

城市生活垃圾分类回收 网络治理关系研究

——基于指数随机图模型的分析

谭灵芝 孙奎立

摘要 2017年《生活垃圾分类制度实施方案》正式公布实施,但现阶段分类效果仍不显著。原因之一在于生活垃圾回收涉及多利益主体,各利益主体的纠纷和冲突阻碍我国生活垃圾分类回收目标实现。寻求解决各利益主体冲突的途径,有助于较好地解决上述问题。作者通过 Markov 随机图模型和高阶随机图模型对城市生活垃圾分类回收利益网络结构和关系进行分析。研究结果发现:整个生活垃圾分类回收体系形成了众多节点,各节点间彼此相互影响,产生了连接或分散或紧密的子群。其中,政府组织内部节点存在互惠性,网络等级闭合路径显著,说明政府组织内部会形成紧密度较高但直径较短的核心结构,特别是存在隶属关系的节点。而同级别机构或非隶属关系的节点之间联系紧密度较低,各自为政。政府组织与非政府组织之间网络紧密度较低,没有形成强有力的交互影响关系,造成生活垃圾分类回收利益隔离,难以对生活垃圾分类回收形成强有力的管理。因此,现阶段应该加强不同组织间的合作,形成利益共享机制,提高城市生活垃圾分类回收可持续性。

关键词 指数随机图模型 生活垃圾分类回收 利益网络

[中图分类号] F59 [文献标识码] A [文章编号] 2095-851X(2019)02-0039-16

【基金项目】国家社会科学基金项目“我国城市生活垃圾减量化市场管理模式及政策研究”(批准号:14BGL095)。

【作者简介】谭灵芝(1976-),重庆工商大学人口发展与政策研究中心副教授,邮政编码:400067;孙奎立(1972-),山东第一医科大学医学管理学院副教授,本文通讯作者,邮政编码:271016。

致谢:感谢审稿专家匿名评审,当然文责自负。

一、引言

2019年6月3日,习近平总书记对垃圾分类作出重要指示,“推行垃圾分类,关键是要加强科学管理、形成长效机制、推动习惯养成”。生活垃圾分类正成为我国生活垃圾管理和城市管理的重要方面。党的十九大全面明确了建立生态文明制度体系的方向和路径,并明确要“着力建设资源节约型、环境友好型社会”。生活垃圾处置和管理是我国生态文明制度建设和资源节约型社会建设的重要组成部分,涉及垃圾分类处理、实现资源节约和源头减量等内容。2017年颁布实施《生活垃圾分类制度实施方案》(以下简称《方案》),标志着生活垃圾分类回收成为实现生活垃圾减量化、资源化和无害化处置目标的最重要载体之一。

改革开放之后的快速城市化,促使我国城市生活垃圾无害化处理能力逐年提高,城市生活垃圾无害化处理率在2017年已达97%。根据对我国人均产生垃圾量和组分的分析,生活垃圾减量化和资源化在生活垃圾处置中占比过低,现行的生活垃圾中存在较大比重的可回收物质。可供末端处置的土地供给也难以与快速城市化的垃圾处置需求相匹配。例如,若按照北京地区目前人口增长速度和生活垃圾产生量计算,2020年,北京地区垃圾将无处可以填埋。因为土地资源的缺乏,在许多大城市,垃圾场与居民为邻的现象已十分普遍。早在2000年,我国即选择了八个城市进行垃圾分类回收的试点,但结果发现,并未取得明显的垃圾减量化效果。例如,根据统计,即使最早试行垃圾分类的北京市,分类投放正确率也仅为16.92%~34.56%(宋国君等,2015)。与其他垃圾减量化处置方式不同,生活垃圾分类涉及多类型利益主体。例如,根据《方案》,目前涉及垃圾分类利益相关者在促进生活垃圾分类回收的发展与决策过程中(垃圾分类政策决策、垃圾分类信息融通、垃圾分类回收企业经营决策、垃圾分类责任分配和利益分担机制等)有不同的责任和义务。但不同的利益者代表了不同的利益集团,最终都会影响垃圾分类结果和生活垃圾减量化目标。但从已有文献看,我国对利益主体之间的关系进行阐释,寻求获得生活垃圾分类的可持续实施效果的相关研究较为缺乏,也缺乏大样本的数据分析。

因此,本文试图对垃圾分类的利益主体进行分析,并提出我国生活垃圾分类回收的利益治理建议,以期为垃圾分类和回收存在的利益纠纷关系提出可供参考的解决路径,最终促进我国城市生活垃圾可持续管理。本文后续的内容安排如下:首先,文献综述,为本文研究提供可供借鉴的研究思路;其次,通过Markov随机图模型和高阶随机图模型,构建利益主体分析框架;再次,以北京、广州和重庆等地区大样本调查数据为基础,探讨不同利益主体关系;最后,根据实证结果提出相应的政策建议。

二、文献回顾

鉴于生活垃圾环境损害急剧增加，20世纪80年代以后，一些发达国家开始进行垃圾分类及其政策体系的研究，并逐步趋于专业化和标准化，较为典型的如德国的《包装条例》和日本的《容器和包装物的分类收集与循环法》。文献研究方面，Wertz（1976）较早探讨了居民的垃圾分类回收问题。随着生活垃圾分类在循环社会建设和城市生态环境管制等中的作用提高，更多的研究者开始从政府政策、回收企业环境效益和个体回收者回收动机等角度探讨垃圾分类中利益主体之间的关系。Caevel 和 Buekens（2000）认为，只有主管当局的投入和行动，刺激垃圾再生利用者，才能通过需求侧管理促进建立“良性循环”。Sanneh 等（2011）认为发展中国家基础设施差，加之资源不足和资金不足等，阻碍了生活垃圾分类优化，只有通过多利益相关者，包括非正规部门通过以社区为基础的组织、非政府组织和私营部门等的参与，垃圾分类才能实现有意义的可持续城市生活垃圾管理。Bergeron（2016）明确了管理者为鼓励回收制定政策框架的重要性，认为城市分类中的决策者有必要避免利益相关方之间的重复性职能交叉。

我国学者通过借鉴国外研究方法和成果，多从分类的宏观政策、分类标准和分类意识等方面进行分析。例如，潘永刚等（2016）认为我国生活垃圾分类存在较为严重的制度缺失，已有政策法规缺乏可操作性。无论是全国性法规，还是地方性法规，对城市生活垃圾的分类收集仅做出原则性规定，但并未明确相关利益主体的责任和义务。张农科（2017）认为缺乏强制性的监督政策或监管体系，使得垃圾分类多以自愿性形式出现，最终难以在垃圾上下游减量化和资源化处置中发挥黏合剂的作用。彭韵等（2018）认为，垃圾分类过于混乱造成资源循环再生与末端处置日益分离，循环经济并未实质性地改善再生资源利用效率。王国友（2016）认为大量的非正规性的垃圾分类依托垃圾回收游击大军，因缺乏中下游利用企业强制性环境质量标准引导，在产品生产中表现出明显的“劣币驱除良币”现象。张越和唐旭（2014）认为这是因为我国生活垃圾分类体系是内生于重工业倾斜战略的国家供销系统在整个城市的延伸，生活垃圾分类并非基于城市环境卫生管理需要，也因此缺乏足够的环境偏向性制度。阎宪等（2010）认为相较于居民分类投放意识而言，当前生活垃圾分类中更重要的是制度供给不足问题。田凤权（2014）认为行为控制、法规与道德约束是制约城市生活垃圾源头分类的两个最主要因子。孟彩英和张灿（2015）认为政府在制定政策中要规范生活垃圾主体的权利与责任义务，明确相应惩罚标准，加快制定生活垃圾分类收集的管理法规、实施细则和具体办法，形成更具实践指导意义的城市生活垃圾分类政策体系。

从以上文献可知，垃圾分类回收并非某一主体能够完成。近年来，概因生活垃圾对城市环境卫生影响加剧，各利益主体之间冲突引发的生活垃圾分类不足等问题引发

较多关注。较为典型的如垃圾处理厂的选址等产生的“邻避”事件时有发生，涉及民众、政府和企业间的目标冲突、认知冲突、感情冲突和程序冲突等（吕添贵、梁慧美，2018）。李延伟（2018）从治理环境争议出发，试图构建一个分析框架，通过六种不同的环境争议治理方法：单边走、削弱、减压、放弃、合作与引导，解决环境争议。杜春林和黄涛珍（2019）研究认为现阶段政府承担分类责任太多是影响垃圾分类效果的重要原因。政府超负荷承担垃圾分类工作，忽视对社会主体参与垃圾分类的培育，缺乏对市场主体参与垃圾分类的支持。现阶段必须完善多元主体参与垃圾分类的相关制度、引导多元主体共同参与垃圾分类、统筹推进垃圾分类各个环节协调发展等城市生活垃圾分类的多元共治。

2017年国家颁布《方案》之后，国内大多数城市并未按照《方案》的计划进行垃圾分类，可能的原因在于，各利益主体间存在利益不一致和利益相关者之间存在等级网络结构有关系，在一定程度上影响生活垃圾分类目标的实现。事实上，生活垃圾分类回收本来就存在一个网络等级体系，需要各利益主体参与其中，并以有效的方式收集各种信息以解决传统的科层制回收模式。但已有文献鲜有从各利益主体网络结构和网络等级等网络关联角度研究利益相关者垃圾分类回收网络。近年来，多角度考虑内外部因素对网络的外溢效应和关联效应的指数随机图模型（Exponential Random Graph Models, ERGM）得到了研究者的关注。指数随机图模型更强调网络的空间关联性和依赖性，运用多层次与多结构的网络变量将宏观和微观网络指标对立统一起来，其结果可以检验局部过程的汇集是否可以产生全局网络特征属性，优质的模型可以通过模拟技术实现从微观到宏观的跨越（Mann and Singh, 2015）。而生活垃圾分类决策网络正是由多个利益主体分类决策行为构成，因此，采用指数随机图模型分析生活垃圾分类利益主体空间网络关联性等具有内在合理性。

目前采用指数随机图模型分析垃圾分类中各利益主体相关性的文献比较鲜见。事实上，一方面，现有的以政府为主导的垃圾分类决策方式引致垃圾分类效率不高，各利益主体在其中的诉求难以得到满足。另一方面，从实现垃圾减量化目标角度分析，与传统的权威性科层制政策制定模式和管理模式不同，网络治理更强调各利益主体以协同、合作的方式管理公共事务，对其所获得的利益和资源及权力实现共享，借助网络各主体间的沟通、协商、分享、合作等方式实现共赢。因此，如何吸引各利益主体都能最大限度地参与垃圾分类，通过合作协同、共同参与等方式，利用指数随机图模型从网络协同角度探讨不同利益主体在生活垃圾分类回收网络中的角色与定位，分析网络结构特征和可能变化趋势，并根据我国现阶段垃圾分类现实建立多利益主体协同参与的决策治理网络体系，应成为促进我国生活垃圾分类目标实现的重要举措，也是实现我国生活垃圾减量化目标重要保障。

三、基于指数随机图模型的利益主体协同分类回收网络结构与关系

(一) 生活垃圾分类回收系统中的利益主体网络节点及要素分析

社会网络结构是由各类节点和节点间互动作用关系构成，节点代表利益主体，各利益主体之间在生活垃圾分类中产生的各类资源、信息、技术和资金等的流动和传递通常被认为是网络节点间存在的互动关系（约翰·斯科特，2007）。利益主体相关研究起源于管理学领域，涉及组织目标实现或与目标相关的个体或群体体系（Freeman and Ellis, 1984）。在生活垃圾分类事务中涉及的节点主要包括：政府（中央政府和城市各级政府）、企业（含垃圾清除处理企事业单位、各类产品责任者、可回收物回收企业和再生企业等）、社区、家庭或者个体（赵由才，2016）。生活垃圾分类其根本目的在于实现生活垃圾减量化和资源化，在这个过程中各利益主体是冲突还是合作，决定了城市生活垃圾分类目标的实现和城市环境卫生减量化管理方向。表1是生活垃圾分类回收系统中对利益相关者的划分结果。

表1 主要利益相关者及分类

分类	利益相关者	分类	利益相关者
政府机构	省级及地方政府(A)	本地社区	社区管理部门(J)
	地方政府城市市容管理部门(B)		小区物业管理部门(K)
	地方政府环境管理部门(C)	家庭或个体	进行垃圾分类家庭(L)
	地方税收管理部门(D)		未进行垃圾分类家庭(M)
	街道或镇政府及相关部门(E)		分类回收个体工商户(N)
企事业单位	垃圾清运企事业单位(F)	信息部门	NGO 环境保护组织及行业协会(如再生资源协会等)(O)
	垃圾分类回收企业(G)		专家及研究机构(P)
	垃圾再生利用企业(H)		媒体(Q)
	垃圾末端处置企事业单位(I)		

(二) 网络数据的收集方法

生活垃圾分类回收利益关系网络数据是利益主体关系数据。具体方法主要是通过邀请相关专家进行半结构化访谈采集数据。本文根据对垃圾分类回收利益主体的认知深度、对全国生活垃圾分类回收情况的熟悉情况、相关垃圾分类回收管理经验、向政府部门或分类回收及再利用企业做过项目咨询等四类原则，选取了40位行业专家，每个专业领域选取4位专家，取其均值。通过专家赋权，对17个利益主体之间的利益关系进行打分评价（0表示利益主体之间并无相关决策关系，1则说明利益相关人在分类信息沟通、参与政府分类回收项目咨询、利益分配过程中利益协同及信息交流和构建等方面形成利益决策关系），并采用算数加权平均法对汇总的专家分数进行计

算。最后通过对专家半结构式访谈内容（见表2）、媒体资料、文献、课题组调查结果等对分数进行修正，并根据修正结果形成了城市生活垃圾分类回收利益主体关系矩阵（见表3）和利益主体决策网络图形（见图1）。

表2 专家信息及权重值

序号	研究方向	是否主持过生活垃圾分类回收相关项目或参与政策制定？(1)	是否参与生活垃圾分类回收相关项目或参与了政策制定(2)	对生活垃圾分类回收利益关系人认知程度？(3)	生活垃圾分类回收过程中是否向相关政府部门提出过政策或建议？(4)	是否主持或参与过生活垃圾分类回收实地调研？(5)	专家权重
		是=2;否=0	是=1;否=0	很了解=4; 比较了解=3; 一般了解=2; 不太了解=0	多次提出=2; 提出过一两次=1;未提出=0	经常进行=3; 偶尔进行=1.5; 未进行=0	
1	环境公共政策	是	是	比较了解	未提出	经常进行	9
2	城市环境可持续发展	否	否	比较了解	提出过一两次	偶尔进行	5.5
3	生态经济学	否	否	一般了解	未提出	偶尔进行	3.5
4	环境经济学	是	否	比较了解	提出过一两次	经常进行	9
5	固体废弃物管理	是	是	很了解	多次提出	经常进行	12
6	环境事业管理	否	否	不太了解	未提出	未进行	0
7	环境科学	否	是	比较了解	未提出	偶尔进行	5.5
8	固体废弃物管理	否	是	很了解	未提出	经常进行	8
9	城市环境卫生管理	否	是	很了解	提出过一两次	经常进行	9
10	环境经济学	否	是	比较了解	未提出	偶尔进行	5.5

表3 城市生活垃圾分类回收利益主体网络关系矩阵

利益主体	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
A	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
C	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
D	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
E	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0

续表

利益主体	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
F	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
H	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
I	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
J	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
K	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
L	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0
M	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
N	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
O	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
P	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Q	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

资料来源：作者整理。

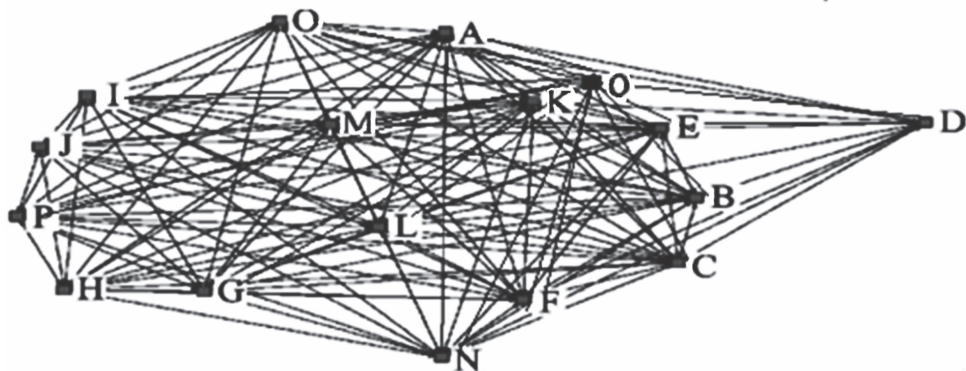


图1 城市生活垃圾分类回收利益主体网络关系

资料来源：作者绘制。

(三) 指数随机图模型

指数随机图模型是伴随图论和矩阵代数等的发展而逐渐形成的，以网络结构为中心的社会统计模型，具体包括 p_1 模型、 p_2 模型和 p^* 模型。较之单一网络结构的分析方法，指数随机图模型考虑了多个层次的网络结构变量，能实现从微观到宏观的跨越，从而更全面揭示网络结构形成的社会化过程。

给定真实网络 $G = (V, E)$ ， $V = (1, 2, 3, \dots, n)$ 表示网络中节点， $J = \{(i, j) : i \in V, i \neq j\}$ 表征网络各节点之间所有可能存在的关系。 E 为网络存在的边

(Edge), 事实上, E 只是 J 的子集, 即网络中各个节点存在的某种可能集合关系。通过建立一个随机变量 Y 表示 J 中的元素, 若 $(i, j) \in E$, 则 $y_{i,j} = 1$, 代表一条行动者 i 到行动者 j 的网络关系; $y_{i,j} = 0$ 则代表不存在这种网络关系。在此基础上形成随机相邻矩阵 $y = [y_{i,j}]$, 定义为 $Y_{i,j}$ 的观测值, Y 为所有相邻关系的矩阵, Y 可以是无向的或有向的。指数随机图模型的一般形式如下:

$$Pr(Y = y | 0) = \frac{1}{k} \exp \left\{ \sum_H \theta_H^T g_H(y) \right\} \quad (1)$$

其中, $Pr(Y = y | 0)$ 表示在条件 θ 下, y 在矩阵 Y 中出现的概率。模型总数超过结构类型 H , 不同系列的结构表示不同的模型。 $g_H(y)$ 为与结构模型 H 有关的网络统计量, θ_H 为网络统计参数。 k 为归一化常数: $k = k(\theta) = \sum_m \exp \left\{ \sum_H \theta_H g_H(y) \right\}$ 。

随机量 $y_{i,j}$ 从 0 趋向 1 时, 式 (1) 以逻辑回归的形式解释观测网络中关联关系是来自其自身属性特征, 还是外来因素影响。

$$\text{logit} \left[\frac{Pr(y_{i,j} = 1 | y^c)}{Pr(y_{i,j} = 0 | y^c)} \right] = \sum_H \theta_H^T \Delta(g(y))_{i,j} \quad (2)$$

其中, y^c 为不包括 $y_{i,j}$ 的所有网络 $\Delta(g(y))_{i,j}$, 为网络的变动值。 H 一般包括网络内生影响因素 α 、属性值 β 和与网络相关的外在网络影响因素 γ , 且 $\alpha, \beta, \gamma \in H$ 。公式 (2) 可以改为:

$$Pr(Y = y | \theta) = \frac{1}{k} \exp \left\{ \theta_a^T g_a(y) + \theta_\beta^T g_\beta(y, x) + \theta_\gamma^T g_\gamma(y, \bar{g}) \right\} \quad (3)$$

根据 Morris 等 (2008) 的研究, 影响网络形成的因素主要包括网络内生结构效应、网络个体属性特征和外生网络效应等。目前多利用马尔科夫 (Markov) 链蒙特卡罗极大似然估计法对模型进行估计。但 Markov 随机图模型通常难以收敛, 参数难以得到有效估计。由此, 一些研究者提出用不同的网络统计参数对网络进行收敛, 如交互的 K-星 (Alternating K-stars)、交互的 K-三角 (Alternating K-triangles) 和交互的 K-2-路径 (Alternating K-two-paths) 等, 此时对于 θ_H 和统计量 $g_H(y)$, 指数随机图模型有多种形态和扩展, 这些不同模型可以较好地检验影响网络形成的主要因素。最终通过仿真、对比和模拟改进等程序, 不断修正模型参数使得仿真的网络结构特征逐步逼近真实网络。具体采用 R 语言中的 ERGM 程序包完成。指数随机图模型下, 与城市生活垃圾分类回收网络相关的自组织效应主要包括稀疏效应、扩张效应、聚敛效应、交互效应和传递效应 (罗泰晔、马翠嫦, 2018), 见图 2。

四、基于指数随机图的网络结构模型建立及估计

为全面分析城市生活垃圾分类过程中各利益主体在整个网络组织间的关系, 根

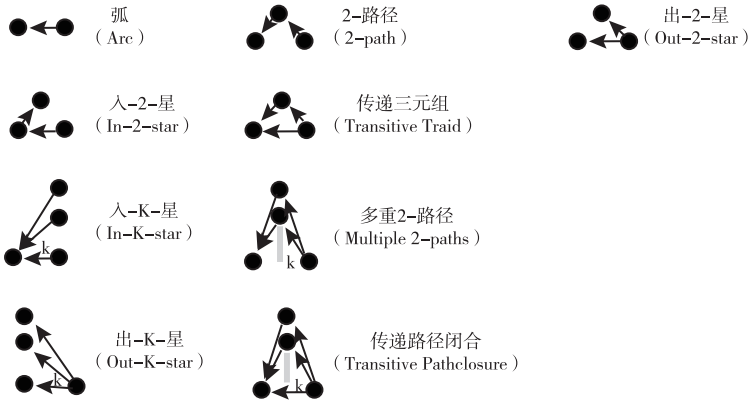


图2 城市生活垃圾分类回收网络配置基本含义

资料来源：罗泰晔和马翠嫦（2018）。

据表1中的城市生活垃圾分类回收利益主体组成，利用指数随机图模型将各利益主体网络变量纳入网络关系中进行分析，以期更为全面地阐释生活垃圾分类回收治理网络组织内部及跨组织间关系。为研究方便，将表1的各类利益主体组织关系简化处理，主要考量组织内部和不同组织间网络关系。具体可分为政府组织间关系（包括各级政府及相关部门、社区组织和政府性质的研究机构）、非政府组织间关系（包括企业、回收者、物业管理部 门和非政府组织等），同时分析政府组织和非政府组织间关系。

指数随机图模型有多种类型，但并非所有模型都能够实现和观测值的拟合，得到有效的分析结果。本文根据研究目的，对贝努利随机图模型、Markov 随机图模型和高阶模型三个模型的适用性进行分析，以选择最为适合的随机指数图模型，具体指标解释见表4。

模型1：贝努利（Bernoulli）随机模型，只包含 Edge。

模型2：Markov 随机图模型，包括 Edge、Mutual、In-2-star、In-3-star。

模型3：高阶模型，包括 Edge、Mutual、Sink、出向集中（A2P-D）、入-K-星（AinS）、出-K-星（AoutS）、循环闭合（AT-C）和入向闭合（AT-U）等。

（一）政府组织间网络治理关系

利用 Pnet 软件对三个模型 t 统计值的绝对值进行计算，从表4可见，模型1的 t 统计值大于0.1，模型2和模型3的 t 统计值小于0.1（说明收敛较好）。因此选择模型2和模型3进行拟合优度检验。从表5可见，模型3的拟合优度收敛统计值略高于模型2，且两个模型的拟合优度 t 统计值均小于2。而从标准误结果看，模型3的入度及出度标准误差值均小于模型2，说明模型3能更好反映网络特征。进一步检验可知（见表5），模型2的出度分布标准差、斜度分布、全局聚类、局部聚类均值和局部聚类方差五个指标 t -比率绝对值大于0.1，且均大于模型3的五个指标 t -比率绝

对值（均小于0.1）。这说明较之其他两个模型，模型3能更好地实现结果收敛，且有更好的拟合优度，故最后选择模型3进行分析。

表4 政府组织间治理网络参数估计结果

估计模型	网络构成	参数估计值	标准误	t 统计值
模型 1	边 (Edge)	-2.986	0.075	0.182
模型 2	边 (Edge)	-2.783	0.194	0.081 *
	互惠性 (Mutual)	2.004	0.313	0.064 *
	入-2-星 (In-2-star)	-0.006	0.267	0.068
	入-3-星 (In-3-star)	0.006	0.082	0.071
模型 3	边 (Edge)	-3.013	0.067	-0.079 *
	互惠性 (Mutual)	3.123	0.175	-0.062 **
	(Sink)	-0.442	0.819	-0.047
	出向集中 (A2P-D)	2.997	0.614	0.059 *
	入-K-星 (AinS)	-0.073	0.107	0.062
	出-K-星 (AoutS)	-0.061	0.138	0.018
	循环闭合 (AT-C)	0.213	0.299	0.0664 *
	入向闭合 (AT-U)	0.224	0.307	0.0575 *

注：* 表示 $p < 0.05$ ，** 表示 $p < 0.01$ 。

表5 模型拟合优度结果

拟合模型	参数估计量	t - 比率	拟合模型	参数估计量	t - 比率
模型 2	边 (Edge)	0.024	模型 3	边 (Edge)	-0.019
	互惠性 (Mutual)	0.029		互惠性 (Mutual)	-0.013
	入-2-星 (In-2-star)	0.021		(Sink)	0.010
	入-3-星 (In-3-star)	0.024		入-K-星 (AinS)	-0.064
	入度分布标准差	-0.111		出-K-星 (AoutS)	0.061
	出度分布标准差	-0.212		循环闭合 (AT-C)	0.075
	斜度分布	0.123		入向闭合 (AT-U)	-0.053
	全局聚类	0.133		入度分布标准差	0.039
	局部聚类均值	0.762		出度分布标准差	-0.089
	局部聚类方差	-2.123		斜度分布	0.017
	—			全局聚类	0.036
	—			局部聚类均值	0.025
	—			局部聚类方差	-0.022

从表4和表5城市生活垃圾分类回收利益主体中政府组织间治理网络参数估计值可知，模型3中Edge的t估计值负向显著（-3.013），表明政府组织内部各部门之间生活垃圾分类回收网络关系十分疏离，现阶段在城市生活垃圾分类回收网络治理体系中，同级政府部门之间尚未形成较好的协同管控体系。另外，互惠性（Mutual）t统计值为正向显著，说明政府组织内部各部门之间仍存在紧密联系和大量信息沟通的小群体，特别是有上下级隶属关系的政府部门之间互惠性最为密切，例如地方政府与城市管理部门等政府组成机构。Sink的t统计值为负值，且不显著，即在整个城市生活垃圾分类回收治理网络中，存在一些边缘性组织，这些组织并不能对城市生活垃圾分类回收形成强制性的规制或政策引导作用，仅是作为信息传播者、收集者和反馈者而存在，例如社区管理部门或有政府背景的研究机构等。表征出向集中度（A2P-D）的估计值为2.997，t统计值正向显著，即现阶段城市生活垃圾分类回收存在多头治理的现象。例如城市生活垃圾分类回收会受到城市管理部门的领导，但其回收利用过程中会产生较多环境污染，且本身又是产业部门，生态环境部门和税务部门也会介入其中。AinS及AoutS的t统计值显著性结果说明，生活垃圾分类回收网络中相当数量的利益主体之间的集聚性和传递性并不显著，即在现阶段生活垃圾分类回收网络治理结构中，政府组织内部各相关部门和各级政府组织间并无形成紧密的协同分类网络体系，缺乏中心性。但循环闭合（AT-C）与入向闭合（AT-U）的t统计值正向显著，表明块结构和组织内部各组织集聚性明显，循环闭合性等级结构显著。从结果可知，在城市生活垃圾分类回收网络体系中，政府组织内部之间仍存在较为显著的局部的协同分类回收网络等级体系。城市生活垃圾分类治理并非单一部门可以完成，需要实现不同层级部门和不同类型部门的联动合作，才能实现城市生活垃圾分类回收的最终减量化和资源化目标。

（二）非政府组织间网络治理结构

对非政府组织间网络关系的参数估计（见表6），模型3中Edge估计值为负向显著，即在城市生活垃圾分类回收网络体系中，各非政府组织之间的网络紧密度较低。网络互惠性估计系数为正向显著，表明在非政府组织之间城市生活垃圾分类回收网络显示出了十分显著的互惠性和双向关系，许多非政府组织之间分类回收水平互相影响，最为典型的是生活垃圾分类企业或个人与利用企业之间存在极强的数量和质量关系。传递性（Transitivity）的参数估计值为1.776，但并不显著，即在非政府组织间不存在明显的网络等级结构。入-K-星（AinS）t统计值为正向显著，在城市生活垃圾分类回收网络体系中，一些非政府机构之间存在块状式聚集性特征，例如物业管理部门对分散的家庭分类回收者进行管理和组织，对进入小区的回收者进行管理和安全及环境监督等；城市生活垃圾回收利用者实际集合了大多数分类个体和企业的可利用再生资源，可以较大程度保障分类回收效果和城市生活垃圾减量化及资源化目标。循环闭合（AT-C）t统计值正向显著，即非政府组织间存在某种广义的聚集性和互惠关系，说明非政府利益主体间更易形成某种互利关系，这和城市生活垃圾分类回收在相当程度上属于生产获利行为有关。

表6 非政府组织间协同治理网络参数估计结果

网络构成	估计值	标准差	t 统计量
边 (Edge)	-6.363	0.112	-0.075 *
互惠性 (Mutual)	5.334	0.404	-0.034 *
传递性 (Transitivity)	1.776	0.675	0.099
入-K-星 (AinS)	1.964	0.363	-0.078 *
循环闭合 (AT-C)	0.062	0.059	-0.061 *

注: t 统计量是模型参数收敛指标, * 表示 $p < 0.05$, 模型效度检验中所有参数的 t 统计量绝对值小于 2。

(三) 不同组织间网络治理关系分析

根据表7 政府与非政府组织机构之间网络关系估计结果可知, Edge 估计值为负值, 其 t 统计量为负向显著, 即两类组织间网络紧密度较低, 政府组织与非政府组织并没有形成强有力的交互影响关系。实际上, 若直接计算两类组织间网络密度 (Density) 指标 (关系总和/节点总和) 也可以发现其值为 0.312, 证明两类组织间紧密度不足。城市生活垃圾分类回收中两类组织之间较低的网络紧密度则可能不利于两类组织建立信任和合作关系。另外, 单独的组织结构则可能建立适合自身利益需求的规范、规制和利益分配机制。入-K-星 (AinS) 及出-K-星 (AoutS) 的参数估计值为 0.029 和 0.333, 且 t 统计值并不显著。这说明两类组织之间并不存在紧密的集聚性和传递性, 政府组织在城市垃圾分类回收中并未充分考虑非政府组织的作用, 可能在于政府组织通常和非政府组织机构在城市生活垃圾分类回收中存在利益对立现象: 政府机构更注重环境效益, 而非政府组织机构更倾向于经济收益。

此外, 表征交互路径的网络构成参数 2-path 和中介强化参数 A2P-T 的估计值分别为 -2.546 和 2.472, 其 t 统计量均为正向显著, 说明在城市生活垃圾分类回收中, 对于存在经济关联或科层关联的利益主体而言, 可以通过“中介组织”对其他利益主体节点进行信息传递、资讯汇集和政策监督等, 促进城市生活垃圾分类回收目标的实现。网络结构互惠性参数估计值为正向显著, 则说明两类组织间存在明显的交互关系, 但循环闭合 (Cyclic-traid) t 统计量为负, 并不显著, 即在两类组织体系间资金、信息、技术和权力等资源主要存在单向流动, 多表现为政府组织向非政府组织的传递, 但非政府组织向政府组织的信息反馈、交流和合作不足。这说明现阶段, 我国城市生活垃圾分类回收管理仍偏重于传统的政府主导的治理模式, 仍未形成民主协商式的全民参与垃圾分类回收形态。这种交互性和非循环性会在一定程度上造成各类资源的损耗, 影响城市生活垃圾分类回收过程中各利益主体和组织体系的协同分类能力和效果。路径闭合 (AT-T) 参数估计结果负向显著, 说明政府和非政府组织之间存在较为明显的闭合等级路径。通常在城市生活垃圾分类回收过程中, 政府组织会对非政府组织提出分类目标和环境标准, 并进行监督或采取准入机制, 从而以规制的方式产生较为明显的等级特征。此外, A2P-D 和 A2P-U 的估计结果并不显著, 说明整个网络体系

中，某个利益主体会对另外一个没有直接联系的利益主体产生外溢性效应，少数利益主体难以控制所有中介节点，从而在不同的利益主体之间会形成多样化的协同分类通道。

表 7 政府组织与非政府组织治理网络参数统计结果

网络构成	估计值	标准差	t - 统计量	网络构成	估计值	标准差	t - 统计量
边(Edge)	-5.626	0.789	-0.008 *	入 - K - 星(AinS)	0.029	0.433	0.071
互惠性(Mutual)	3.374	0.345	0.021 *	出 - K - 星(AoutS)	0.333	0.569	-0.036
交互 2 - 路径(2 - path)	-2.546	0.564	0.009 *	路径闭合(AT-T)	-3.041	0.975	0.067 *
传递性(Transtivity)	1.989	0.969	0.032 *	中介强化(A2P-T)	2.472	0.557	0.071 *
循环闭合(Cyclic-traid)	-0.047	0.467	0.045	出向集中(A2P-D)	-0.202	0.379	0.008
—	—	—	—	入向集中(A2P-U)	0.074	0.078	0.034

注：t 统计量是模型参数收敛指标，* 表示 $p < 0.05$ ，模型效度检验中所有参数的 t 统计量绝对值小于 2。

五、结论与讨论

根据城市生活垃圾分类回收网络图可知，城市生活垃圾分类回收节点涉及多部门、多行业和多领域，在整个生活垃圾分类回收体系形成了众多节点，各节点间彼此相互影响，产生了连接或分散或紧密的子群。指数随机图模型分析结果则表明，在政府组织内部，其节点存在明显互惠性，网络等级闭合路径显著，说明政府组织内部会形成紧密度较高但直径较短的核心结构，特别是存在隶属关系的节点。而同级别机构或非隶属关系的关系节点之间联系紧密度较低，各自为政，难以对城市生活垃圾分类回收形成强有力的管理。这既与我国城市生活垃圾分类回收环境 and 经济利益对立的现状有关，也与我国现阶段城市生活垃圾管理的体制有关。这种自上而下进行城市生活垃圾分类回收的方法有助于发挥行政强制性作用，但也因为存在利益不一致造成管理不足或缺失，不利于城市生活垃圾全过程管理和城市环境卫生管理。而要改变现阶段各自为政的城市生活垃圾分类回收状态，必须形成统一、协调、综合和利益一致的分类体系。根据上述研究结果，本文提出以下政策建议。

第一，从整体分类回收利益网络看，必须增强组织内部和各组织之间利益主体合作和协同的紧密度，重点加强政府职能部门与其他利益主体的链接合作。具体可通过城市生活垃圾分类规制等建立利益沟通机制。对作为管理者的政府组织内部结构应进行职责的重新确定、分工和联动，提高政府内部的利益合作紧密度，避免因利益冲突引发的城市生活垃圾分类回收效果不足的现象。同时可以通过培育中间人的方式，推进政府组织与非政府组织在信息、技术、资金、资本和知识等方面的利益沟通和合作。另外，两类利益部门之间过低的紧密度则可能影响各利益主体之间的合作和信息沟通，阻碍城市生活垃圾分类回收目标的实现。特别是地方政府及其职能部门和企业

之间等并未建立较好的利益沟通机制和信任机制，降低了城市生活垃圾分类回收效果。优化网络间整体关系，同时提高各组织体系之间的紧密度，有助于提高城市生活垃圾分类回收能力。

第二，加强政府组织与非政府组织节点间的网络链接，特别是强化城市管理部門和环境管理部门对生活垃圾分类回收者的城市环境卫生监管。在城市环境卫生监管下，政府部门与生活垃圾分类主体之间是直管关系，此时城市生活垃圾分类回收者的行为必须符合城市环境卫生管理的要求。但现实条件下，城市生活垃圾回收企业或个人更多地考虑经济收益，与政府规制需求相悖，彼此互相博弈而产生利益分割，最终影响城市生活垃圾分类效果。因此，政府部门作为管理方应突破仅考虑城市卫生环境管理成效的思路，还应从经济与环境两个角度考虑城市生活垃圾分类者的利益诉求；城市生活垃圾分类者作为被管制者，应该严格遵守法律法规和政策，尽力保障其在获得经济收益的同时能考量城市环境效益。同时，要理顺城市管理部門与城市税收部門等在生活垃圾分类回收中的责任分工，从政府管理视角避免经济与环境效益对立。

第三，两类组织网络内部存在一些关联度较高的小子群。这种小子群存在的非合作独立性可以提高个体的生活垃圾分类回收的效果，也会产生各利益主体利益传递性效率较低的结果，从而降低了城市生活垃圾分类回收效果。因此，应加强城市生活垃圾分类回收各利益主体内部合作和建立主体之间利益共享机制，提高政府与非政府组织之间网络的链接程度和合作的紧密度。基于此，构建“政府-社会-市场”等包容性的协同分类回收治理网络，有效提高生活垃圾分类回收效果和城市环境卫生管理的可持续性。

第四，从国内外实践可知，城市生活垃圾分类回收网络多以目标控制为导向，对目标的引导因需较多考虑环境卫生管理需求，故多依靠网络中心节点实现。城市生活垃圾分类回收的关键节点以政府管理部门为主，同时包括部分政府媒体和政府背景的研究机构等，这些核心节点决定着城市生活垃圾分类回收的目标、方式、路径和地方政策等，因此应基于顶层政策设计角度，增强政府部门在网络中的核心地位和影响力，并主动引导非政府组织实现城市生活垃圾分类回收目标，在分类目标框架下达成沟通、合作、共享、互助等的多元协同。非政府组织在回收网络中是主要执行者和被监督者，因此其应该主动提供需求信息、加强自身与政府组织之间网络建设和利益沟通，提高其在城市生活垃圾分类回收网络中的位置。

第五，以大数据为基础，整合各类利益主体资源，共享信息和协同管理。从分析可知，政府与非政府组织之间的存在明显的等级路径，这种自上而下的分类模式和管理模式会产生信息沟通不畅、利益共享不足、资源分配不均的结果，在一定程度上影响了城市生活垃圾分类回收结果。而媒体引导缺失，研究机构研究结果准备不足等，都在一定程度上影响了城市生活垃圾分类回收效果。因此，政府与非政府机构应该尽力形成较为一致的目标，以环境效益和城市管理的公益性为基础，加强政府权威性和非政府机构的经济需求的协调统一，并以大数据、分类实时监控为基础，减少不同组织体系之间的信息冗余，促进城市生活垃圾分类回收中的信息互补和资源整合。

参考文献

- 杜春林、黄涛珍 (2019): 《从政府主导到多元共治: 城市生活垃圾分类的治理困境与创新路径》, 《行政论坛》第 4 期, 第 116 ~ 121 页。
- 李延伟 (2018): 《治理环境争议: 一项分析框架》, 《公共管理与政策评论》第 2 期, 第 89 ~ 96 页。
- 罗泰晔、马翠嫦 (2018): 《基于指数随机图模型的协同创新网络形成机理研究》, 《情报理论与实践》第 10 期, 第 76、147 ~ 150 页。
- 吕添贵、梁慧美 (2018): 《利益相关者视角下城市垃圾处理设施选址“邻避”冲突: 形式、成因与应对研究》, 《江西科学》第 5 期, 第 877 ~ 883 页。
- 孟彩英、张灿 (2015): 《城市生活垃圾渗滤液污染监测方法与仿真》, 《计算机仿真》第 4 期, 第 227 ~ 230 页。
- 潘永刚、周汉城、唐艳菊 (2016): 《两网融合——生活垃圾减量化和资源化的模式与路径》, 《再生资源与循环经济》第 12 期, 第 13 ~ 20 页。
- 彭韵、李蕾、彭绪亚等 (2018): 《我国生活垃圾分类发展历程、障碍及对策》, 《中国环境科学》第 10 期, 第 276 ~ 281 页。
- 宋国君等 (2015): 《环境规划与管理》, 武汉: 华中科技大学出版社。
- 谭灵芝、孙奎立 (2017): 《城市生活垃圾处置公共投资效应分析》, 《城市问题》第 6 期, 第 68 ~ 74 页。
- 田凤权 (2014): 《城市生活垃圾源头分类行为意向影响因素分析》, 《科技管理研究》第 18 期, 第 178 ~ 180 页。
- 王国友 (2016): 《中国再生资源价格长期波动特征及其对经济的影响研究》, 《工业技术经济》第 2 期, 第 121 ~ 129 页。
- 阎宪、马江雅、郑怀礼 (2010): 《完善我国城市生活垃圾分类回收标准的建议》, 《环境保护》第 15 期, 第 44 ~ 46 页。
- [美] 约翰·斯科特 (2007): 《社会网络分析法》, 刘军译, 重庆: 重庆大学出版社。
- 张农科 (2017): 《关于中国垃圾分类模式的反思与再造》, 《城市问题》第 5 期, 第 4 ~ 8 页。
- 张越、唐旭 (2014): 《欧美生活垃圾服务成本研究述评》, 《城市问题》第 11 期, 第 73 ~ 78 页。
- 赵由才 (2016): 《生活垃圾处理与资源化》, 北京: 化学工业出版社。
- Bergeron, F. C. (2016), “Multi-method Assessment of Household Waste Management in Geneva Regarding Sorting and Recycling”, *Resources, Conservation & Recycling*, 115, pp. 50 – 62.
- Caebel, B. D. and A. Buekens (2000), Materials Recycling — Strategic Management and Conditions for Economic Viability, in *Sustainable Solid Waste Management in the Southern Black Sea Region*, Springer Science, Business Media, B. V.
- Freeman, J. M. and H. D. Ellis (1984), “The Effects of Stimulus and Subject Factors on a Face Matching Task”, *Neuropsychologia*, 22 (5), pp. 635 – 638.
- Mann, J. and L. Singh (2015), Culture, Diffusion, and Networks in Social Animals, in *Emerging Trends in the Social and Behavioral Sciences; An Interdisciplinary, Searchable, and Linkable Resource*, Hoboken, NJ: Wiley.
- Morris, M., M. S. Handcock and D. R. Hunter (2008), “Specification of Exponential-family Random

Graph Models: Terms and Computational Aspects”, *Journal of Statistical Software*, 24 (4), p. 1548.

Sanneh, E. S., A. H. Hu and Y. M. Chang, et al. (2011), “Introduction of a Recycling System for Sustainable Municipal Solid Waste Management: A Case Study on the Greater Banjul Area of the Gambia”, *Environment Development & Sustainability*, 13 (6), pp. 1065 – 1080.

Wertz, K. L. (1976), “Economic Factors Influencing Households’ Production of Refuse”, *Journal of Environmental Economics & Management*, 2 (4), pp. 263 – 272.

Research on the Classification and Recycling Interest Network of Urban Domestic Waste in China: Based on the ERGM

TAN Ling-zhi¹, SUN Kui-li²

(1. Population Development and Policy Research Center of Chongqing Technology & Business University, Chongqing 400067, China; 2. School of Medical Management, Shandong First Medical University, Taian 271016, China)

Abstract: The implementation plan of *The Domestic Waste Classification System* was officially announced in 2017, but the classification effect is still insufficient at this stage. The recycling of domestic garbage involves multi-stakeholders, and the disputes and conflicts of various stakeholders have become an important obstacle to the realization of the goal of domestic waste separation and recycling. Seeking to resolve the conflicts of various stakeholders can help solve the above problems better. This paper uses the exponential random graph model to analyze the structure and relationship of urban domestic waste sorting and recycling interest network through Markov random graph model and high-order stochastic graph model. The research results show that the whole domestic waste sorting and recycling system forms a large number of nodes, and each node interacts with each other, resulting in connected or scattered or tight subgroups. Among them, the internal nodes of government organizations have reciprocity, and the network level closed path is significant, indicating that the core structure of the government organization will form a tighter but shorter diameter, especially the nodes with affiliation. The relationship between the nodes of the same level or the non-affiliation relationship is relatively tight, and each is in a political position. It is difficult to form a strong management of the classification and recycling of domestic waste. Therefore, at this stage, cooperation between different organizations should be strengthened to form a benefit-sharing mechanism to promote the sustainability of urban domestic waste separation and recycling.

Key Words: exponential random graph model; domestic waste sorting and recycling; interest network

责任编辑：周枕戈