

基于博弈论的邻避设施选址决策模型研究

Location Decision Making Model of NIMBY Facility Based on Game Theory

陈晨

文章编号1673-8985 (2016) 05-0109-07 中图分类号TU981 文献标识码A

摘要 针对矛盾比较突出的邻避设施选址问题,借鉴博弈论的思想提出了选址博弈决策的理想模型,指出了达成共识方案的必要条件。进一步地,将选址博弈模型在空间上进行了拓展,将模型中的策略与收益进行了空间与数值量化,并提出了一般的求解函数。另外,针对各方博弈中可能出现的单方利益优先的情况,对函数进行了拓展,提出了考虑单方优先的求解函数。选取江苏省泰州市的生活垃圾焚烧发电厂进行案例实证研究,比较初始和实施选址方案。研究发现,实施方案确实比初始方案更能够满足居民方与建设方的利益,证明了调整后的实施方案更加优化。

Abstract This paper proposes an ideal model of NIMBY facility's location decision making based on the ideas from Game Theory. The necessary conditions for consensus scheme are pointed in this paper. Furthermore, the general solution function is proposed by valuing the strategy and benefits into numerical and spatial attributes. Then, the function is extended in order to consider possible unilateral priority in the game. A case of life garbage incineration power plant in Taizhou of Jiangsu province has been used as empirical study by comparing the initial location plan and implementation plan based on the calculation results of the function. The analysis result shows that the implementation plan is better because the implementation one can provide more interests to both residents and builders.

关键词 邻避设施 | 博弈 | 选址决策 | 公众参与 | 空间收益

Keywords NIMBY facility | Game Theory | Location decision | Public participation | Spatial benefits

作者简介

陈晨

同济大学建筑与城市规划学院
博士研究生

0 引言

近年来,垃圾处理场、化工厂等邻避设施的选址建设所引发的问题常常成为社会关注的热点。对于城市与国民经济运行来说,邻避设施必不可少;对于居民来说,虽然几乎所有的邻避设施均会与其生活发生关联,但是他们还是倾向于设施不要建在自己家门附近。对于绝大多数居民来说,他们不能容忍垃圾处理场这类设施靠近自己;对于部分居民来说,甚至不能容忍学校、体育休闲等设施建在家门口。

自20世纪末以来,学术界对于邻避设施的研究开始重视,并逐渐开始运用GIS等技术试图理性地解决或者缓解选址过程中可能出现的问题及矛盾。Jason利用GIS多准则评价方法分析

了美国科罗拉多州适合发展与建设风力和太阳能发电场的区域^[1];张颖针对上海市新桥镇的邻避设施布局问题,利用全局最短与最大距离等方法计算合适的选址位置^[2];杨凌云、王健分别利用AHP法研究了垃圾处理项目的选址算法^[3-4];杭正芳还论证了西安市垃圾填埋场的选址^[5];Gabriel利用空间分析方法对德国慕尼黑的一座球场的选址进行了研究^[6]。已有的研究充分利用了GIS等空间数据分析平台的优势,对涉及选址的相关因素进行剖析,从而得出相应的选址结论,为规划决策提供技术支持。

邻避设施的选址同时受到自然、经济、政治等因素影响。居民、开发商、政府等均是利益相关方,各方之间可能有不同利益诉求,客观存在

着一定程度的博弈行为。已有的关于设施选址决策的方法与技术的研究通常未能对博弈过程中的决策互动机制给予重视,往往直接将不同方的关切因素直接引入模型进行计算,或者仅重视单方的相关利益因素。因此,有必要引入博弈思想,讨论该项工作的方法与技术改进的可能,提高决策结论的合理性。

博弈论 (Game Theory) 起源于西方 19 世纪。自 20 世纪中叶以来, Nash、John、Aumann 等对博弈理论进行了拓展,探讨了博弈均衡求解的逻辑后,博弈论的应用在经济学相关领域得到了发挥。但是,博弈论在城乡规划领域的讨论相对较少,已有的讨论可分为两大类。第一大类是不涉及具体空间属性的讨论,包括 Su 与 Kaveh 对规划中多方主体的博弈行为模式研究^[7-9];王颖、陈志龙等涉及博弈现象的规划制度与效用的研究^[9-10];还有 Lin 等对城市开发中具体的开发商与土地所有者等参与方之间的博弈模型研究^[11]。第二大类是涉及空间属性的研究,始于 Hotelling 于 1929 年提出的模型,将城市简化为一维线性空间并讨论了商业选址问题^[12]。近年来将博弈理论直接引入空间规划方法的研究较为鲜见,但有学者基于多主体模拟决策方法,引入情景模拟和多准则叠加等方法,包括裴新生针对区域一体化的定性研究和钮心毅、单玉红针对城市用地布局的定量研究^[13-15]。

总体来说,城乡规划领域已认识到博弈的客观存在,且当前研究的重点多集中于不涉及空间的讨论。邻避设施选址的规划工作需要空间上协调与分配利益,应重视博弈对空间的影响,因此笔者试图基于博弈思想讨论邻避设施的选址决策方法与技术。

1 选址博弈决策过程的模型构建

1.1 理想模型

博弈过程需要具备 3 个基本要素,即参与方、策略、收益。在选址博弈过程中,参与方一般涉及居民及建设方;策略即设施的选址方案(包括建或不建,以及具体建设的位置等);收益即基于不同策略的各参与方所能得到的利益。

选址博弈的过程包含了参与方之间的互动

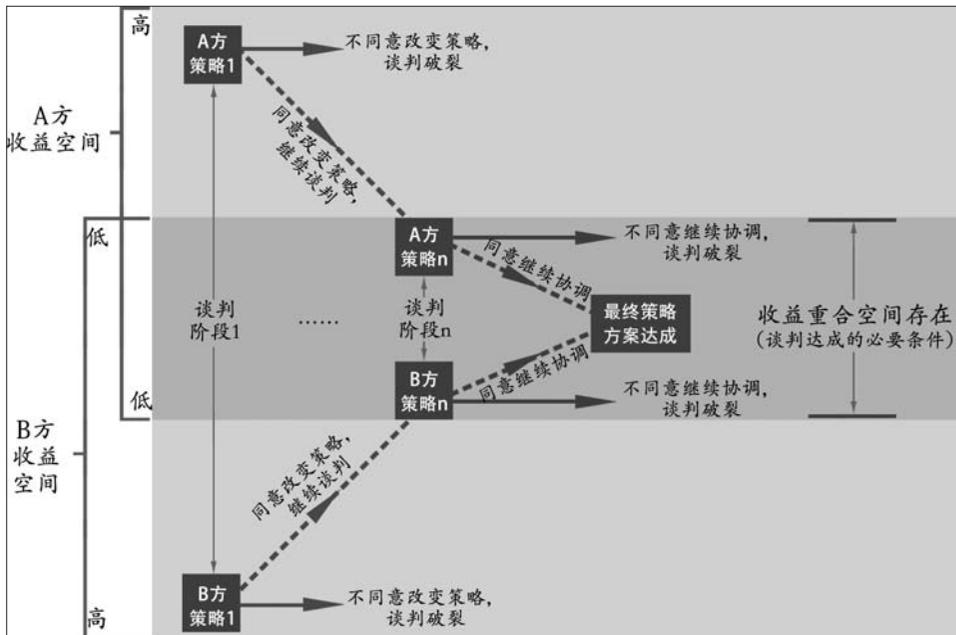


图1 理想的选址博弈过程 (以两方参与为例)

与协调,即谈判过程(图1)。该过程是文明社会中解决此类问题时所不可或缺的。以两方参与选址博弈为例,在谈判初始阶段,双方提出的策略往往都是尽可能对自己有利的,使自己的收益尽可能高。然而由于对方提出的策略不能够使自己达到基本收益预期,那么一开始的策略往往不能够让双方达成一致。此时,双方有两种选择,一种选择为不改变策略,则谈判终止,项目不能实施;另一种选择为改变自己的策略,降低自己的期望收益,则谈判能够继续。如果谈判顺利,则能够达到这样一个阶段,即双方提出的策略均能满足对方的最低的预期收益。此时,该谈判将存在达成共识的可能性。进一步地,若双方愿意继续协调,则很有可能达成共识策略,即选址方案达成。

1.2 达成共识方案的必要条件

在邻避设施的选址过程中,达成共识需要几个必要的条件,缺一不可。

(1) 必要条件一:建立各方参与的谈判博弈机制

不可否认,在文明的法治社会中,解决邻避设施选址这类多方博弈问题,谈判机制是必不可少的要素,也是博弈的基本前提。谈判机制的

建立需要完善的法律法规,良好的管理机制,理性的公众参与等保障。

(2) 必要条件二:存在各方的“收益重合空间”

一项谈判若能达成共识,各方的收益空间必须要有所重合,即需要存在所谓的“收益重合空间”(图1)。在“收益重合空间中”,任意策略均能够让双方得到收益,至少能够得到基本收益(收益最低值)。如果双方的收益空间不存在重合的可能性,那么该项目没有通过谈判达成共识的可能性,除非使用“伪谈判”、“伪博弈”的方式。

(3) 必要条件三:各方具有接受妥协的空间

在以上两个必要条件都存在的基础上,还有一个必不可少的条件,即各方均需具有接受妥协的空间。各方愿意在初始策略的基础上,放弃自己的一部分预期收益,改变策略以期望博弈达成共识,所放弃的这一部分预期收益即为妥协的空间。若各方均坚持收益最大化,不愿做任何妥协,那么谈判必然无法达成一致;若各方有诚意将该事情做成,那么适当降低预期收益以促成共识,对各方是比较明智的选择。

2 选址博弈模型的空间拓展

邻避设施选址的博弈过程中,各方所提出

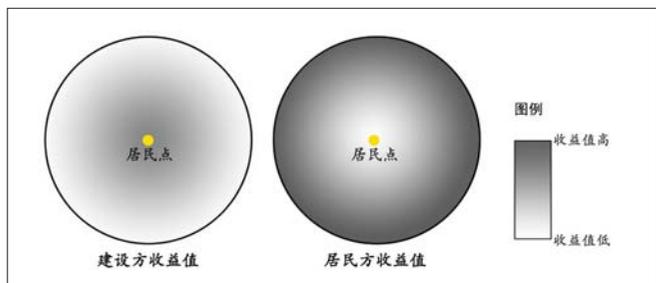


图2 某设施选址时两方收益的空间与数值量化示例

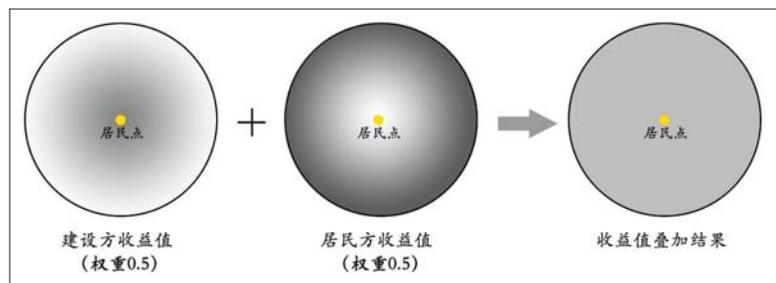


图3 多准则叠加方法的局限

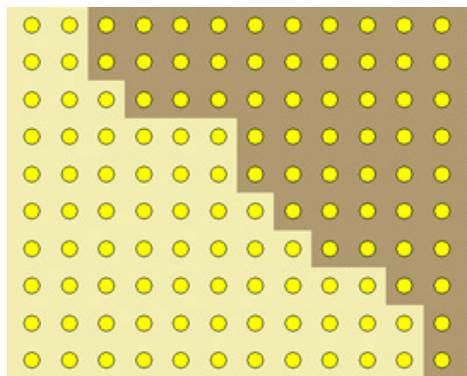


图4 将研究区域转换为均质分布的基本单元(点或者网格)

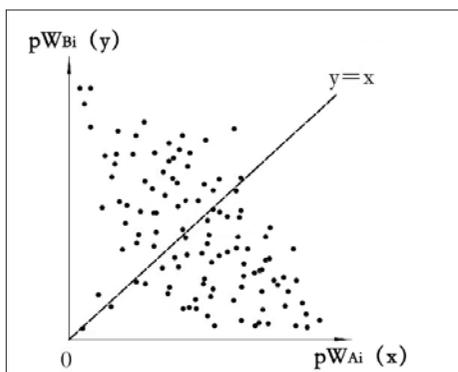


图5 建立二维几何函数平面

的策略,以及预期收益均与空间属性有关,需要将决策模型扩展到二维空间中讨论。

2.1 模型要素的空间量化

(1) 策略的空间与数值量化

在邻避设施的选址中,策略在空间中即体现为选址位置。不同的策略有不同的选址位置,在空间上所体现出来的数值即为具体的地理空间坐标。

(2) 收益的空间与数值量化

如图2所示,定义一个简化的正圆形的城乡空间,居民点位于圆心的位置。以垃圾集中处理设施的选址为例,建设方关切的一个重要因素是收集居民点垃圾的交通便利程度,选址距离居民点越近则收益越高;居民方比较担心的一个重要问题是设施可能对居住环境的不利影响,若选址距离居民点越远则收益越高。当然,在实际的工程中,各方收益所涉及的因子可能有很多,需要针对各方分别将相关因子进行综合考虑。借助地理信息系统平台进行空间数值计算,量化基于不同策略的各方收益值。

2.2 使用传统的多准则叠加方法求解的局限

策略与收益均进行了空间数值量化后,则可进行模型建立与计算。传统的多准则叠加方法在解决类似问题的时候,通常是将各个因子考虑权重后进行叠加计算。这种方法如果在处理涉及单个参与方的因子时,或者多方利益导向高度一致时(例如土地适宜性评价),具有较好的应用效果。但如果多方之间的关切问题和利益导向差异较大时,多准则叠加方法就会有较大的局限性。以前文所述的简化模型为例,将建设方与居民方收益值叠加,视两者权重均为0.5,则得出的叠加结果在空间上的分布是均质的,无法辅助选址决策(图3)。虽然该例子比较简化且极端,但其反映了多准则叠加方法在处理这类问题时的逻辑局限性。因此,笔者试图借鉴博弈思想的优势来弥补多准则叠加方法在解决此类问题上的局限。

2.3 模型的建立与求解方法探讨

(1) 处理空间面域,转换为均质的基本单元集合

为了便于进行空间属性的计算,首先将研究范围的面域进行处理,转换为空间上均质分布的基本单元(图4)。根据研究范围大小和研究精度要求,可以设置不同的基本单元尺度。

(2) 基本单元的属性赋值

处理后的每个基本单元可以通过数值提取获得以下属性:空间位置代号 i (即潜在的策略选址),基于位置的A方收益值 W_{Ai} 以及B方收益值 W_{Bi} 。进一步地,对双方收益值进行排序,数值越高序位数越大,记 W_{Ai} 值的序位数为 pW_{Ai} ,记 W_{Bi} 值的序位数为 pW_{Bi} 。

(3) 建立二维几何函数平面

根据任意单元 D_i 的 pW_{Ai} 和 pW_{Bi} 属性,建立二维几何函数平面,绘制散点分布图(图5)。

(4) 一般求解函数

如图5所示, pW_{Ai} 和 pW_{Bi} 值越大,则说明其数值位序越高,即收益值越大。因此,位于二维几何平面的右上方的区域的基本单元是双方收益值均较高的区域,也就是最为适合选址的区域;反之,二维几何函数平面的左下方的区域内的基本单元是不适合选址的区域。根据此原则,建立如下的求解函数(函数1),得出任意基本单元 D_i 同时考虑双方收益诉求的共识位序值 P_i 。

$$\begin{aligned} & \text{若 } pW_{Ai} = pW_{Bi}, \text{ 则 } P_i = pW_{Ai} = pW_{Bi}; \\ & \text{若 } pW_{Ai} < pW_{Bi}, \text{ 则 } P_i = pW_{Ai}; \\ & \text{若 } pW_{Ai} > pW_{Bi}, \text{ 则 } P_i = pW_{Bi}. \end{aligned} \dots\dots\dots \text{(函数1)}$$

通过函数1的计算,任意基本单元 D_i 能够得到共识位序值 P_i ,根据 P_i 值的大小即可判断该单元的选址方案令双方的综合满意程度。

2.4 关于求解函数的延伸讨论

(1) “收益重合空间”

前文提及, 博弈过程达成共识方案的一个必要条件是存在“收益重合空间”。以2.1小节举出的简化的圆形城乡空间为例, 若两者可接受的收益空间存在交集, 那么如果在空间交集区域(红色交集区域)进行设施选址, 则有可能谈判达成共识(图6)。若不存在红色区域的交集, 则不存在达成共识的可能性。

关于可接受的收益空间, 除了受到各方的利益导向影响之外, 还需受法律法规和技术规范的约束, 且后者应该是基本前提。关于邻避设施, 一些技术规范规定了具体的设施与居民点之间的距离要求, 若不满足最小距离要求, 则选址方案不能通过。因此, 法规和技术规范首先限定了收益空间的范围。在此前提下, 若无“收益重合空间”, 则区域内任何选址不满足要求。

(2) 函数的几种求解结果

通过函数1的计算, 不同的案例可能出现不同的数值散点分布结果(图7)。

第一种情况是, 散点集中分布于 $y=x$ 线附近, 平面右上方分布较明显(图7(a))。这种情况表明, 双方收益的空间分布高度一致, 双方对该问题的价值取向与利益导向高度接近, 容易取得共识方案。该情况可能出现在土地适宜性评价这种案例上, 很少会出现在邻避设施选址这种案例中。

第二种情况是, 散点分布较为分散, 平面右上方分布不明显(图7(b))。这种情况表明, 双方的收益空间分布有一定的差异, 但也有分布接近区域, 双方可以存在收益预期折中后的共识方案。这种情况可能出现在邻避设施选址的案例中。

第三种情况是, 散点分布集中于平面左上至右下一线, 几乎没有在平面右上方分布(图7(c))。这种情况表明, 双方的收益空间分布差异明显, 且双方的价值取向与利益导向极端不一致, 双方难以获得共识。由于这种情况比较极端, 所以可能会在部分矛盾突出的邻避设施选址案例中出现。

(3) 考虑单方优先的求解函数

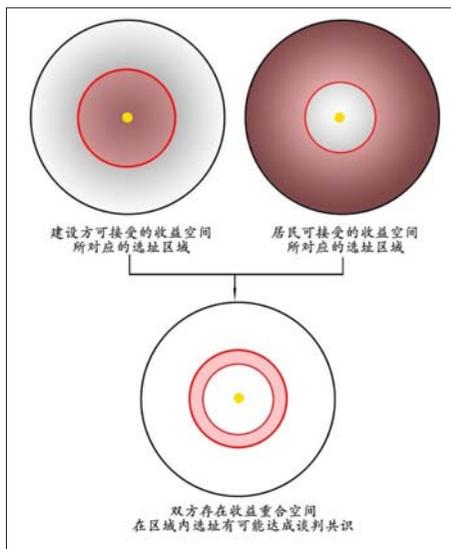


图6 某设施选址时两方存在“收益重合空间”, 可以达成谈判共识的情形

前文所建立的函数1实际上是将双方的收益进行对等考虑的。但在实际情况中, 可能需要优先考虑某一方的利益。如图8所示, 当双方的收益值分布体现出高度不一致时, 若要取得共识, 一种方法是双方继续妥协, 取得的妥协方案使得双方的收益值均不高(图8(a)); 另一种方法是优先保障一方利益, 改变 $y=x$ 函数线, 将其向一方倾斜, 设置一个斜率参数 k , 沿着 $y=kx$ 函数线从右上方往左下方寻找潜在的共识方案(图8(b))。

根据以上思想, 拓展函数1, 建立如下的求解函数2, 求出考虑单方优先的任意基本单元 D_i 的共识位序值 P_i 。

$$\begin{aligned} \text{若 } k \times pW_{Ai} &= pW_{Bi}, \text{ 则 } P_i = pW_{Bi}; \\ \text{若 } k \times pW_{Ai} &< pW_{Bi}, \text{ 则 } P_i = k \times pW_{Ai}; \\ \text{若 } k \times pW_{Ai} &> pW_{Bi}, \text{ 则 } P_i = pW_{Bi}. \end{aligned}$$

…………… (函数2)

明显地, 当 $k=1$ 时, 双方对等; 当 $k>1$ 时, 优先考虑A方收益; 当 $k<1$ 时, 优先考虑B方收益。

由于各方在信息掌握、资源控制、资本运作等方面是不对等的关系, 最终共识策略很可能让某方获得更为优先的收益。例如, 相比于居民, 政府与开发商通常是强势方, 因此有可能最

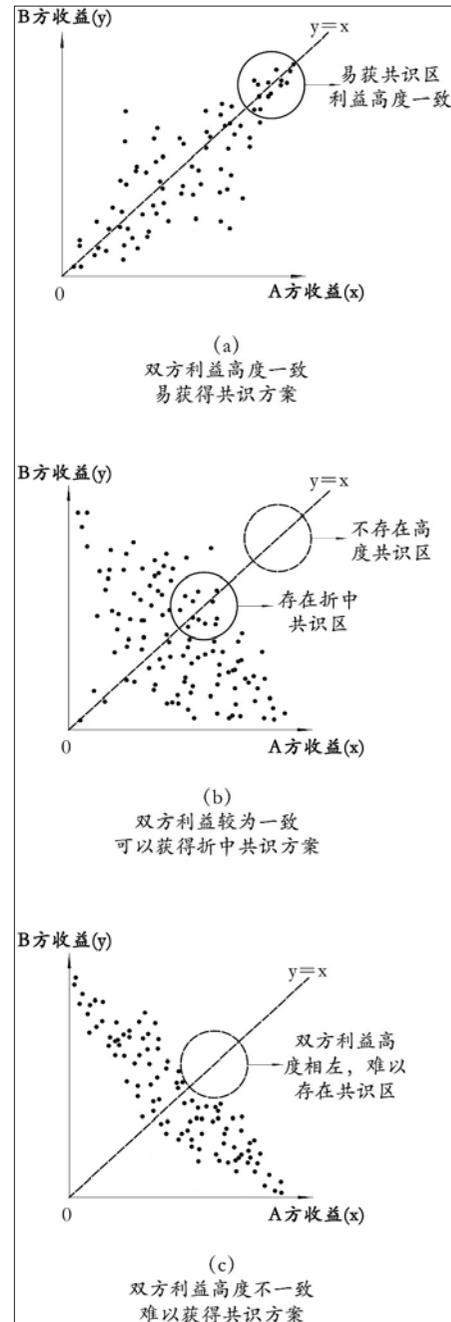


图7 双方博弈中可能出现的收益函数值分布

终策略能够让政府或者开发商获得更优先的利益; 反之, 如果居民方很强势的话, 结果可能相反。当然, 如果最终策略在前文所述的符合法规和技术规范的“收益重合空间”中, 那么各方均能得收益。虽然各方最终收益不一定绝对公平, 但笔者认为这种情况可以理解。例如, 某设施建设项目, 建设方可能需要承担市政建设、后期管理等成本, 以及一定的社会公益性责任; 如

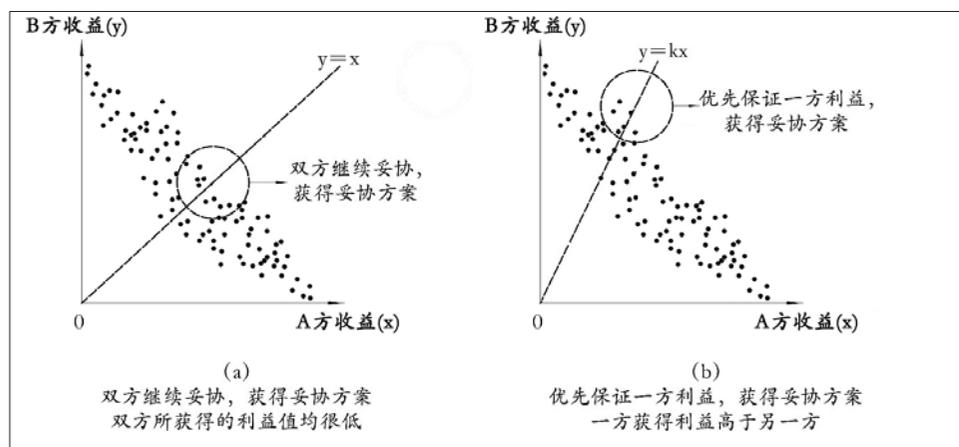


图8 当双方利益较为不一致时,取得妥协方案的两种方法

果是具备商业性质的设施建设项目,受到宏观经济环境、建设周期等因素的影响,建设方的最终实际收益具备较大的不确定性。

因此,在符合法规和技术规范的“收益重合空间”范围内,不需要追求最终策略的所谓绝对收益公平,事实上这种绝对公平可能不存在。但是,如果在不存在“收益重合空间”的前提下,选址博弈也能达成“共识”的话,就需要警惕,这表明有一方被迫接受最终策略。这种虚假的“共识”是存在隐患的,可能会引发社会矛盾。

3 案例实证——泰州市生活垃圾焚烧发电厂选址研究

3.1 案例概况

2000年以来,江苏省泰州市计划建设一座生活垃圾焚烧发电厂,同时将原先的垃圾填埋场进行封场处理。该项目经过多年论证,选址方案有过大的调整,于2012年确定方案并进行开工建设。笔者试图基于博弈思想还原选址论证阶段各方所诉求利益,计算空间收益,求解方案选址,并将求解结果与实际论证过程中的几次方案进行比较。

研究范围为泰州市市辖区,总面积约为1 567 km²,人口约为161万人(2010年)。泰州城区的组团特征明显,海陵是核心城区,高港和姜堰是副中心(图9)。

3.2 模型建立与数据处理

(1) 博弈参与方

本例中将博弈参与方简化为两方,一方为居民方,一方为建设方,均视作整体考虑。

(2) 博弈策略

博弈策略即具体的设施选址位置,在图纸中体现为空间地理坐标。

(3) 各方收益相关因子

对于居民方来说,其收益相关的主要因子为设施排放的污染物对其居住环境可能带来的影响。对于建设方来说,其收益相关的主要因子为收集垃圾的交通成本。需要指出的是,各方收益的相关因子可以综合考虑多种因素,由于本文篇幅有限,并且出于突出主要问题与主要矛盾的目的,选取上述主要因子进行分析。

(4) 技术平台与数据处理

选择ArcGIS软件作为技术平台。将研究区域内的用地简化为4类:非建设用地、村庄、工业区、城镇生活区(图9)。将区域面要素转换为基本单元,基本单元的尺度为300 m×300 m,总数约1.7万个。相关收益考虑人口密度分布,以城镇生活区的人口活动密度为基准值,村庄的人口密度为基准值的50%,工业区为基准值的25%(考虑工业区内的就业活动)。

3.3 双方的空间收益计算

(1) 居民方的空间收益计算

泰州地区的主导风向为东风和东南风。对任意一个居民点来说,受风向频次影响,其对东

部和东南方向的潜在污染点的敏感性最大。如果将研究范围内的每个居民点(考虑人口活动密度)进行受污染敏感性分析,并将所有点的分析结果叠加,即可得到区域内所有居民的受污染敏感程度评价结果。如图10所示,红色区域为敏感度高的区域,即收益值较低的区域,基本位于海陵城区及其东南周边地区;蓝色区域为敏感度低的区域,即,收益值较高的区域,基本位于市辖区北部。

(2) 建设方的空间收益计算

生活垃圾需要从居民点收集,集中运输到垃圾焚烧发电厂,计算所有居民点(考虑人口活动密度)距离潜在选址位置(即研究范围内的基本单元)的平均交通运输距离,用来评价交通运输成本。由于泰州市区为平原,且路网密度相对较高,网络距离与直线距离较为接近,因此本研究计算直线距离,暂不使用网络距离计算的方法。如图11所示,红色区域为平均收集距离较高的区域,即建设方收益值较低的区域,基本位于市辖区的北部和东部;蓝色区域为平均收集距离较低的区域,即建设方收益值较高的区域,位于3个城区中间,更靠近海陵城区的位置。

3.4 共识方案求解

经上述计算,区域内的所有基本单元上同时包含居民方收益值和建设方收益值两个属性,根据每个基本单元的数值的位序值(100%为最高,0%为最低)绘制函数的散点分布图(图12)。散点图表明,双方虽未表现出收益值分布高度一致的特征,但有一定的分布接近区域,存在获得折中共识方案的可能。使用函数2对方案进行求解,暂不对某方的利益进行优先考虑,即 $k=1$ 。求解结果如图13,图中红色区域为最易获得共识的区域(共识位序值达到60%以上,最高值约为70%),集中在两个区域,分别位于海陵城区的东北和东南方向,均与3个城区保持一定距离,但又不是位于市辖区最边缘区域。

3.5 与实际方案的比较与分析

根据上述分析,较适合选址区域位于海陵

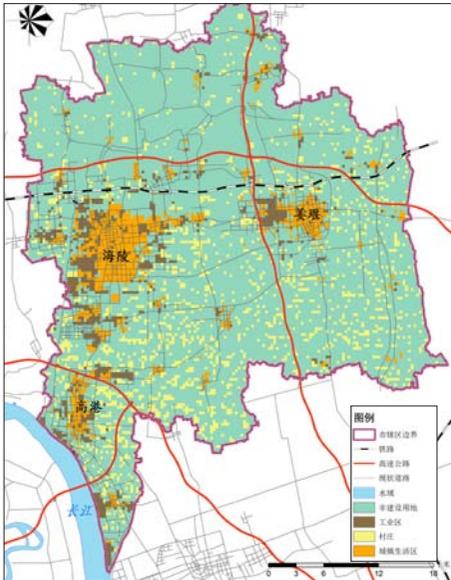


图9 泰州市市辖区建设现状

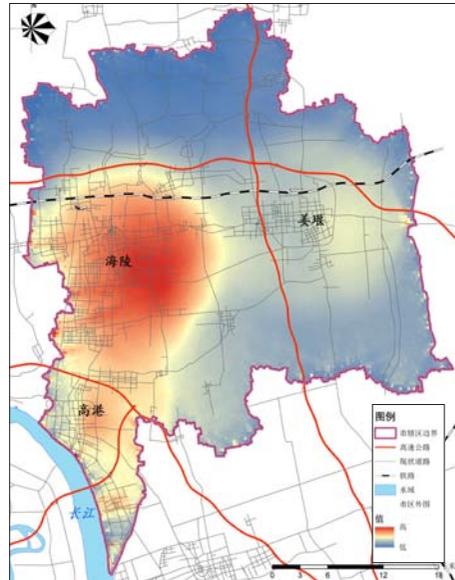


图10 基于风向影响的居民方受污染的敏感程度分布

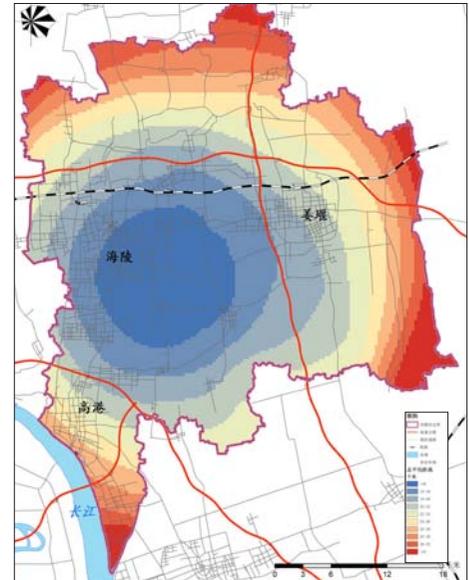


图11 生活垃圾平均收集距离

表1 两次方案的各方收益值位序比较 (单位:%)

	居民方收益值位序	建设方收益值位序
2010年过程方案	53.24	47.72
2012年实施方案	60.19	74.17

城区的东北和东南方向,但由于后者是海陵城区的主要发展方向,因此前者更为适合。2010年前,泰州市生活垃圾焚烧发电厂拟选址于市辖区的西北部(图13),当时周边居民的反对意见较多。经后续论证,2012年公示的方案将选址调整为市辖区的中北部^①(图13),现已开工建设。分析两次方案的选址,可以发现,实施方案所处位置的共识位序为60.19%,明显高于初始方案的47.72%。因此,笔者的分析结论表明实施方案的选址优于初始方案。继续比较两个方案的各方收益值位序(表1)可以发现,相比于初始方案,实施方案的居民方收益值位序提升了6.95%,建设方收益值位序提升了26.45%。该结果表明,方案的调整对于双方来说是共赢的,并且对于建设方来说似乎更为有利。综上所述,实证结果证明了当地垃圾焚烧发电厂选址的实施方案比初始方案更加优化。

4 结语

在“依法治国”理念贯彻,公众参与制度逐步落实的宏观背景下,笔者期望本研究所做的探索能够给转型期的邻避设施规划选址工作提供方法与技术参考。在客观认识与尊重博弈规律的基础上,规划工作要从消极应对转向积极应对博弈。笔者认为,要顺利解决邻避设施选址等相关规划中涉及到的博弈问题,至少需要以下方面的落实与保障。

(1) 有效落实公众参与理念,制度化协商机制

落实公众参与理念,对于构建理性有序的社会,对于缓解规划工作中的潜在的矛盾具有重要的意义。中国最近的一些大型化工项目(如PX化工项目)往往是由于前期缺乏有效的公众参与过程,导致社会矛盾的出现,到要准备建设的时候才迫于社会稳定的压力而取消。程遥曾经归纳了中国媒体环境下公众参与规划的特征,并强调了沟通机制与手段的重要性^[6]。如果在规划选址论证前期建立了有效的协商谈判机制,那么结果很有可能是另选更合理的位置建

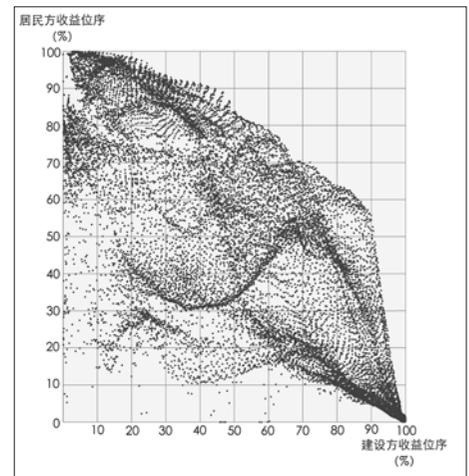


图12 双方的收益位序值散点分布图

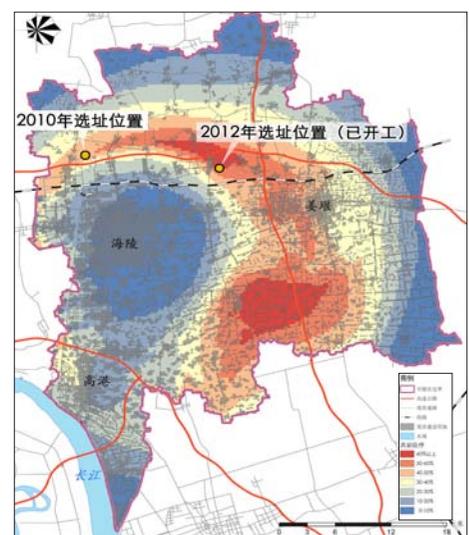


图13 共识方案求解结果及两次选址方案位置

注释 ①2010年版本的泰州市生活垃圾焚烧发电工程规划方案公示网址: http://www.tzghj.gov.cn/new/uploadfiles/2012_041h.jpg, 2012年版本的泰州市生活垃圾焚烧发电工程规划方案公示网址: http://www.tzghj.gov.cn/new/news_view.php?id=558。

设,同时也避免社会冲突的发生。

(2) 健全法规与技术规范,有利于限定“收益重合空间”

前文提到,明确的法律法规与技术规范有利于限定各方的收益空间。例如,现有的城乡规划法规与技术规范,对于住宅日照标准的规定就较为健全,通常规定了“底线”指标,即以某日为基准,有效日照时数不低于若干小时,若低于该标准则不合格,否则就是允许的范围(哪怕仅满足最低要求)。明确的“底线”指标也有利于规划管理工作的开展。对于邻避设施选址来说,在法规与规范所限定的“收益重合空间”中进行协商谈判,有利于提高效率。

(3) 适度的行政干预

如果放任规划活动任由客观经济规律引导,那么可能会带来缺乏公平公正,效率低下等问题,因此在合法合理的前提下进行适度的干预是必要的。通过一定的行政手段,提高谈判效率,节省谈判的时间成本,有利于各方共赢。

(4) 规划技术的支撑

博弈决策过程中需要制定博弈策略,以及评价各方的空间收益。传统的“方案式”的规划技术难以有效且及时地为这一过程提供技术支持。合理运用地理信息技术、规划支持系统、大数据分析等方法与技术能够增加决策理性,提高决策效率,达到辅助决策的目的。

参考文献 References

- [1] JASON J R. Multi-criteria GIS modeling of wind and solar farms in Colorado [J]. *Renewable Energy*, 2010, 35(10): 2228-2234.
- [2] 张颖. 邻避型设施区位分析系统的建立与应用[D]. 上海: 华东师范大学硕士学位论文, 2007. ZHANG Ying. Establishment and application of NIMBY facility location analyzing system[D]. Shanghai: The Dissertation for Master Degree of East China Normal University, 2007.
- [3] 杨凌云, 杨海根. 层次分析法在大型垃圾焚烧处理项目选址比选中的应用[J]. *环境卫生工程*, 2010, 18(3): 38-43. YANG Linyun, YANG Haigen. Application of analytic hierarchy process in site selection of large waste incineration projects [J]. *Environmental Sanitation Engineering*, 2010, 18(3): 38-43.
- [4] 王健, 陈海滨. 层次分析法在生活垃圾综合处理项目选址中的应用[J]. *环境卫生工程*, 2011, 19(2): 7-10. WANG Jian, CHEN Haibin. Application of analytic hierarchy process in site selection of domestic waste integrated treatment projects [J]. *Environmental Sanitation Engineering*, 2011, 19(2): 7-10.
- [5] 杭正芳. 邻避设施的区位选择与社会影响研究[D]. 西安: 西北大学博士学位论文, 2013. HANG Zhengfang. Research of location selection and social impact of NIMBY facilities: A case study of landfill in Xi'an [D]. Xi'an: The Dissertation for Doctor Degree of Northwest University, 2013.
- [6] AHLFELDT G, MAENNIG W. Voting on a NIMBY facility: proximity cost of an "iconic" stadium [J]. *Urban Affairs Review*, 2012, 48(2): 205-237.
- [7] SU B B, CHANG H, CHEN Y Z, HE D R. A game theory model of urban public traffic network [J]. *Physical A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2007, 379(1): 291-297.
- [8] MADANI K. Game theory and water resources [J]. *Journal of Hydrology*, 2010, 381(3): 225-238.
- [9] 王颖, 孙斌栋. 运用博弈论分析和思考城市规划中的若干问题[J]. *城市规划汇刊*, 1999(3): 61-63. WANG Ying, SUN Bindong. Using game theory analysis and thinking about the several problems in urban planning [J]. *Urban Planning Review*, 1999(3): 61-63.
- [10] 陈志龙, 姜韡. 运用博弈论分析城市地下空间规划中的若干问题[J]. *地下空间*, 2003(12): 431-457. CHEN Zhilong, JIANG Wei. Analysis on some problems of urban underground space planning by means of Game Theory [J]. 2003(12): 431-457.
- [11] LIN Yuchih, LIN Fengtyan. A strategic analysis of urban renewal in Taipei City using game theory[J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2014, 41(3): 472-492.
- [12] Hotelling H. Stability in Competition[J]. *The Economic Journal*. 1929, 39(153): 44-57.
- [13] 裴新生. 基于多元利益主体诉求的情景规划——以酒(泉)一嘉(峪关)区域一体化空间布局为例[J]. *城市规划学刊*, 2013(5): 80-86. PEI Xinsheng. Scenario planning based on multiple-stakeholder demand: a case of Jiuquan-Jiayuguan regional integration planning [J]. *Urban Planning Forum*, 2013(5): 80-86.
- [14] 钮心毅. 城市总体规划中的土地使用规划支持系统研究[D]. 上海: 同济大学博士学位论文, 2008. NIU Xinyi. Land use planning support system for urban master planning [D]. Shanghai: The Dissertation for Doctor Degree of Tongji University, 2008.
- [15] 单玉红, 朱欣焰. 基于多主体行为决策的城市居住用地利用效用情景分析[J]. *自然资源学报*, 2011, 26(11): 1832-1841. SHAN Yuhong, ZHU Xinyan. Scenario analysis of urban residential land use utility based on multi-agents' spatial decision [J]. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(11): 1832-1841.
- [16] 程遥. 超越“工具理性”——试析大众传媒条件下城市规划公众参与[J]. *城市规划*, 2007, 31(11): 57-63. CHENG Yao. Transcending 'instrumental reason' [J]. *Urban Planning Review*, 2007, 31(11): 57-63.