

多层网络分析视域下交通建设工程项目腐败特征探析

王首绪, 高文灿*, 李晶晶

(长沙理工大学 交通运输工程学院, 长沙 410114)

摘要: 本文通过整合腐败人员与组织之间的隶属关系, 构建腐败人员合作网络、组织合作网络、腐败人员与组织间隶属关系网络的多层网络, 从三个维度来揭示交通建设工程腐败合作网络的阶段特征。得出结论: 组织腐败网络发生腐败频率最高, 组织间的腐败关系比人员腐败更紧密; 组织腐败网络稳定性更强, 拥有更稳定的腐败关系链; 隶属组织腐败网络传播性和聚集性更强大。通过深入分析交通建设工程项目腐败不同阶段的特征, 有助于为减少交通工程项目腐败提供新思路, 可为相关部门提供合理的管理建议与数据支撑。

关键词: 交通建设工程项目; 腐败关系; 多层网络; 特征探析

中图分类号: D917.6; TU71

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2022)01-0048-8

引言

腐败对国家造成了难以规避的危害, 造成了税收流失从而影响各项资源的有效配置, 抑制了国家经济的稳定增长, 甚至危害了政治稳定及社会公平。为构建和谐公正的社会环境, 党和政府致力于构建中国特色的反腐败治理体系^[1], 但形势依然严峻。当前中国各项交通建设工程处于黄金时

期, 同时也伴随着各种问题在工程建设、拆迁、招投标等环节中出现。庞大的建筑工程项目建设的开发带来的众多的问题, 导致了许多案件的发生, 甚至产生了不可挽回的负面影响, 损害了政府形象, 侵犯了公民利益。所以从交通工程项目各阶段探索交通工程腐败特征, 制定相应的对策对减少腐败发生, 优化建筑市场环境, 营造公平法治的社会主义现代化环境十分必要。

收稿日期: 2022-01-07; 修回日期: 2022-02-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(71771031)

作者简介: 王首绪(1964—), 男, 教授, 研究方向公路工程、工程造价等。E-mail: 99088472@qq.com

*高文灿(1997—), 女, 硕士研究生, 研究方向为管理科学与工程。E-mail: gwc1390762420@163.com(通讯作者)

李晶晶(1979—), 女, 博士, 副教授, 研究方向工程项目管理、管理行为分析。E-mail: lijingjing@csust.edu.cn

引用格式: 王首绪, 高文灿, 李晶晶. 多层网络分析视域下交通建设工程项目腐败特征探析[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2022, 14(1): 48-55. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.22030701

Wang S X, GAO W C, LI J J. Analysis of corruption characteristics of transportation construction projects from the perspective of multilayer network analysis[J]. Journal of Engineering Studies, 2022, 14(1): 48-55. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.22030701

根据国际上透明的行业调查, 工程建设腐败一直是占比较大的腐败领域。工程建设领域腐败严重与工程本身的特点有直接关系, 如: 工程涉及金额庞大、工程涉及人员复杂、各有所求、利益目标不同等^[2]。学者们从不同角度用不同方法对工程领域腐败行为进行研究和归纳。Sui等^[3]采用空间计量模型和动态面板GMM方法对腐败传染现象进行了研究, 表明控制腐败需要全球参与治理, 不同国家的腐败扩散和其经济政治关系紧密。Taha等^[4]研究发现腐败是发展中国家政府项目失败的根源, 腐败会在项目管理和产品阶段两个不同的层面上直接和间接影响失败。Shan等^[5]总结现在对于腐败的研究集中在三个方面: 建设中腐败的表现形式、建设中腐败的影响和反腐败策略。腐败是发达国家和发展中国家建筑业面临的共同挑战。张兵等^[6]结合典型案例分析, 构建了由政府投资项目的腐败网络, 结果表明政府投资项目的腐败人员众多、腐败手段多种多样、腐败问题层出不穷, 对这些特征的分析有利于对腐败的关键环节进行把控并有效控制腐败的蔓延。洪燕^[7]构建工程腐败网络, 发现其网络结构既是松散的、不紧密的又是有稳定联系的, 并且可以找出网络中的关键人物。所以治理重心只有放在关键人物身上, 才能有效快速组织腐败蔓延。Taha等^[4]运用法医系统构造最小生成树, 来确定组织中最有影响力的人, 消灭他们就可以有效防止和扰乱这些组织的运作。Cheloukhine 和 King^[8]研究发现腐败网络中的行为主体分为个体和组织两类, 所以为根治腐败的发生, 应从这两类腐败上进行治疗。腐败网络可以揭示主体、腐败行为、腐败手段、腐败数目等多种元素, 所以针对网络的研究不能局限在“谁在网络中”, 还可以结合多种要素分析某人某时以某种方式腐败。这些研究为分析工程领域腐败特征提供了重要理论基础与方法参考。但某些数据获取或分析方法上仍有一定主观性, 且少有针对交通建设工程项目腐败的分析与研究。鉴于此, 本文充分考虑腐败得以滋生与蔓延的载体, 从人员与组织机构的隶属关系出发, 探寻腐败网络形成的内在结构根源, 通过构建复杂网络模型, 揭

示腐败阶段特征, 为清除腐败产生的社会土壤、有效治理腐败问题提供理论参考。

1 研究设计

为了探析交通建设工程项目腐败特征, 本文主要的研究思路: 首先以搜集的交通建设工程腐败案件作为研究对象, 人为提取案件中腐败人员与组织以及项目各阶段的数据, 完成人员与组织的隶属关系匹配; 其次利用Ucinet 6.0网络分析工具生成腐败网络图谱, 然后结合网络模型分析指标, 从人员腐败网络, 组织腐败网络和人员与组织隶属关系腐败网络分析交通建设工程项目腐败特征。主要步骤如下:

第1步, 数据获取与处理。根据研究对象的不同, 在2019年发布的裁判文书中筛选符合交通建设工程项目的案件。

第2步, 数据提取。对已筛选的案件进行人员, 组织和阶段的匹配, 然后以人员和组织为要素构建关系矩阵。

第3步, 网络特征分析。将矩阵输入软件构建腐败网络图, 选取指标对网络图进行特征分析, 最后分析腐败关键人员与组织特征。

2 数据来源与要素选择

2.1 数据来源

本研究的案件数据来源于中国裁判文书网案件库, 检索条件为: 案件类型“刑事案件”+案由“贪污贿赂”+裁判年份“2019”+全文含“交通工程项目”。检索到的交通建设工程腐败案件中, 组织内的腐败案件屈指可数。个人腐败与组织腐败往往是紧密联系的, 个人腐败即整个工程项目中涉及腐败关系的人员之间的腐败行为; 组织腐败即对腐败人员所在组织追溯, 发现85%以上的腐败案件是腐败人员依附于其隶属组织参与腐败或以其组织为桥梁进行腐败, 本质上是组织间进行的腐败行为。所以本文将腐败网络描述为人员、组织、阶段三个要素, 将参与组织机构分为五大类, 分

别是建设单位、实际总承包单位、分包单位、陪标单位、其他行政参与单位。

2.2 要素选择

依据案例进行要素选择和表示, 见表1。本文的人员腐败网络和隶属组织腐败网络都以参与人员为网络节点, 组织腐败网络以5大组织机构为网络节点。统计分析发现腐败行为存在于招投标阶段, 施工阶段, 尾款支付阶段的案例占比达91.4%以上, 具有代表性和普遍性。所以本文选取这三个阶段为主要分析目标。

3 网络构建与特征分析

3.1 网络构建

本文对不同阶段基于上述要素划分, 从腐败人员和组织两个维度构建一模网络、二模网络。一模网络旨在揭示不同阶段某参与人员在网络中占据怎样的位置, 握有怎样的权力, 受到整个网络结构或者网络中其他个体怎样的影响或限制。二模网络旨在揭示不同阶段各个组织在网络中占据怎样的位置, 受到其他组织怎样的影响或限制。

主要步骤如下:

第一步, 以项目为统计单元, 统计同一项目涉

表1 要素选择与表示

Table 1 Element selection and representation

要素	表示	要素细分
人员	Agent	A11、A12、A15、A16、A27、A28、A32、A37、A45、A50、A52 (领导权) 交通运输局党委书记、局长到主任; A1、A2、A3、A4、A5、A6、A7、A8、A9、A10、A13、A14、A17、A18、A19、A20、A21、A22、A23、A24、A25、A26、A27、A28、A29、A30、A31、A33、A34、A35、A36、A39、A44、A46、A47、A48、A49、A51、A53 (管理权) 项目经理, 项目负责人, 施工承包商、分包商; A38、A40、A41、A42、A43 施工人; A8、A9、A10 中介机构
组织	Organization	O1建设单位; O2实际总承包单位; O3分包单位; O4陪标单位; O5其他行政参与单位
阶段	Phase	招投标阶段; 施工阶段; 尾款支付阶段

及的建设阶段, 并提取各阶段涉案人员和隶属组织。

第二步, 一模网络构建。将关系矩阵输入软件中得出不同阶段的一模网络图。如果在腐败群体中任意两个人员之间有腐败行为, 则在这两个人之间建立联系, 运用复杂网络相关理论知识, 构建交通建设工程项目人员腐败网络模型, 将各腐败人员抽象为网络节点, 人员之间的腐败关系抽象为网络的边, 构建关系网络见表2。该腐败网络可以用邻接矩阵 $A_{n \times n}$ 表示, 使得如果在人员之间发生过腐败行为, 那么 $a_{ij}=1$, 否则 $a_{ij}=0$, 为了保护相关人员的隐私, 本研究采用A1~A53代表腐败人员, O1~O5代表不同的组织单位(表1)。Ucinet 6软件构建复杂网络下交通建设工程项目腐败人员关系, 如图1所示。构建交通建设工程项目组织腐败网络模型也是如此, 网络图中节点代表腐败组织, 节点间如果有连线那么组织间存在腐败关

表2 元关系网络模型表示

Table 2 Representation of meta-relational network model

名称	节点集M U	关系表示	网络类型
AA	Agent Agent	eAA=腐败关系网络	1-模网
AO	Agent Organization	eAO=腐败人员隶属	2-模网
OO	Organization Organization	eOO=组织联系网络	1-模网

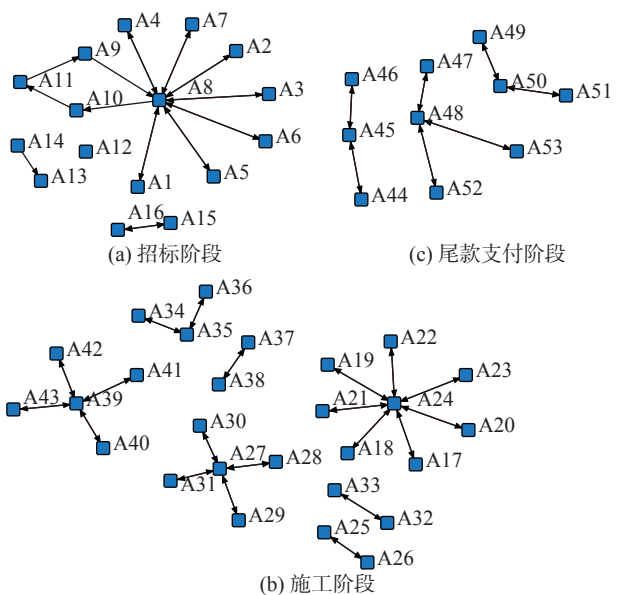


图1 人员腐败网络

Figure 1 Network of personnel corruption

系, 如图2所示。

第三步, 二模网络构建。腐败人员与腐败组织阶段网络特征具有一定的联系, 因此本文融入人员与组织的关系, 构建隶属组织腐败网络, 更加全面地揭示交通建设工程腐败网络阶段特征。如果在腐败群体中任意一个成员存在腐败行为, 则在这个成员所属组织之间建立联系, 运用复杂网络相关知识, 构建交通建设工程项目人员隶属组织腐败网络模型, 将各腐败人员及组织抽象为网络节点, 人员与其所属组织关系抽象为网络的边。该腐败网络可以用邻接矩阵 $A_{m \times n}$ 表示, 使得如果人员发生过腐败行为, 其所属组织也发生腐败行为, 那么 $a_{ij}=1$, 否则 $a_{ij}=0$, 采用Ucinet 6软件构建复杂网络下交通建设工程项目隶属组织腐败网络如图3~图5所示。

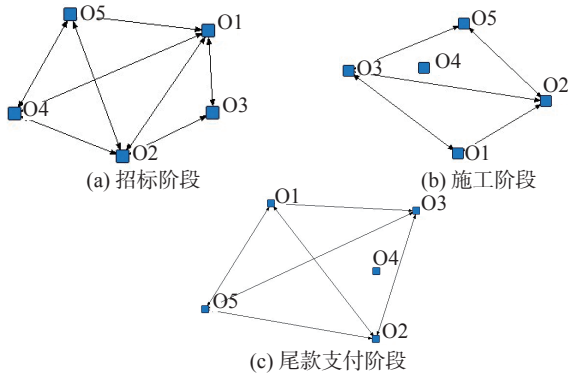


图2 组织腐败网络
Figure 2 Organizing a corrupt network

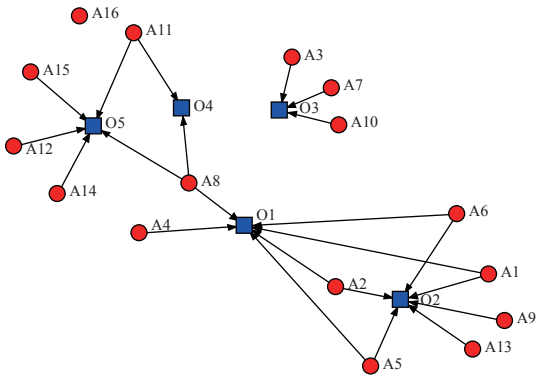


图3 招标阶段人员-组织隶属腐败网络
Figure 3 Persons in the bidding phase-the organization is affiliated with the corrupt network

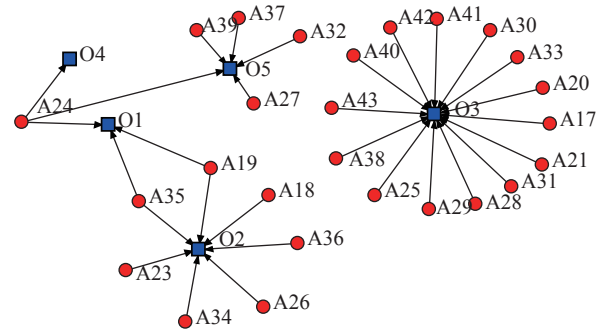


图4 施工阶段人员-组织隶属腐败网络
Figure 4 Construction phase personnel-organization attached to the corruption network

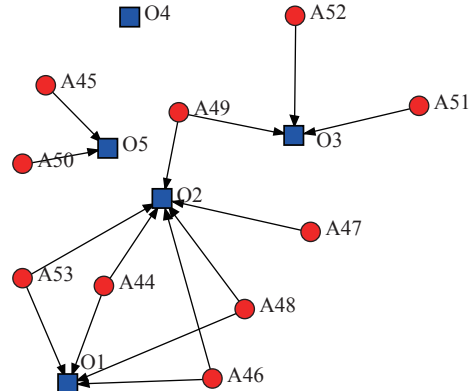


图5 尾款支付阶段人员-组织隶属腐败网络
Figure 5 Persons-organizations attached to corrupt networks in the payment phase of the tail

3.2 网络特征分析

3.2.1 网络参数选择 多层网络分析简单来说就是分析两个问题: 一是关系; 二是基于关系形成的网络结构, 即个体网研究和整体网研究。本文对整体网络进行研究, 重点分析网络结构, 分析结构特征时主要选用网络密度、网络规模、网络聚类系数等^[9]指标, 即网络节点之间的关系呈现出怎样的网络结构特点。本文选取网络密度、平均聚类系数、平均度指标对网络进行测度, 提取腐败人员与组织网络特征。

网络密度^[9](density): 网络中实际存在的边数与可容纳边数上限的比值。随着网络密度的提升, 网络内腐败人员参与腐败的次数也越来越多, 计算见式(1)。

$$\text{density} = \frac{2L}{N(N-1)} \quad (1)$$

其中, N 为网络中的节点总数; L 为网络中实际的边数。

平均聚类系数^[9](clustering coefficient): 网络中所有节点聚类系数的平均值。聚类系数可以反映出腐败网络的局部特征和网络是否具有的小世界特性。体现了腐败网络的传播性和聚集性, 计算见式(2)和式(3)。

$$c_a = \frac{2e_a}{k_a(k_a-1)} \quad (2)$$

$$CC_t = \frac{\sum_{a=1}^N c_a}{N} \quad (3)$$

其中, C_a 为节点聚集系数; CC_t 为网络平均聚集系数; k_a 为与节点 a 有共同连接的节点数目; e_a 为节点 a 的邻接节点间实际存在的边数。

平均度^[9](average degree, C_D): 所有节点的度数总和与节点数的比值, 表征节点连接程度。高的平均度会提高网络的稳定性, 计算见式(4)。

$$C_D = \frac{\sum_{j=1}^N a_{ij}}{N} \quad (4)$$

其中, a_{ij} 表示腐败合作邻接矩阵, 有腐败关系赋值1, 无腐败关系赋值0。

3.2.2 腐败人员关系网络特征分析 将所得的0-1一模关系矩阵输入软件中, 任意人员间存在腐败行为则存在边连接, 否则无。存在越多条边连接的节点代表该人员参与越多的腐败行为。以一模网络(图1), 为分析对象, 根据式(1)~式(3)可得出不同阶段的人员腐败网络结构特征, 见表3。

由表3可知交通建设工程腐败主要集中在招投标和施工阶段。交通建设工程建设中招投标是工

程实施过程中非常重要的中间环节, 直接影响一个项目的成功与否。

通过三个阶段的网络密度分析, 发现施工阶段腐败网络最为稀疏, 尾款支付阶段最紧密。通过平均度分析网络紧密性, 发现尾款支付阶段参与人员最少, 腐败也最为隐蔽。通过平均聚类系数分析网络局部特征和集团化程度, 三个阶段的平均聚类系数都没有超过1, 说明各阶段的局部特征还有待发现, 腐败过程也相对隐蔽, 但尾款支付阶段腐败关系的紧密性最大。

综上所述, 可归纳出人员腐败网络阶段关系特征:

(1) 人员腐败网络每个阶段的平均聚类系数都小于1, 没有特别强的小世界特性, 即腐败人员间的腐败传播和扩散速度较慢, 腐败人员之间会形成越来越多, 且更稳定的腐败关系。

(2) 腐败关系较紧密的招标阶段和尾款支付阶段, 平均度都超过1, 稳定性较高。施工阶段平均度是0.741, 腐败关系最易变化, 也是最不稳定阶段。

(3) A8的网络度最高, 是与周围人员建立联系的中介, 中介机构等违规违法操作可以控制, 但是评标专家与投标者之间有一些私下的联系, 无法从根本上切断, 所以评标时, 专家可能会被招标人员收买, 造成竞标的不公平。招投标阶段中介机构是监管和治理的重点对象。图1中多次发生腐败关系的A24、A27、A35、A39是占据管理地位的施工承包商和项目经理, 项目承包商不正当竞争, 在工程将建设中承包商为获得承揽项目的机会, 会在其权力范围内进行不正当活动, 例如: 巴结高管人员和领导者, 用钱收买中介部门和评标专家等。即有受贿人必有行贿人, 而项目承包商则在工程所需的各个环节中担任了行贿者的身份。

3.2.3 腐败组织关系网络特征分析 将所得的0-1一模关系矩阵输入软件中, 组织间存在腐败行为则存在边连接, 否则无。存在越多条边连接的节点代表该组织参与越多的腐败行为。以一模网络(图2), 根据式(1)~式(3)可得出不同阶段的组织腐败网络

表3 人员腐败网络阶段结构特征

Table 3 stage structure characteristics of personnel corruption network

网络结构参数	招标阶段	施工阶段	尾款支付阶段
节点	16	27	10
边	21	10	7
网络密度	0.175	0.028	0.1556
平均聚类系数	0.603	0.58	0.7
平均度	1.25	0.741	1.4

结构特征, 见表4。

表4 组织腐败网络阶段结构特征

Table 4 stage structure characteristics of organizational corruption network

网络结构参数	招标阶段	施工阶段	尾款支付阶段
节点	5	5	5
边	10	8	9
网络密度	1	0.8	0.9
平均聚类系数	0.9	0.875	0.603
平均度	4	3.2	3.6

从表4可知招标阶段各组织联系最多也最密切, 施工阶段组织之间的联系相对减少, 涉及的组织单位通常是建设单位和实际总承包单位。三个阶段的网络密度在接近1, 招投标阶段网络密度是1, 组织单位没有数量变化的情况下, 腐败组织合作最多也最为紧密, 其余阶段相对松散。平均度下降趋势, 说明招标阶段涉及利益方参与较多, 组织间的合作也较多。而在尾款支付阶段为独立组织与组织之间的合作联系, 腐败紧密性下降。综上所述, 可归纳出组织腐败网络阶段关系特征:

(1)组织腐败网络的平均聚类系数逐渐下降, 表明从招标阶段到施工阶段再到尾款支付阶段, 腐败关系越发松散, 小世界性也逐渐不明显。组织间腐败信息传播与扩散速度下降。所以在后面两个阶段发现对腐败参与人员的及时制止和惩处, 可以大大降低腐败的传播与扩散。

(2)三个阶段的平均度都在3以上, 说明各阶段的稳定性高, 组织与组织间腐败联系大体不会发生变化。尤其是招标阶段的网络密度是1, 说明在招标阶段的腐败次数最多, 腐败关系也是最顽固。表明在招投标阶段组织之间形成了稳定持久的腐败关系, 需要从各个组织内部打击预防腐败。

3.2.4 多层次腐败网络特征分析 将所得的0-1二模关系矩阵输入软件中, 组织间的边代表存在腐败行为, 否则无。存在越多条边连接的节点代表该组织参与越多的腐败行为; 人员与组织间的边代

表人员隶属于该组织参与的腐败, 如图3~图5所示。为分析对象, 结合式(1)~式(3), 运算可得出不同阶段的人员-组织隶属腐败网络结构特征, 见表5。

表5 隶属组织腐败网络阶段结构特征

Table 5 the stage structure of affiliated organization corruption network

网络结构参数	招标阶段	施工阶段	尾款支付阶段
节点	21	32	15
边	23	31	15
网络密度	0.110	0.063	0.143
平均聚类系数	1.717	0.709	1.08
平均度	4.2	1.24	0.6

由表5可知, 尾款支付阶段人员与隶属组织腐败次数最多, 招投标阶段人员与隶属组织腐败最为紧密, 归属性也最强。施工阶段人员与隶属组织腐败关系最为松散。随着工程项目推进, 各阶段的腐败隶属组织关系强弱有显著差异, 招投标阶段腐败参与人员大多归属于建设单位与实际总承包单位, 施工阶段主要归属于分包单位与实际总承包单位, 尾款支付阶段腐败参与人员大多归属于建设单位与实际总承包单位。通过网络密度可知, 尾款支付阶段人员与隶属组织之间腐败关系最多, 施工阶段腐败关系最少; 平均度由4.2下降到0.6, 各阶段系统稳定性不断提高; 招标阶段人员与隶属组织腐败关系最为紧密, 同时系统是最稳定的。

综上所述, 可归纳出隶属组织腐败网络阶段关系特征:

(1)隶属组织网络平均度是逐渐下降的, 招标阶段稳定性最高, 隶属组织腐败网络较稳定。尾款支付阶段稳定性最低, 同时平均聚类系数超过1, 这一阶段腐败的信息传播和扩散速度会比施工阶段快。这些表明影响最大的个人与影响最大的组织之间没有直接联系。

(2)施工阶段的网络密度和平均聚类系数与其他阶段相比都是最小的, 隶属组织腐败关系最弱, 因此相较其他阶段, 这一阶段腐败的信息传播和扩散速度是最慢的。

4 结论与展望

(1)交通工程项目腐败涉及工程项目的各个阶段。通过人员腐败网络研究表明招标与尾款支付阶段平均度都超过1,说明这两个阶段的稳定性较高,而施工阶段由于工作性质等特点,腐败行为存在于施工的各个阶段,包括项目承包、材料选用、材料运输、设备维修。所以施工阶段要从基层进行反腐工作,建立从上至下的反复意识。

(2)交通工程项目组织间的腐败在招标阶段尤为密切,所以工程项目在招标阶段就形成了稳定持久的关系,在后面的阶段所产生的腐败也有一部分源于招标阶段所建立的腐败关系形成的。个人腐败往往披着组织腐败的外衣,实际是组织之间的腐败,是组织里最高层领导人员之间的合作。所以对组织机构高层人员进行把控是减少腐败的有效途径之一。

(3)隶属组织网络平均度是逐渐下降的,招标阶段人员与隶属组织联系最为紧密,隶属组织腐

败网络较稳定。施工阶段隶属组织网络紧密性最低,表明这一阶段的腐败发生频繁且参与腐败人员组织联系不紧密,腐败关系更随意。因此在招标阶段要把治理腐败的重点放在各个组织高层人员,而施工阶段要更多地关注现场工作人员以及分包工作负责人。

(4)三层网络进行对比分析可知,组织腐败网络发生腐败频率最高,组织间的腐败关系比人员腐败更紧密;组织腐败网络稳定性更强,拥有更稳定的腐败关系链;隶属组织腐败网络传播性和聚集性更强大。因此对于相对稳定的腐败关系治理,要从组织间进行阻断,其隶属组织人员间的腐败也会自然而然减少,腐败关系网实现逐层打击。

(5)本研究的局限性在于对各案例内信息挖掘不够全面,可能使得隐藏人员被遗漏。在后续研究中将进一步优化相关算法,从非结构化的文本数据中找到更多有用信息。

参考文献

- [1] 董瑛,刘缉川.清廉中国:反腐败斗争压倒性胜利的三重逻辑[J].治理研究,2022,38(1):93-101+127.
- [2] 张兵,洪燕.网络视角下的腐败:构成要素、典型特征与形成路径[J].法制与社会,2020(16):100-103.
- [3] Sui B, Feng G F, Chang C P. The pioneer evidence of contagious corruption[J]. Quality & Quantity, 2018, 52(2): 945-968.
- [4] Taha K, Yoo P D. Using the spanning tree of a criminal network for identifying its leaders[J]. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 2017, 12(2): 445-453. <http://dx.doi.org/10.1109/TIFS.2016.2622226>.
- [5] Le Y, Shan M, Chan A P C, et al. Overview of corruption research in construction[J]. J. Manage. Eng., 2022: 02514001.
- [6] 乐云,张兵.基于典型案例的政府投资项目腐败网络分析[J].建设监理,2015(1):46-48,69.
- [7] 洪燕.基于关键行为人的工程腐败网络演化及打击策略研究[D].扬州:扬州大学,2020.
- [8] Cheloukhine S, King J. Corruption networks as a sphere of investment activities in modern Russia[J]. Communist Post-Communist Studies, 2007, 40: 107-122.
- [9] 李欣,温阳,黄鲁成,等.多层网络分析视域下的新兴技术研发合作网络演化特征研究[J].情报杂志,2021,40(1):62-70.

Analysis of Corruption Characteristics of Transportation Construction Projects from the Perspective of Multilayer Network Analysis

Wang Shouxu, Gao Wencan^{*}, Li Jingjing

School of Traffic and Transportation Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410114, China

Abstract: In this study, we construct a multilayer network comprising a corrupt personnel cooperation network, an organization cooperation network, and an affiliation network between corrupt personnel and organizations. It is constructed by integrating the affiliation relationship between corrupt personnel and organizations to reveal the stage characteristics of the corrupt cooperation network of transportation construction projects based on three aspects. The results obtained are as follows: organizational corruption networks have the highest frequency of corruption, and inter-organizational corruption relationships are closer than personnel corruption relationships; organizational corruption networks are more stable and contain more stable chains of corruption relationships; affiliated organizational corruption networks are more diffuse and aggregated. A comprehensive analysis of the characteristics of different stages of corruption in traffic construction projects allows new ideas to be obtained that can reduce corruption in traffic engineering projects, as well as provide reasonable management suggestions and data support for relevant departments..

Keywords: traffic construction projects; corrupt relationships; multi-layer network; feature analysis