《基于有向加权复杂网络的自适应粒子群算法》读书笔记

1. 文章主要内容

标准粒子群算法在高维空间寻优迭代过程中存在易陷入局部最优和后期收敛速度慢的问题。 引入复杂网络思想，提出一种基于有向加权复杂网络的自适应粒子群算法． 该算法在粒子寻优的过程中引入有向动态网络进化机制，使粒子群的拓扑结构在入度服从幂律分布的条件下向无标度网络进化，同时根据粒子之间适应值的差值自适应调节动态学习因子的大小，使得粒子的飞行惯性在时间和空间上都是异质的，提高了粒子之间学习的多样性。 仿真实验表明，该算法能够有效避免早熟问题，并且具有较快的收敛速度。

粒子群优化算法( Particle Swarm Optimiza-tion，PSO) 是一种基于群体智能的随机优化算法。 该算法类似于鸟群觅食行为，通过种群内部信息共享和个体间相互协作来搜索得到问题的最优解． 鉴于算法具有容易实现、计算速度快、可以并行处理等优点，粒子群优化算法在神经网络训练、函数极值估计、人脸检测与识别等领域已经得到成功的应用。在高维空间寻优迭代过程中，标准粒子群优化算法存在后期收敛速度慢和易陷入局部最优的问题，目前已经有很多学者对其进行改进，如利用不同邻域结构的粒子群优化算法进行函数极值估计，在一定程度上提高了粒子寻优性能。然而，不同问题粒子群的拓扑结构也不一样，算法开始很难选择最佳的粒子群拓扑结构，因此该算法的适应性较差。还有学者利用无标度网络拓扑结构的一些特性来优化粒子群算法，使其在高维空间寻优能力上有了进一步的提高，但无标度网络并不一定是最优的拓扑结构。另外，还有人提出了一种自适应的多向学习粒子群优化算法，群体中的每个粒子不仅比较自身最优解和整个群体的最优解，同时还随机和其他同维度的粒子最优解相比较，从而完成自身速度的更新． 该算法在解决高维优化问题时有了进一步的提高，但没有考虑粒子寻优的网络拓扑结构，不同的邻域网络拓扑结构对粒子群的最终寻优结果有很大影响。

在高维空间解中，传统 PSO 更容易陷入局部最优． 在全局耦合网络邻域结构中，粒子寻优能力差以及寻优方式呆板，小世界网络模型邻域结构作为 PSO 寻优邻域初始化有较好的表现。文章提出利用小世界网络模型邻域结构对 PSO 进行初始化，由于其邻域结构中每个粒子仅仅与网络中的邻居位置进行比较，所以算法的收敛速度将进一步提高，网络中的每个粒子都能保持寻找最优的解( 即粒子群中解的多样性) ，在可接受的误差范围内，小世界网络作为粒子群的邻域结构具有较好的优化效果。尤其在解决高维复杂函数问题时，小世界网络邻域结构效果更为明显。 PSO 算法最终收敛时，其粒子邻域结构 的 节 点 入 度 服 从 幂 律 分布，因此可以把无标度网络作为粒子最终收敛时的粒子邻域结构。 随后文章提出小世界网络模型向无标度网络模型进化的动态粒子邻域拓扑结构。本文将复杂网络中小世界网络模型和无标度网络模型的网络特性融入到粒子群优化算法中，提出有向加权复杂网络的粒子群优化算法( Directed Weighted Complex Network ParticleSwarm Optimization，DWCN － PSO) ． 仿真结果表明，DWCN － PSO 算法尤其在高维空间寻优时，性能及收敛速度都比标准 PSO 有所提高。

接着，介绍了一下基本粒子群算法。粒子群优化算法最初是从社会行为的模拟发展起来的具有全局搜索能力的智能群体算法。在高维空间寻优迭代过程中，标准粒子群优化算法存在后期收敛速度慢和易陷入局部最优的问题，如果采取一些优化方法进一步提高粒子的拓扑结构，无疑会提高粒子群优化算法的性能。然后，对复杂网络拓扑进行改进，构建了粒子群有向加权复杂网络模型。将构建的复杂网络模型引入到粒子群寻优的网络拓扑邻域结构中，考虑一个有向的小世界网络到无标度网络动态的演化过程． 当粒子最终收敛到最优时，节点的入度服从幂律分布． 在粒子群每次迭代过程中，粒子的网络拓扑在入度服从幂律分布的条件下动态进行改变。文章给出有向加权复杂网络的自适应粒子群优化算法的具体步骤。最后做了仿真实验。分别用4个函数进行测试，并与把 DWCNPSO 算法分别和PSO 和基于 Cat 混沌映射的 SFPSO 算法进行对比分析，用表格和图像形式列出对比结果。

结果出来之后，进行该改进算法的算法分析，分别进行收敛性和复杂性分析。算法收敛性分析表明，本文章算法不仅收敛而且收敛速度有很大的提高。衡量一个算法优劣的一个重要指标就是时间复杂度，算法复杂度分析表明，由于初始化粒子群时引入了小世界网络模型且构建有向加权复杂网络的时间复杂度为 O( N2) ，本文算法在时间上有所增加． 然而，本文算法能够较好解决高维空间求解问题，并且在算法陷入局部最优时，仍能够通过随机化连边操作跳出局部最优值。在高维空间寻优迭代过程中，对于标准粒子群优化算法所带来的后期收敛速度慢和易陷入局部最优的问题相比，构建复杂网络的时间是可以接受的． 在实际应用中，复杂问题的搜索空间维数都比较大，此时本文算法更具有优越性。

二、学到了哪些

1、这篇文章提出的基于有向加权复杂网络的自适应粒子群优化算法，通过引入复杂网络模型以及动态学习因子，提高了粒子之间学习的多样性，从而使粒子能够快速找到最优解，并且在算法陷入局部最优时，仍然能够通过随机化连边等操作较快地跳出局部最优，进而飞向全局最优。 在算法复杂度上，对于标准粒子群优化算法所带来的后期收敛速度慢和易陷入局部最优的问题相比，构建复杂网络的时间是可以接受的。文章给了我启发，在我的研究中，可以综合考虑复杂网络的各方面情况，找出复杂网络中能结合粒子群算法的部分，然后改进粒子群算法，毕竟复杂网络多智能体也是一个非常大的领域。

2、这篇文章的仿真也做得很好。通过将本文算法与标准粒子群算法以及基于 Cat 混沌映射的 SFP-SO 算法相比较，得出结论改进后的算法具有更好的搜索精度且不易陷入局部最优，尤其在高维搜索空间寻优过程中，算法搜索后期具有较快的收敛速度。这指导我以后做仿真实验验证算法时，要多于其他算法进行对比，以发现自己理论的优缺点。

3、绘图的部分让我明白，使用matlab绘图也是一项基本功。matlab是一个非常强大的绘图工具，对自己以后的学习会很有帮助，要学习掌握。

三、还有哪些改进

文中涉及小世界网络和无标度网络，可以简单概括其含义，考虑到可能有些读者并不明白这两个专有名词的含义。