

云计算下复杂网络中心节点重要度评估仿真

廖江洪

(伊犁师范大学, 新疆 伊宁 835000)

摘要 互联网技术的快速发展, 带动了科学技术的快速进步, 其中复杂网络在市场广告投放、学术网络评价、生物研究等多个领域得到了广泛的应用, 并取得了较为显著的效果。目前, 复杂网络中心节点的评估方法存在一定的问题, 导致评估结果准确性、有序性等方面存在不足。基于此, 本文简单概述了复杂网络中心节点重要度评估原理分析, 并着重分析了常用的中心节点重要度评估方法, 同时对每种方法的具体应用方式和优势进行了分析, 旨在为保证复杂网络安全稳定提供借鉴。

关键词 云计算; 复杂网络; 中心节点; 重要度; 评估

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)04-0013-03

在近年来的社会网络研究工作中, 对复杂网络中心节点的评估有效解决了如交通网络、计算机网络、社会网络等复杂网络中的潜藏问题, 因此其得到了各界的广泛关注, 也成了网络研究领域中的热点。信息网络中心节点交互评估, 能够帮助用户随时随地通过网络获取用户所需要的信息, 为信息传播提供了极大的便利; 在社会网络领域, 应用网络中心节点评估方式, 能够及时发展网络中重要的节点, 并对其重要性做出准确的判断, 从而更好地保证社会网络的可靠; 在交通网络领域中, 网络中心节点重要度评估方法则被广泛应用到工程项目建设、交通网络状态等各个方面, 有效解决了复杂型网络实际工作中的困难, 具有十分重要的应用价值。此外, 网络技术的快速发展也使得人们所接触的网络系统日益发展, 各个节点之间的逻辑关系也越来越显著, 这使得复杂网络中心节点重要性评估工作逐渐成为检测网络重要节点的最为基本的技术手段之一。

1 复杂网络中心节点重要度评估原理分析

为了更好地开展复杂网络中心节点重要度评估工作, 就要对其评估原理进行分析, 而这需要依赖对复杂网络进行矩阵计算来完成。其中, 通过对网络中相应节点的最短距离的计算, 能够得到该节点较为准确的近似度。之后, 再对复杂网络中该节点的领域和关键度进行计算, 从而得到该节点重要度的变化规律, 以此实现对该节点重要度的精准评估^[1]。

具体的评估计算过程如下: 首先假设 $G=(V, E)$ 表示复杂网络, G 包含了 n 个节点和 m 条边, G 的节点

集合用 $V=\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 表示, 且 $E=\{e_1, e_2, \dots, e_m\} \in BVX$ 代表复杂网络边的集合。因此可以得出, G 的邻接矩阵表达式如下:

$$A=a_{ij}=0 \text{ 或 } 1 \dots \dots (1)$$

当 a_{ij} 取 1 时, 复杂网络中心节点 i 和 j 相连, 取 0 时, 则无相连。假设 $d(v_i, v_j)$ 中的 v_i 表示节点的起点, v_j 作为终点, 那么中心节点的最短距离就是 $d(v_i, v_j)$, 节点 v_i 的近似度表达式如下:

$$C(i)=\frac{1}{\sum_{j=1}^n d_i v_i v_j}, j \neq 1 \dots \dots (2)$$

其中 $C(i)$ 表示为复杂网络中心节点的近似度, 计算中心节点邻域, 计算公式如下:

$$\delta_{ki}=\{v_j | v_j \in V, a_{ij}=1, j=1, 2, \dots, n\} \dots \dots (3)$$

$$k=|\delta_{ki}|=\sum_{v_j \in \delta_{ki}} a_{ij} \dots \dots (4)$$

式(4)中为复杂网络中心节点 q 的度。在中心节点 q 的邻域 δ_{ki} 中, k 代表度, 假设 $k \geq 2$, $S(i)$ 代表任意中心节点对经过节点 q 之间的最短距离, $B(i)$ 代表不经过节点 q 之间的最短距离, 则复杂网络中心节点关键度表达式如下:

$$K(i)=\frac{S(i)}{S(i)+B(i)} \dots \dots (5)$$

式中, 当 $k=1$ 时, 则复杂网络中心节点 j 的关键度 $K(i)=0$ 。通过上述公式不难得出, 复杂网络中心节点的中心节点近似度 $C(i)$ 越大, 则其所代表的重要性越大, $K(i)$ 的变化直接决定了中心节点在的重要性。再对上述公式进行总体计算, 计算公式如下:

$$D(I)=\frac{S(i)}{[\sum_{j=1}^n d(v_i, v_j)][S(i)+B(i)]} \dots \dots (6)$$

由此可知,当 $D(i)$ 越大时,中心节点在网络中的重要性越明显。最终得出对复杂网络中心节点重要度评估的公式为:

$$W(i) = \frac{\delta_{ki}}{C(i)+K(i)+D(i)} \dots\dots (7)$$

2 常用的中心节点重要度评估方法

复杂网络中心节点重要度评估是基于节点在网络中的拓扑结构和网络功能中的影响力来进行的。在网络中,节点的拓扑结构描述了节点与其他节点的连接情况,包括节点的度数、介数、接近中心性等^[2]。网络功能则描述了节点在网络中的作用和影响力,包括节点的传递性、控制性、容错性等。常用的中心节点重要度评估方法有以下几种。

2.1 度中心性

度中心性 (degree centrality) 是社会网络分析中最基本的中心性指标之一,它是用来衡量一个节点在网络中的重要程度,即节点在网络中与其他节点之间的联系程度。度中心性是通过计算每个节点的度(即连接数量)来评估其在网络中的影响力和重要性的指标。具体来说,度中心性被定义为一个节点在网络中的直接联系数量,即节点的度数。通常情况下度中心性可以通过以下两种方法来计算:一是无向图中的度中心性,即在一个无向图中,节点的度数就是它的度中心性,因为每个节点都有同样数量的直接联系;二是有向图中的度中心性,在一个有向图中,节点的入度和出度之和就是它的度中心性^[3]。

度中心性的优势在于它的计算简单直观,易于理解和使用。此外,它可以用来识别网络中最重要的节点,比如在社交网络中找到最具有影响力的人或在电力网络中找到最重要的电站。度中心性还可以用于比较不同节点之间的重要性,可以帮助研究者识别哪些节点对于网络的稳定性和弹性最为重要。然而,度中心性也有一些局限性,比如它只能衡量节点的直接联系数量,不能考虑节点的其他属性,比如节点的重要性或贡献度^[4]。因此,度中心性通常需要与其他中心性指标一起使用,以更全面地了解网络结构和节点的重要性。

2.2 介数中心性

介数中心性 (betweenness centrality) 是社会网络分析中一种重要的中心性指标,它是用来衡量节点在网络中作为信息传递中介者的程度。介数中心性通常被用来识别网络中的关键节点,即那些在信息流动和传播中起着重要作用的节点。其具体的计算步骤如下:

对于每对节点之间,计算它们之间的最短路径数量和路径长度;对于每个节点,计算它在所有最短路径中出现的次数,并将这个次数除以所有节点对的最短路径总数。这个计算方法可以得到每个节点的介数中心性,即一个节点在所有最短路径中作为中介者的频率^[5]。

介数中心性的优势在于它能够识别网络中的关键节点,即那些在信息传递中起着重要作用的节点,这些节点的移除会使得网络的连通性和鲁棒性受到很大影响^[6]。此外,介数中心性还可以用来识别网络中不同群体之间的联系程度,因为那些跨越不同群体的节点往往具有更高的介数中心性。介数中心性还可以用于发现网络中的潜在社区,因为社区内部的节点之间的最短路径往往比社区之间的最短路径更短,因此介数中心性高的节点可能属于同一社区。然而,介数中心性也存在一些局限性。首先,介数中心性只能衡量节点在最短路径中的作用,而不能衡量节点在其他路径中的作用。其次,介数中心性的计算复杂度较高,尤其是对于大型网络而言。因此,在实际应用中,通常需要权衡介数中心性的计算复杂度和其对于节点重要性的准确度。

2.3 接近中心性

接近中心性 (closeness centrality) 是社会网络分析中一种重要的中心性指标,它是用来衡量一个节点与其他节点之间距离的近度。接近中心性可以帮助研究者识别那些在网络中更容易到达其他节点的节点,这些节点通常可以在网络中迅速传递信息或者协调行动。接近中心性可以通过以下步骤来计算:对于每个节点,计算它到其他节点的平均距离;将每个节点的平均距离倒数作为它的接近中心性,即接近中心性越高表示节点到其他节点的距离越近^[7]。

接近中心性的优势在于它能够识别在网络中到达其他节点更容易的节点,这些节点通常可以在网络中迅速传递信息或者协调行动,因此它们在网络中具有较高的影响力。接近中心性还可以用于评估网络的连通性和鲁棒性,因为那些距离其他节点更近的节点通常更容易在网络中传播信息或者影响其他节点。此外,接近中心性还可以用于比较不同节点之间的重要性,可以帮助研究者识别哪些节点对于网络的稳定性和弹性最为重要。然而,接近中心性也存在一些局限性^[8]。首先,接近中心性只能衡量节点与其他节点之间距离的近度,而不能考虑节点的其他属性,比如节点的重要性或贡献度。其次,接近中心性的计算依赖于节点

之间的距离,因此在非连通图中某些节点的接近中心性可能为 0。因此,在实际应用中,需要结合其他中心性指标一起使用,以更全面地了解网络结构和节点的重要性。

2.4 特征向量中心性

特征向量中心性 (Eigenvector Centrality) 是网络分析中常用的一种度量节点重要性的方法,它基于节点在网络中的连接模式来评估其在网络中的重要程度。具体而言,特征向量中心性将节点的重要性定义为其对整个网络的影响力,即节点在网络中的连接模式能够如何影响其他节点。如果一个节点与许多重要的节点相连,则它的特征向量中心性将会更高^[9]。其具体的计算方法为,假设有一个具有 N 个节点的网络,邻接矩阵为 A ,则该网络的特征向量中心性可以通过以下公式计算得出 $v=\lambda Ax$,其中, λ 是最大特征值, x 是对应的特征向量。需要注意的是,特征向量中心性与网络的对称性和连通性有关,因此在计算特征向量中心性时需要对网络进行标准化处理。

这种方法的优势在于:

第一,特征向量中心性将节点的重要性定义为其对整个网络的影响力,即节点在网络中的连接模式能够如何影响其他节点。如果一个节点与许多重要的节点相连,则它的特征向量中心性将会更高。因此,特征向量中心性能够很好地反映节点在网络中的重要性。

第二,特征向量中心性能够很好地处理节点之间的依赖关系,即一个节点的重要性与其所连接的节点的重要性相关。例如,在社交网络中,如果一个人的朋友都很重要,那么这个人的特征向量中心性就会更高。因此,在涉及节点的传播、控制等问题时,特征向量中心性是一种非常有效的工具。

第三,在复杂网络中,节点之间的关系非常复杂,传统的度量节点重要性的方法很难处理这种情况。而特征向量中心性可以更好地描述节点之间的复杂关系,因此在复杂网络中应用广泛。

第四,特征向量中心性的计算较为简单,可以通过标准的矩阵运算来实现。因此,在大规模网络中,特征向量中心性可以高效地计算。

除了以上常用的中心节点重要度评估方法外,还有其他的评估方法,如 Katz 中心性、PageRank 中心性、HITS 中心性等,它们基于不同的原理和假设,适用于不同的网络应用场景。需要注意的是,网络中心节点的重要度评估并不是一种绝对的量化方法,而是基于

网络中节点的拓扑结构和网络功能的分析和估算。不同的网络应用场景可能需要选择不同的中心节点重要度指标和算法,并根据实际情况对其进行调整和优化^[10]。同时,对于不同类型的复杂网络,其中心节点的重要性评估结果也可能会有所不同。因此,在实际应用中,需要结合具体的问题和场景,对中心节点重要度评估方法进行适当选择和调整,以获得更加准确和有效的结果。

3 结语

随着云计算的兴起,人们越来越倾向于将数据和应用程序部署到云平台上。在云计算中,复杂网络成为一个重要的研究领域,而评估复杂网络中心节点的重要度也变得非常重要,它可以帮助我们提高网络鲁棒性、优化资源分配、识别潜在威胁和改进网络设计,从而提高云计算的性能和可靠性。

参考文献:

- [1] 何欣怡,马茜,杨丹丹,等.一种基于局部传播路径的复杂网络关键节点识别方法[J].现代信息科技,2023,07(02):8-11.
- [2] 冯芬玲,蔡明旭,贾俊杰.基于多层复杂网络的中欧班列运输网络关键节点识别研究[J].交通运输系统工程与信息,2022,22(06):191-200.
- [3] 孟晓玲.分数阶不确定复杂网络系统的自适应比例积分滑模同步[J].郑州航空工业管理学院学报,2022,40(06):102-104,109.
- [4] 刘滋曼,王陆霖,盛彦君.基于复杂网络特征的城市轨道交通网络节点遭受攻击模拟分析[J].城市轨道交通研究,2022,25(z1):17-21.
- [5] 陈好,秦威.基于排序学习的复杂网络节点接近中心性近似排序[J].计算机系统应用,2022,31(11):387-392.
- [6] 童博,施俊,赵纯熙.复杂网络环境下加密流量识别方法研究[J].邮电设计技术,2022(08):70-74.
- [7] 钱晓东,宣志.复杂网络背景下的物流网络风险因子扩散研究[J].计算机工程与应用,2022,58(13):303-314.
- [8] 李杨,潘荣清.基于自适应事件触发的复杂网络的非脆性安全同步控制[J].纯粹数学与应用数学,2022,38(02):246-265.
- [9] 谢丽霞,孙红红,杨宏宇,等.基于K-shell的复杂网络关键节点识别方法[J].清华大学学报(自然科学版),2022,62(05):849-861.
- [10] 张媛,李文娟,高鹏.基于数据挖掘的复杂光通信网络节点调度方法[J].激光杂志,2022,43(02):139-143.