1.纳什均衡的概述

在研究的过程中，本文发现纳什均衡可以应用于这个问题。纳什均衡是经济学中的一个平衡点，意在使得多方的利益达到最大化，任何单独的一方无论是提高价格或者降低价格，无论是采取何种方式，都无法使得自己的收益增加，只能减少自身一方的收益。在经济学上这样的平衡点被叫做纳什均衡。

在本文的垃圾回收模型中，可以视为政策制定者，回收公司，公民为在垃圾回收博弈中的三个主体。政策制定者施加政策对回收公司产生影响，回收公司通过自身的经营策略对公民产生影响，政策制定者考虑公民的行为从而制定新的政策，也就是说公民对政策制定者存在影响。除了这三种影响以外，政策制定者不能对公民直接产生影响，公民不能直接影响回收公司的决策，回收公司也不能直接影响政策制定者的政策制定。政策制定者在公共利益的角度，他的目的是保护社会的公共利益、环境友好而产生的效益；回收公司指符合政策制定者要求的被允许对城市生活垃圾中的垃圾进行回收和处理的公司；而社区公民则将生活垃圾送到指定的公司地点来获取收益。

因此，由于具有三个主体，本文的状况适用于三主体混合策略的纳什均衡。

2.纳什均衡的假设于符号说明

在微观经济学的纳什均衡中有以下基本的假设，本文也采用这些基本的假设。

1.三个主体都是经济学上所说的理性人，也就是说每一个从事经济活动的人，即本文中的三个主体，所采取的经济行为都是力图以自己的最小的经济成本去获得自己的最大经济收益。

2.三个主体是在短期均衡里实现完全信息化的静态博弈；也就是说本文寻找到的纳什均衡是稳定的，不存在波动的情况，同时他们都是信息对等的，不存在信息不对称的情况。

基于以上的假设，本文首先将三方的行为均简化为“执行”与“不执行”。意思是公司开展或者不开展回收行为，决策者制定或者不制定政策，公民参与或不参与垃圾回收工作。然后本文提出以下的符号说明：

|  |  |
| --- | --- |
|  | 回收公司实施的所有成本 |
|  | 回收公司实施的所有收入 |
|  | 回收公司不实施的所有成本 |
|  | 回收公司不实施的所有收入 |
|  | 决策者执行时给执行企业的补贴 |
|  | 决策者执行时惩罚不执行企业的罚款 |
|  | 决策者执行时付出的监管成本 |
|  | 决策者不执行时付出的环境损失 |
|  | 回收企业执行时产生环境效益 |
| () | 公民执行后能够获得的直接收益 |
|  | 公民执行后能够获得的间接收益 |
|  | 公民不执行自己处理垃圾得到的所有收益 |

3.纳什均衡的收益计算

依据微观经济学的基本原理，本文可以得到在如下各种情况下的各方收益，其中每种情况下的收益第一行是决策者的，第二行是公司的，第三行是公民的。其中正数为获得收益，负数为失去收益，即赔本。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | 公民 | |  | |
| 参与 | 不参与 |
| 公司 | 实施 |  |  | 监督 | 决策者 |
|  |  |  |  |
|  | 0 |
| 不实施 |  |  |
|  |  |
|  | 0 |
| 实施 |  |  | 不监督 |
|  |  |
|  | 0 |
| 不实施 |  |  |
|  |  |
|  | 0 |

4.纯策略的纳什均衡模型建立

纯策略的意思是在给定的信息下，每个个体只能选择一种策略，非此即彼，不存在或者实行这样，或者实行那样的可能。纳什均衡在纯策略下的纳什均衡下，有以下八种情况，每种情况主语分别是公司，公民，制定者：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 回收，参加，监管 | 5 | 不回收，参加，监管 |
| 2 | 回收，不参加，监管 | 6 | 不回收，不参加，监管 |
| 3 | 回收，参加，不监管 | 7 | 不回收，参加，不监管 |
| 4 | 回收，不参加，不监管 | 8 | 不回收，不参加，不监管 |

对于策略组合5至8，由于本文讨论公司施行回收政策的情况，因此本文不作讨论。讨论这些问题无意义。

对于策略组合1，这种策略组合是不合理的。因为其条件为以下两个条件同时成立：

上面两式也就是说，在此情况下企业执行的利润大于不执行的利润。城市公民会因为分类而能够获得一定的收益，一旦收益大于零他们就会选择参加回收活动。但是这种情况违背了以下假设，即

对于政府而言，需要其获得的罚款高于监督的成本，才会选择进行监督。决策者只对不回收的公司进行惩罚，产生的收入高于成本从而会主动监督。而在此种策略组合下，企业会因为避免缴纳罚款而回收，因此此时的政府惩罚收人几乎小于监督成本。

对于策略组合2，这种策略组合也是不合理的。因为其条件为以下两个条件同时成立：

这种策略组合虽然满足上式或下式：

也就是说，决策者对不执行的企业实施罚款的同时当公司不执行，因此这个式子能够成立，从而实现收益的不断增加。

但是，以上的策略组合代表了企业施行时的成本比公司不作为时的成本要低。且社区公民进行垃圾分类后获得的收益为负，不符合假设公民是理性的经济人将不会参与活动，最终就会造成缺乏回收，将不再实施。

对于策略组合4，这种策略组合更是不合理的。因为其条件为以下两个条件同时成立：

与策略组合2相同。也就是说，代表公司回收成本事实上低于不会受成本，其中社区公民由于获得的收益小于零所以选择不参与。分析同理于策略组合2。

对于策略组合3，看上去是相对合理的一种假设，但是其依然存在不合理的地方。它的条件为以下两个条件同时成立，和策略组合1相同

公司回收的利益大于不回收的利益。收到利益的驱动，他会进行回收。而公民获得的收益大于零，因此它们也会去参与回收垃圾这项活动。同时避免了策略1中的决策者监管而造成的无谓损失和成本增加。然而在事实上回收一段时间以后，由于垃圾行业准入门槛较低，原料价格会在本来较低的基础上，由于竞争者的不断加入公司收益会被进一步的压缩。也就是说合理的情况更可能如以下不等式所示

而非以上的不等式，因为在本文假设各主体都是理性的经济人的时候，他们都会追求利益的最大化。也就是说，在纯策略的纳什均衡状态下，不存在一组稳定的均衡解。

5.混合策略的纳什均衡分析

由于在纯策略的纳什均衡状态下，不存在一组稳定的均衡解，因此本文继续进行以下讨论，在混合策略时进行纳什均衡的分析。混合策略的意思是对于一个主体它执行和不执行存在着一定的概率，可能是从0到1之间的任何值。在概率仅为0或1的时候，混合策略的纳什均衡即为纯策略的纳什均衡。

假设公司执行垃圾回收的概率为，则其不执行垃圾回收的概率为。同理，假设决策者执行监察垃圾回收的概率为，则其不执行垃圾回收的概率为。假设公民执行垃圾回收的概率为，则其不执行垃圾回收的概率为。假设以上六个值均在区间内。则可以通过计算得到以下公式：

公司执行时的期望收益：

化简可得：

公司不执行时的期望收益：

化简可得：

决策者执行时的期望收益：

化简可得：

决策者不执行时的期望收益：

化简可得：

公民参与时的期望收益：

化简可得：

公民不参与时的期望收益：

5.混合策略的纳什均衡模型求解

在如上所设的三主体混合策略的博弈中，如果这三个主体的各自的期望收益达到均等时，三主体的就会呈现均衡的博弈状态，则会有如下条件：公司实施和不实施的期望收益均等，决策者实施和不实施期望收益均等，公民实施和不实施的期望收益均等。因此有如下方程组同时成立：

即有如下等价的等式：

解以上方程组得：

这个解的意思是说，当公司按照的概率时进行回收，其能够取得收益的最大值。当公司低于的概率时进行回收，决策者会加强监管从而决策者获取更大的收益，如进行惩罚等。当公司高于的概率时进行回收，决策者会不再监管从而决策者获取更大的收益，甚至是施行鼓励企业进行回收的政策。而当公司恰等于的概率进行回收，决策者会随机进行监管。

当决策者按照的概率时进行监管，其能够取得收益的最大值。当决策者低于的概率时进行监管，公民会减少回收的参与程度从而获取更大的收益，因为此时公司的政策不足以鼓励公民参与回收。当决策者高于的概率时进行监管，公民会增加回收的参与程度从而获取更大的收益，因为他们得到了足够的利益进行参与。当决策者恰等于的概率时进行监管，公民参与或者不参与回收是随机的。

当公民按照的概率时进行参与，其整体能够取得收益的最大值。当决策者低于的概率时进行监管，公司会减少回收的参与程度从而获取更大的收益，因为此时参与的公民太少以至于公司没有足够的利益驱动。当公民高于的概率时进行参与，公司会增加回收的参与程度从而获取更大的收益，因为此时参与的公民足够，公司有足够的利益驱动去回收。当公民恰等于的概率时进行监管，公司回收或者不回收是随机的。

6.数据获取

对于的值，依据本文在初赛时计算的数据，焚烧垃圾的总成本约为48.46元每吨，堆肥垃圾的总成本约为134.61元每吨。依据本文以上的数据，可以得到以下公式：

依据以上公式，求的总成本为

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2016年 | 2015年 | 2014年 | 2013年 | 2012年 | 2011年 | 2010年 |
| 48300.1552 | 43744.6856 | 40617.3 | 37179.94 | 35884.7 | 35115.31 | 35037.82 |

而对于的值则有

因此则以上

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4830.01552 | 4374.46856 | 4061.73 | 3717.994 | 3588.47 | 3511.531 | 3503.782 |

对于，，，，诸值的确定，本文依据喻国君，曾张旭阳，覃俊杰几位学者的研究，发现其值由于足够小因此可以忽略，而确定为0。的值以2016年确定为2.5亿元，以前每年以0.125亿的速度递减。

对于的值，本文依据附北京市生活垃圾管理条例浙江省城镇生活垃圾分类管理办法确定其值也以2016年确定为5亿元，以前每年以0.25亿的速度递减。

对于和的值本文由于在现实情况下政府必然监管，企业也必然施行，因此其值确定为1。和由于在最后方程解的表达式中没有出现，因此不需要考虑。和则确定为本文的变量，需要进行求解。由于第二个方程被约分，因此本文获得如下两个方程：

将2010至2017年数据逐年代入，得到以下的解：第二行的单位为万元

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0.35 | 0.67 | 0.46 | 0.76 | 0.45 | 0.45 | 0.35 |
|  | -213108 | -104819 | -137534 | -79105 | -124962 | -120102 | -151750 |

将公民价格除以全市公民人数，得到每人每年平均应缴费用，单位为元：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2016年 | 2015年 | 2014年 | 2013年 | 2012年 | 2011年 | 2010年 |
| 98.07 | 48.28 | 63.91 | 37.40 | 60.40 | 59.49 | 77.34 |

6.纳什均衡分析

通过建立和求解以上回收公司、决策者和公民三方的相互博弈以及微观经济学中的公司成本与收益可以得到以下定性的结论：决策者可以通过制定关于垃圾回收的策略，通过价格杠杆能够影响公司和公民的行为，进行垃圾收费。这个模型可以适用于决策者的制定。同时公司和公民也可以通过自身的评估达到各方利益的最大化。然而由于在定量的分析中发现每人每年平均应缴纳费用有较大的波动，而且无明显的关系，比较混乱，因此本文考虑采取其他的方式。

喻国君,曾张旭阳,覃俊杰. 城市生活垃圾处理社会成本效益分析[Z].

北京市生活垃圾管理条例

江省城镇生活垃圾分类管理办法参考文献