

嵇明<sup>1</sup> 刘乐源<sup>1</sup> 周世杰<sup>1</sup> 杨鹏<sup>1,2</sup> 万思敏<sup>2</sup> 黄文<sup>1</sup>  
 1. 电子科技大学 信息与软件工程学院, 四川 成都 610054 2. 电子科技大学 数学科学学院, 四川 成都 611731

## 论文摘要

**摘要:** 在下一代网络中, 空间信息网络将在提供长距离、全覆盖的互联网服务方面发挥越来越重要的作用。未来的大多数网络将是混合型的——通过卫星链路将太空、临近空间和陆地上的节点连接起来。安全是空间信息网络的一个重要问题, 因为此类网络容易受到大量攻击, 包括窃听、会话劫持、数据损坏和分割攻击等。该文章将讨论空间信息网络中可能发生的安全攻击, 并概述了现有的网络抗毁性分析的不同解决方案。以分割攻击为背景, 该文提出了一种基于复杂网络节点重要性和图卷积网络节点分类的网络抗毁性评估方案。通过简单网络和真实的空间信息网络进行抗毁性评估实验, 验证该文提出的评估方案具有良好的区分度和准确性。

**关键词:** 空间信息网络; 节点重要性; 图卷积网络; 抗毁性

**Abstract:** In next-generation networks, Spatial Information Networks (SINs) are expected to play an increasingly important role in providing Internet services over long distances and full coverage in an efficient manner. Most future networks will be hybrid - having space, near space, and terrestrial nodes interconnected by different links. Security is an essential concern in such networks since it is susceptible to a host of attacks, including eavesdropping, session hijacking, data corruption, and split attack. In this article, we address various security attacks that are possible in spatial information networks and outline the different solutions proposed to existing invulnerability analysis in these networks. Set in the split attack, this paper points out a scheme to evaluate network invulnerability based on the importance of the node in the complex network and graph convolutional networks classification nodes. Through experiments on the simple network and real spatial information networks, it is verified that the suggested approach has good discrimination and accuracy.

**Key words:** Spatial information networks; Node importance; Graph convolutional networks; Invulnerability

## 系统模型

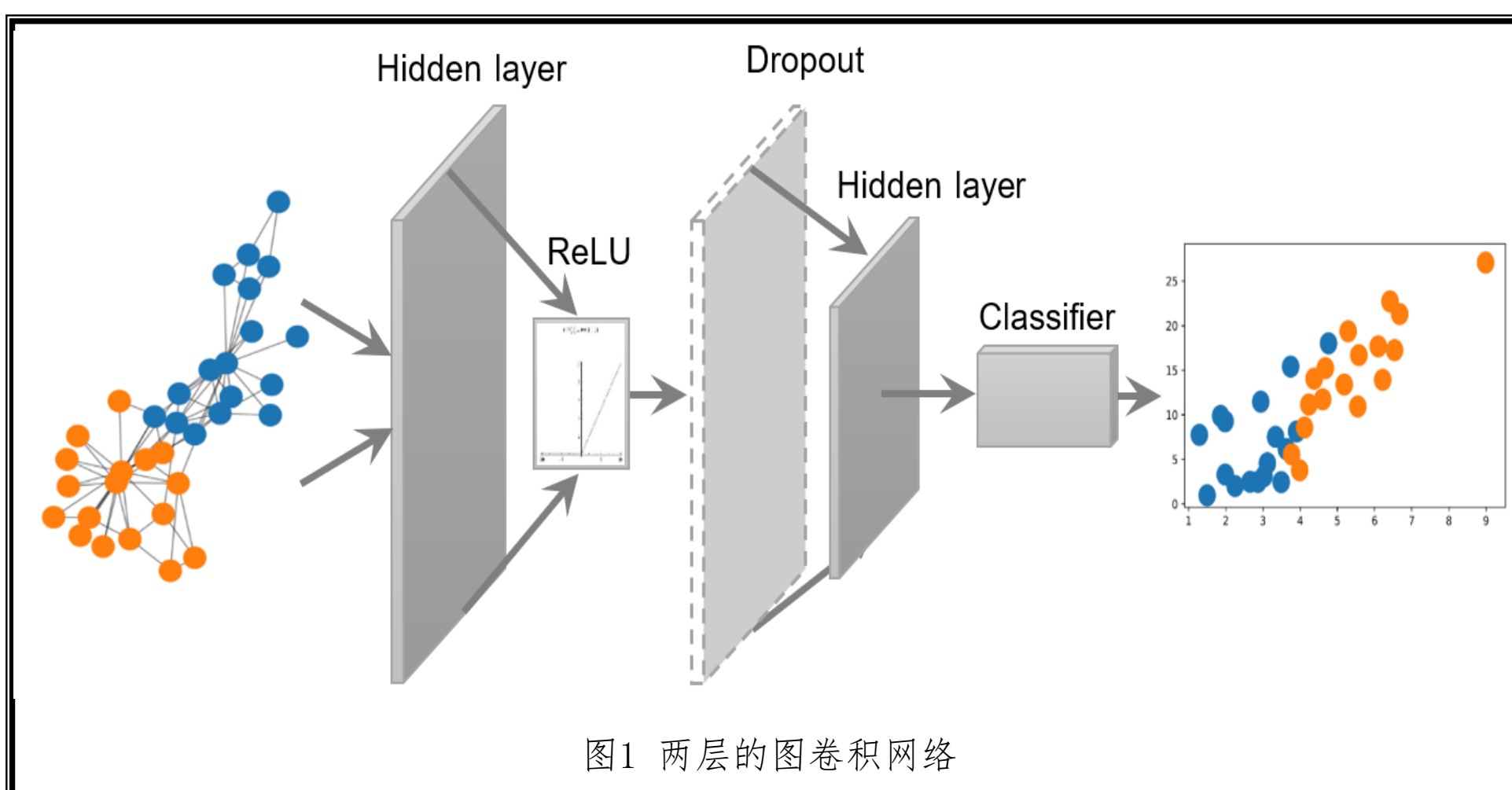


图1 两层的图卷积网络

## 论文简介

论文受到四川省重大科技专项(2018GZDZX0005)、四川省重大科技专项(2018GZDZX0006)和四川省重大科技专项(2018GZDZX0007)等项目资助, 由电子科技大学信息与软件工程学院网络空间安全实验室撰写完成。

论文首先讨论了空间信息网络的特征, 介绍了空间信息网络可能面临的安全挑战, 并以重要节点攻击以及网络分割攻击为背景研究空间信息网络的抗毁性。接下来, 论文对节点重要性和已经提出的各种抗毁性评价方案进行了概述, 并讨论了他们的优缺点。最后, 论文结合复杂网络节点重要性和图卷积网络提出了一种解决空间信息网络分割攻击的抗毁性评价模型。此外, 论文还做了大量的实验来验证提出的方案, 在四种典型的拓扑和基于胖树型拓扑的空间信息网络上进行仿真实验验证所提出的设计具有良好区分度和准确性。

## 算法原理

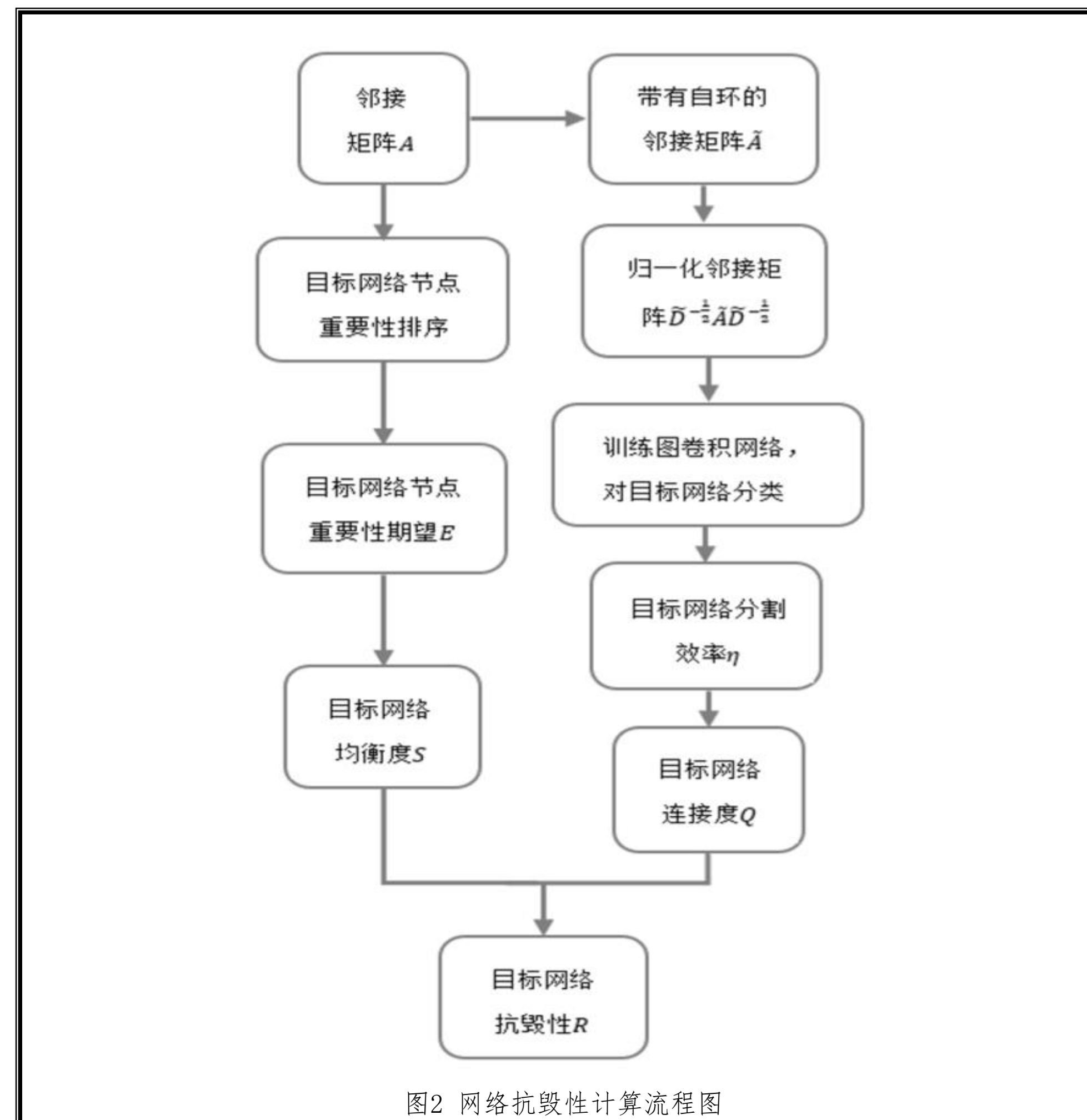


图2 网络抗毁性计算流程图

## 实验仿真

本文在许多实验中测试了我们提出的模型: 胖树网络的节点重要性, 图卷积网络的训练与分类, 综合节点重要性和图卷积网络分类的抗毁性评估。

本文对环型、星型、树型和网型四种基本网络拓扑和真实的胖树型空间信息网络进行了抗毁性评估实验, 实验结果与实际情况一致。星型拓扑抗毁性较低, 环形拓扑、网格型拓扑和胖树型网络的抗毁性较高。对于星型拓扑构成的网络, 当中心节点受到攻击时, 网络被分割成N个子网, 即网络中各个节点互不连通, 极大的降低了网络的抗毁性。对于环型网络, 任意节点的重要性相同, 当环型网络任一节点受到攻击时, 网络被分割成两个子网, 即失效节点子网和非失效节点子网。非失效节点组成的子网中所有节点两两互联, 不影响其正常工作, 导致该网络受到网络攻击时仍然具有较强的抗毁性。根据图卷积网络得到的分类结果, 当网络遭受到分割攻击时, 网格型网络都被分割成三个子网, 胖树型网络被分割成四个子网。两者的节点分布均匀, 网络整体的冗余度较高, 部分节点失效后, 每个子网包含的节点特征相似, 抗分割攻击的能力较强, 使得网络整体具有较强的抗毁性。

从实验结果可以看出, 本文中提出的抗毁性评估模型经过实验后得到的结果与实际情况一致。除此之外, 该抗毁性评价算法同样适用于规模较大的空间信息网络。

## 论文结论

保证安全是空间信息网络的关键。本文首先讨论了空间信息网络的独特特征, 介绍了空间信息网络可能面临的安全挑战, 并以重要节点攻击以及网络分割攻击为背景研究空间信息网络的抗毁性。接下来, 本文对节点重要性和已经提出的各种抗毁性评价方案进行了概述, 并讨论了他们的优缺点。随着人工智能的兴起, 深度学习为评估网络的抗毁性提供了新的思路和解决方案, 本文还对图卷积网络进行了描述。最后, 本文结合复杂网络节点重要性和图卷积网络提出了一种解决空间信息网络分割攻击的抗毁性评价模型。此外, 本文还做了大量的实验来验证我们的方案, 我们在四种典型的拓扑和基于胖树型拓扑的空间信息网络上进行仿真实验验证所提出的设计具有良好区分度和准确性。

在空间信息网络的安全性研究方面, 特别是对抗毁性的研究, 还需要完成大量的工作。在本文中我们只涉及到了小部分, 即本文主要分析了网络分割攻击情景下的抗毁性。如何在其他攻击情景下(例如针对空间信息网络的分布式拒绝攻击等)分析抗毁性是下一步研究重点。另外, 我们还将继续深入研究图卷积网络, 以更高的准确率对网络中的节点快速分类。将更多深度学习的算法运用到空间信息网络的安全性分析上, 以形成更加完备的空间信息网络安全分析系统, 为空间信息网络的建设提供更加合理的技术支持。我们相信本文讨论的安全问题将得到其他研究机构和研究人员的进一步探索, 这项工作将对该领域做出更多有益的贡献。