processing Systems, 2017.

[3]秦涛,杜尚恒,常元元,等.ChatGPT的工作原理、关键技术及未来发展趋势[J].西安交通大学学报,2024,58(1):1-12.

[4]张伟男,刘挺.chatGPT技术解析及通用人工智能发展展望[J].中国科学基金,2023(5):751-753.

[5]Unveiling Retrieval Augmented Generation (RAG)| Where AI Meets Human Knowledge.(2023,Nov08).Analyticsvidhya.https://www.analyticsvidhya.com/blog/2023/09/unveiling-retrieval-augmented-generation-rag-where-ai-meets-human-knowledge/.

[6]「LLM-RAG」综述:用于大模型的检索增强生成.(2023,Dec26).知乎.https://zhuanlan.zhihu.com/p/673959122.

作者简介：

张映程(1991--),男,汉族,云南保山人,本科,现就职于：云南省生态环境工程评估中心,中级工程师,研究方向：地理信息系统。

通讯作者：

朱明顺(1993--),男,民族,云南昭通人,本科,云南省生态环境工程评估中心工程师、研究方向：生态环境分区管控。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.