

摘要：粒子群优化算法又称微粒群算法，是一种智能优化算法，主要用于优化函数、训练神经网络，以及其他进化算法的应用领域。本文简介了粒子群优化算法的发展历史及现状、主要分类，并以国内外专利申请数据为分析样本，从专利逐年变化的申请量和申请人分布等角度进行了分析和研究。

关键词：粒子群优化（微粒群算法）；算法；神经网络

中图分类号：TP18

文献标识码：A

文章编号：1006-883X(2019)05-0025-04

收稿日期：2019-05-13

粒子群优化算法专利技术浅析

张佳期 解倩倩

国家知识产权局专利局专利审查协作天津中心，天津 300304

一、粒子群优化算法概述

粒子群优化算法又称微粒群算法，是一种智能优化算法。粒子群优化算法于 1995 年提出，启发于鸟群觅食的行为^[1]。其建立速度与位移的相关模型，以粒子模拟鸟类个体，其相互之间既合作又竞争，为群体寻找优化搜索，主要用于优化函数、神经网络训练，以及其他进化算法的应用领域。粒子群算法相较于其他算法的优势在于其不要求解问题的特征信息，而具有较强的全局搜索能力，收敛快，鲁棒性强。^[1]

本文将以国内外专利申请数据为分析样本，从专利的申请量逐年变化和申请人分布等角度进行了分析和研究，浅析粒子群算法的发展现状和预期。

二、专利申请基本情况

1、检索方法说明

本文采用的专利检索工具、范围、检索方式，说明如下：

(1) 数据库：CPRSABS 数据库和 DWPI 数据库；

(2) 分析指标：申请量逐年变化趋势、主要申请人分布、申请区域分布等；

(3) 检索关键词：粒子群优化、微粒群优化、PSO、particle swarm optimization、神经网络等。

2、检索结果分析

(1) 全球专利分析

① 粒子群优化算法技术专利申请的国家分布

图 1 为全球 PSO 算法技术专利申请的国家分布图，可以看出中国和美国是主要的申请国，分别占总申请量的 69% 和 8%，另外，日本、欧洲、德国、韩国的申请量也比较多，说明这些国家也十分重视粒子群优化技术的专利布局。

中国在粒子群优化技术上的专利申请数量远高于其他国家的原因，经分析主要由其性质决定，PSO 作为一种优化算法，在物理及研究领域的发展较快，而在专利申请中往往是作为技术支持而非核心技术出现的，中国申请数量庞大有很大一部分是源于高校及相

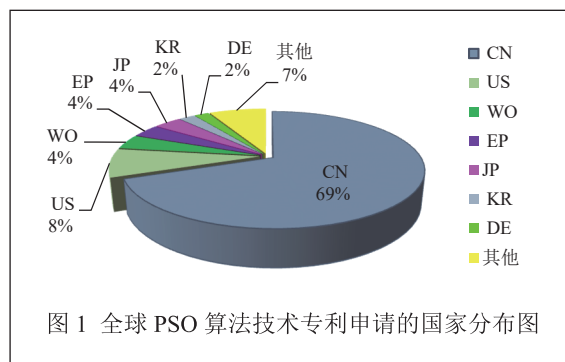


图 1 全球 PSO 算法技术专利申请的国家分布图

关科研院所的专利申请,这也体现出国内外在专利布局上的差异——国内对此类具有应用领域的算法类技术提出了大量的专利申请,而在国外这样的专利申请则相对较少,在优化算法领域国内专利申请与高校研究结合较为密切,而国外则相对独立,体现在专利布局上的申请较少。

② 历年专利申请量分布

图3为全球 PSO 专利申请的技术生长率。由图可以看出,粒子群优化的相关专利申请技术在 2011 年开始以较高的增长率快速发展,保持较快的增长趋势一直到 2014 年,2015 年申请量有所回落,2016 年至今又迎来高速增长,技术发展的黄金年份主要集中在 2012 年~2014 年、2016 年~2018 年。PSO 于 1995 年提出,从其提出到其在专利领域上开始批量申请应用经过了较长时间的发展。

③ PSO 国际专利申请的 IPC 分布

粒子群优化算法没有专门对应的分类号,作为一种优化算法,其分类号往往与其优化实现的技术应用为主要分类号,而优化算法又多用于对计算机领域数据处理和评估、预测,因此,IPC 多集中与 G06F\N\Q 下。

(2) 中国专利分析

① 技术发展趋势分析

图4为 PSO 在中国的专利申请发展趋势,可以看出中国的专利申请发展与全球申请同步,均为从 2011 年起有大幅度的提升,但是与全球申请不同在于从 2011 年至今一直保持增长,2013 年是其增长率最高的一年。

② 主要申请人分布

国内对粒子群优化申请最多申请人是国家电网,PSO 被用于对电网相关预测、评估系统的结果优化;其余申请量较多的申请人均为高校申请。国内关于 PSO 的专利申请主要由高校申请人申请,非高校申请中,电网及下属单位申请的数量与非电网相关企业的申请量持平,而电网和高校合作申请的专利申请量为 113 件,体现了电网在该领域与高校的合作。对 PSO 的研究还是主要集中在各大高校及研究所,对算法进行改进和应用,企业将 PSO 用于实际生产的数量还不够多,或者没有对其进行专利保护的意识。图5是国

内 PSO 专利申请量排名前 8 位的申请人分布。

三、PSO 专利技术发展线路、研究热点和发展趋势

1、PSO 专利技术发展路线及研究热点

粒子群优化最初用于训练神经网络,主要包含连接权重、网络拓扑结构及传递函数、学习算法三个方面的演化计算。在随后的应用中,PSO 又可以用来确定神经网络的结构^[2]。PSO 还主要解决参数优化问题,包括连续问题及一些离散问题,还用于多目标优化和分类、求解最小或最大化问题、对多个全局极值进行标定等。粒子群优化在系统设计、信号处理、模式识



图2 全球 PSO 专利申请的历年专利申请数量

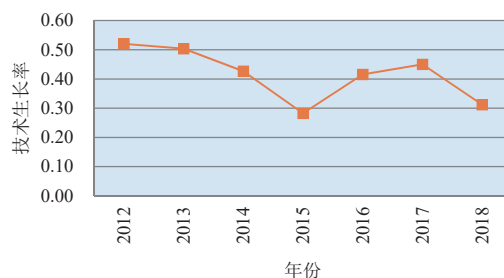


图3 全球 PSO 专利申请的技术生长率

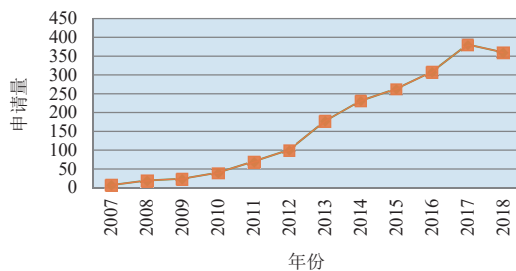


图4 PSO 在中国的专利申请发展趋势

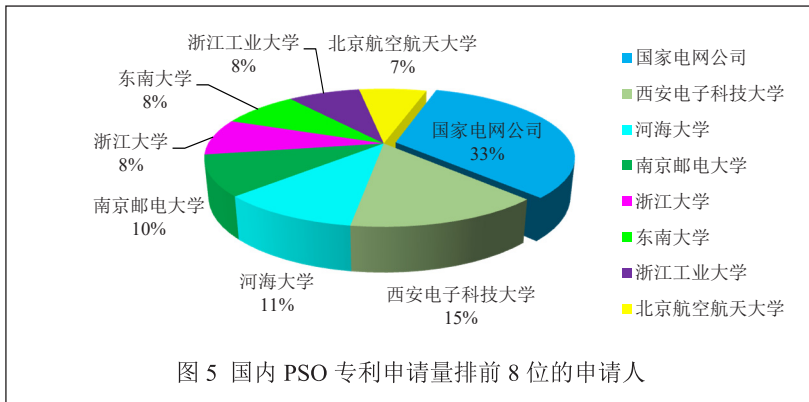


图 5 国内 PSO 专利申请量排名前 8 位的申请人

别等方面也具有良好的应用前景^[3]。

下面以国内专利申请案例来进行简单梳理：

粒子群算法最初是用于对神经网络模型进行优化，初期采用其基础模型。如专利申请 CN200810220635A，申请日 20081231，申请人—中山大学，基于粒子群算法的无线传感器网络节点覆盖优化方法，利用粒子群算法求解无线传感器网络节点最优覆盖问题^[4]。该发明提出了一种基于离散二进制的 PSO 的覆盖机制进行优化求解。

CN200910096406A，申请日 20090302，申请人—杭州电子科技大学，一种锅炉燃烧优化的方法，利用粒子群优化算法结合所建模型，针对不同对锅炉燃烧指标或指标组合进行锅炉燃烧参数配置的优化^[5]。该专利申请中即利用基本的 PSO 对神经网络模型参数进行优化。

随着粒子群算法的发展，又提出了带有惯性因子或收缩因子等的改进型 PSO 进行算法优化求解^[1]。如 CN201210172086A，申请日 20120530，申请人—山东大学，基于粒子群算法的风电场储能容量控制方法，以蓄电池储能系统的储能容量为目标建立优化决策模型，并应用改进的粒子群算法对该模型进行求解^[6]。该专利申请中利用 PSO 进行风电场储能控制的最优求解，利用的是改进的 PSO，引用了惯性权重。

粒子群算法的改进进一步发展出了混合 PSO、协同 PSO、自适应 PSO，并结合运用全局搜索和局部搜索。如 CN201410498586，申请日 20140925，申请人—国家电网，一种包括独立全局搜索的两阶段粒子群优化算法，提出一种可应用于电力系统的负荷调度、电

动汽车群的控制等问题的包括独立全局搜索的两阶段粒子群优化算法^[7]。该专利申请中引入了混沌 PSO 概念，并通过分为全局搜索和局部搜索分别迭代来解决聚集现象。

随着粒子群算法不仅在其结构上进行改进，其应用也越来越广泛和深入，不仅在参数的优化求解上作用，也更多的服务于对

架构上的优化和指导。如 CN2014107091459，申请日 20141128，申请人—江苏大学，一种基于神经网络和微粒群优化算法的建筑能耗预测方法，其通过 PSO 优化神经网络的连接权值和阈值；再通过其优化的神经网络模型进行建筑电力能耗的短期预测^[8]。该专利申请中同样是与神经网络结合，但其实是对神经网络的结构进行优化，确定其连接权值和阈值，运用的是具有惯性权重的标准型 PSO。

2、发展预测

粒子群算法的发展预测主要在对算法本身的改进和拓宽应用领域两方面^[3]。粒子群算法从提出发展至今，其结构一直在进行改进，通过加入适当的因子等方式提高准确度，相信随着深入研究，粒子群算法能得到进一步改进，以使优化结果更趋近于理想状态。在应用上，除了常见的神经模块优化、数据预测等，其在结构优化上也逐渐显露出优势，而 PSO 快速进行局部或全局搜索对于机器学习速度和深度的提升也有帮助，可以预见 PSO 在自动机器控制和人工智能领域会有较广泛的发展，且现阶段 PSO 还是主要用于算法改进，多见于高校等科研研究，今后会进一步加深与企业的合作，广泛用于人工智能实际开发中。

3、PSO 在专利审查上的作用

通过对粒子群优化算法专利技术的梳理和分析，审查员可以深入了解该领域技术的发展状况并有助于对其发展趋势进行预测。在审查实践中准确把握此类专利所处的发展阶段、技术分支、专利重要申请人的技术发展等信息，从而帮助审查员准确地理解发明，迅速把握发明申请的构思，缩小和精确检索范围，准

确定和拓展检索关键词,使得专利审查更加高效和准确。

四、结论

粒子群算法自提出后不断进行着改进以提高准确性和运算速度,但是其在专利运用上起步较晚,直至2011年才开始有较为大量的粒子群算法相关专利申请提出,并呈现快速增长趋势。国内外涉及粒子群算法的专利发展态势相似,且中国国内申请占全球申请总量的69%,国内申请的发展情况会对全球PSO专利情况产生明显的影响。粒子群算法在专利申请中多见于对模型的参数进行优化、求解最优解等,主要集中在高校或者国家电网等研究性的方法中。结合其申请量变化和申请人分布,可以推测计算机技术和优化算法在近十年的快速发展,以及中国高校或相关单位对于知识产权特别是专利技术的保护意识的发展,是影响粒子群算法专利现状的两大因素。而根据对粒子群算法专利情况的分析可以预测,随着人工智能与机器学习的发展,粒子群算法在实际生产应用中的深度和广度都会有大幅提高,未来企业应用PSO的相关专利申请的比例也会增加,对于粒子群算法应用的研究会更加丰富。

参考文献

- [1] 杨维,李歧强.粒子群优化算法综述[J].中国工程科学,2004(05): 87-94.
- [2] 刘洪波,王秀坤,孟军.神经网络基于粒子群优化的学习算法研究[J].小型微型计算机系统,2005(04): 638-640.
- [3] 陈建华,李先允,邓东华,廖德利.粒子群优化算法在电力系统中的应用综述[J].继电器,2007(23): 77-84.
- [4] 中山大学.基于粒子群算法的无线传感器网络节点覆盖优化方法[P].中国发明专利:CN200810220635A,2008-12-31.
- [5] 杭州电子科技大学.一种锅炉燃烧优化的方法[P].中国发明专利:CN200910096406A,2009-03-02.
- [6] 山东大学.基于粒子群算法的风电场储能容量控制方法[P].中国发明专利:CN201210172086A,2012-05-30.
- [7] 国家电网.一种包括独立全局搜索的两阶段粒子群优化算法[P].中国发明专利:CN201410498586,2014-09-25.
- [8] 江苏大学.一种基于神经网络和微粒群优化算法的建筑能耗预测方法[P].中国发明专利:CN2014107091459,2014-11-28.

Analysis on Patent Technologies of Particle Swarm Optimization Algorithm

ZHANG Jia-qi, XIE Qian-qian

(Patent Examination Cooperation (Tianjin) Center of the Patent Office, Tianjin 300304, China)

Abstract: Particle Swarm Optimization (PSO) is an intelligent optimization algorithm, which is mainly used in function optimization, neural networks training, and other applications of evolutionary algorithms. In this paper, the development history, status quo and main classification of PSO algorithm are introduced briefly, analyzed and studied from the perspective of the number of patent applications and the distribution of applicants with the domestic and foreign patent application data as the analysis samples.

Key words: Particle Swarm Optimization (PSO); algorithm; Neural network

作者简介

张佳期: 国家知识产权局专利局专利审查协作天津中心,研究实习员,计算机领域算法及商业方法审查研究。
通信地址: 天津市东丽区华明高新区华明集团3号楼
邮编: 300304

邮箱: 996284652@qq.com

解倩倩: 国家知识产权局专利局专利审查协作天津中心,研究实习员,过程控制与报警系统领域专利研究。